

CMRC-NRC

Établir des codes et des normes de construction résilients et adaptés au changement climatique : une perspective canadienne

Conclusions de l'Enquête menée auprès des parties intéressées au code du bâtiment du Canada, dans le cadre du Dialogue sur la résilience globale

Date : Mars 2022

Auteurs : Marianne Armstrong et George Nasr

Centre de recherche en construction



Conseil national de
recherches Canada

National Research
Council Canada

Canada

© 2022 Sa Majesté la Reine du chef du Canada,
représentée par le Conseil national de recherches du Canada.

N° de cat. NR24-100/2022F-PDF
ISBN 978-0-660-41600-7

English version available

CNRC.CANADA.CA   

Table des matières

Établir des codes et des normes de construction résilients et adaptés au changement climatique : une perspective canadienne.....	1
Table des matières	2
Sommaire	4
Structure de l'enquête	5
État des recherches	5
Introduction de la résilience climatique dans les codes du bâtiment	5
Initiatives actuelles et récentes	5
Obstacles	7
Impacts	8
Facteurs	9
Données et recherche	10
Recherche climatique	10
Science du bâtiment	11
Orientations.....	11
Approches de conception	13
Mise en œuvre des politiques	13
Objectifs de la politique fédérale	13
Discussions politiques sur les codes nationaux.....	14
Transformations apportées aux bâtiments existants	15
Programmes incitatifs.....	16
Renforcement des capacités.....	17
Communication.....	17
Participation des parties intéressées	18
Renseignements et format.....	18
Pratiques exemplaires	19
Champ d'application des réglementations.....	20
Application dans les codes	22
Seuils des changements à apporter aux codes	22
Fréquence des mises à jour des données climatiques	22
Gestion des incertitudes sur le changement climatique futur.....	23
Gestion du climat non stationnaire dans les codes.....	23
Durée de vie utile idéale	24
Conditions/Modalités de prise en compte de l'importance du type d'occupation/de bâtiment dans les caractéristiques de conception	25
Objectifs de la politique d'équilibrage	26

Acronymes	27
Glossaire	28
Annexe A – Questions de l'enquête	30

Sommaire

Le présent rapport fournit un résumé des conclusions d'une enquête ciblée réalisée en décembre 2020, permettant de définir et de cerner les efforts et besoins actuels en matière d'adaptation au climat et de résilience des bâtiments, avec un intérêt particulier porté aux codes et normes de construction. Les résultats de l'enquête ont été recueillis au moyen d'un appel aux membres du Groupe de travail sur les infrastructures et bâtiments de la Plateforme d'adaptation du Canada.

Le Canada fait face à des défis uniques en termes d'adaptation aux changements climatiques, étant donné qu'il s'agit d'un grand pays qui se réchauffe deux fois plus rapidement que la moyenne mondiale, et dont les paysages sont très diversifiés. Les différentes régions du Canada ne sont pas touchées de la même façon par le changement climatique, certaines zones comme les territoires du Nord étant affectées de manière disproportionnée.

Les progrès importants réalisés par le Canada dans le domaine de la résilience des codes et normes de construction, grâce au Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques (CPC), ont permis d'organiser des conversations, de faire progresser la science et de fixer des orientations.

L'enquête a montré que de nombreuses parties intéressées sont déjà bien engagées dans cette voie et, qu'en général, les idées convergent. L'enquête fait en outre apparaître les avancées dans le domaine de la production de données scientifiques et d'informations requises pour rendre un bâtiment plus résilient, telles que des données climatiques, des orientations et des guides, ainsi que plusieurs programmes incitatifs visant à promouvoir l'adaptation et la résilience. Le document met aussi l'accent sur de nombreux points qui restent à considérer, afin d'approfondir les discussions de politique générale sur le rôle des codes dans le traitement de la question de la résilience climatique, en établissant les objectifs de performance et les risques acceptables, et en disposant des données de l'analyse des répercussions pour justifier les changements en matière de réglementation.

L'enquête confirme que les codes ne constituent qu'une partie de la solution permettant d'atteindre la résilience climatique dans les environnements construits, et souligne leurs limites. Elle met en évidence la nécessité de disposer de plusieurs instruments politiques pour aborder la question de l'adaptation, et identifie quelques exemples. La qualité et la source des informations sur les données climatiques, ainsi que leur compréhension, constituent un point essentiel pour passer à l'action. Cela exige un engagement afin d'améliorer et de mettre à jour les données climatiques de calcul projetées/cartes dans un climat changeant, et de sensibiliser les décideurs ainsi que le public. L'implication coordonnée des décideurs au niveau du gouvernement, de l'industrie et du public est considérée comme essentielle, le système de codes actuel étant perçu comme parfaitement adapté pour assurer l'implication et l'harmonisation de toutes les parties intéressées.

On reconnaît volontiers que l'adaptation au climat n'est pas une solution autonome. Des mesures d'atténuation du changement climatique pour réduire les gaz à effet de serre dans l'atmosphère doivent être parallèlement prises afin de réduire le réchauffement global et le degré d'adaptation nécessaire à long terme. L'adaptation peut également contribuer à atteindre d'autres objectifs, y compris ceux concernant l'atténuation des changements climatiques, le bien-être du public et la biodiversité. Par exemple, l'utilisation d'infrastructures naturelles à l'échelle du bâtiment peut réduire le risque de chaleur extrême et contribuer à la gestion des eaux pluviales, tout en optimisant l'efficacité énergétique et la séquestration du carbone et en développant la biodiversité. Les constructions résilientes ont démontré une réduction des émissions de GES au cours de la durée de vie.

Structure de l'enquête

Les questions de l'enquête figurent dans l'Annexe A. Au total, 13 réponses représentatives des parties intéressées, à savoir des ingénieurs, des climatologues, des municipalités, des constructeurs de résidences, des organismes de normalisation, ainsi que des chercheurs, ont été reçues. Des contributions supplémentaires à ce document ont été recueillies auprès des membres du système d'élaboration des codes modèles nationaux, d'autres ministères et du secteur de l'assurance. Il convient de noter que ce rapport présente l'ensemble des avis des répondants à l'enquête. Le libellé reflète ces perspectives externes afin de rester fidèle à l'ensemble de la diversité des contributions précieuses partagées.

État des recherches

Introduction de la résilience climatique dans les codes du bâtiment

Le Canada a été particulièrement concerné par l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur du bâtiment, grâce à la protection du Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques (CPC)¹. Le CPC a été développé par le gouvernement du Canada conjointement avec les provinces et territoires (PT), et grâce à l'implication des peuples autochtones du Canada. En plus de fournir un plan visant à atteindre les objectifs de réduction des émissions du Canada, le CPC a pour objectif de stimuler l'économie tout en renforçant la résilience au changement climatique. À cet effet, le CPC porte notamment sur des engagements d'investissement dans des infrastructures résilientes aux changements climatiques, et l'élaboration de codes et de normes également résilients aux changements climatiques. Les responsables de la réglementation et l'industrie ont pris des initiatives clés. Bien que des obstacles subsistent, la nécessité d'éviter les impacts potentiels a permis de prendre des mesures significatives.

Initiatives actuelles et récentes

Les premières initiatives majeures ciblant la résilience climatique au moyen de codes et de normes ont vu le jour en 2016, comme l'illustrent l'initiative Bâtiments et infrastructures publiques de base résilients aux changements climatiques (BIPBRCC) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et le Programme de normes pour des infrastructures résilientes (SSRIP) du Conseil canadien des normes (CCN)².

En 2016, le CNRC a entrepris une initiative ambitieuse sur 5 ans grâce au financement d'Infrastructure Canada (INFC). Cette initiative BIPBRCC a pour objectif d'intégrer la résilience au changement climatique et les phénomènes extrêmes dans les codes et normes relatifs aux bâtiments et aux infrastructures au Canada. L'initiative a permis au CNRC et à plus de 100 de ses collaborateurs (parmi lesquels des organismes à but non lucratif, des universitaires et des associations industrielles) d'être au cœur de la discussion sur les bâtiments et la résilience. L'initiative BIPBRCC a développé une nouvelle approche pour les données climatiques de calcul, qui tient compte de l'impact du changement climatique, dans le cadre d'une utilisation potentielle par le Code national du bâtiment (CNB), élaboré des orientations nationales en matière de conception du milieu périurbain et de construction résiliente aux inondations, mis à jour les normes incorporées par renvoi dans le CNB, y compris la norme CSA S478 sur la durabilité des bâtiments, et suscité des débats politiques au sein du système des codes canadiens. Avec le soutien d'INFC, le CNRC se lance désormais dans une initiative de suivi, dans laquelle il cherche à s'appuyer sur le travail précédent, développer des outils destinés aux propriétaires d'actifs et spécialistes de la conception, et élaborer des lignes directrices supplémentaires dans

¹ Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques, 2016.

<https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/cadre-pancanadien/plan-changement-climatique.html>

² CCN, Les normes à l'œuvre : pérenniser la résilience climatique, 2021. <https://www.scc.ca/fr/notre-organisme/publications/general/les-normes-a-loeuvre-perenniser-la-resilience-climatique>

de nouveaux domaines comme les solutions fondées sur la nature, afin d'éviter la surchauffe et les inondations urbaines.

Le Conseil canadien des normes a également joué un rôle moteur dans ce domaine, grâce à son Programme de normes pour des infrastructures résilientes (SSRIP). Avec le SSRIP, le CCN a élaboré 36 stratégies et outils de normalisation comprenant : le développement de lignes directrices de normalisation pour les données météorologiques, les informations climatiques et les projections du changement climatique, le financement de nouvelles normes applicables aux infrastructures et la mise à jour des normes existantes afin de s'assurer que les projets d'infrastructures du Canada sont adaptés au changement climatique, et enfin l'investissement dans de nouvelles normes techniques axées sur l'adaptation et la résilience des infrastructures dans le Nord canadien. Ces efforts devraient se poursuivre pendant les 5 prochaines années, grâce au financement d'Infrastructure Canada.

En plus de ces deux principales initiatives financées par le gouvernement fédéral, plusieurs autres initiatives contribuent au développement de normes et de lignes directrices pour adapter les bâtiments au climat.

Dans le secteur financier, la prise de conscience augmente quant à l'impact économique de l'inaction et au potentiel d'investissement que représentent les solutions résilientes. Cela a abouti à une collaboration entre le secteur de l'assurance et le milieu universitaire. Le Centre Intact d'adaptation au climat, de l'Université de Waterloo, est un centre de recherche appliquée fondé par Intact Financial Corporation. Le Centre Intact travaille avec 100 experts du domaine à l'élaboration de lignes directrices nationales sur l'adaptation au climat, ainsi qu'avec des propriétaires, communautés, gouvernements et entreprises afin de mettre en œuvre des actions précises pour réduire les impacts des événements météorologiques extrêmes et des changements climatiques. Le travail porte sur la réduction des risques posés par les inondations et l'érosion, les incendies de forêt et la chaleur extrême, ainsi que l'utilisation d'infrastructures naturelles et l'implication de marchés financiers pour réduire le risque climatique. L'Institut de prévention des sinistres catastrophiques (IPSC), centre à but non lucratif fondé par le secteur des assurances multirisques (IARD) du Canada, effectue des recherches multidisciplinaires et communique sur la prévention des catastrophes.

Aux niveaux provinciaux et municipaux, les gouvernements commencent également à prendre des mesures en termes d'adaptation aux changements climatiques. On compte parmi les principaux projets : la Mobilisation pour l'adaptation et la résilience des bâtiments (MBAR) de BC Housing³, les Lignes directrices en matière d'alimentation de secours des IRLM de la Ville de Toronto⁴, et le Programme Municipalités pour l'innovation climatique de la Fédération canadienne des municipalités (FCM)⁵. Des informations supplémentaires sur les initiatives canadiennes liées aux bâtiments sont disponibles sur la page de contexte du Module « Bâtiment » de donneesclimatiques.ca⁶.

³ Mobilisation pour l'adaptation et la résilience des bâtiments (MBAR) de BC Housing. <https://www.bchousing.org/research-centre/library/residential-design-construction/MBAR>

⁴ Ville de Toronto, Lignes directrices en matière d'alimentation de secours des IRLM, 2016. <https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/91ca-Minimum-Backup-Power-Guideline-for-MURBs-October-2016.pdf>

⁵ Programme Municipalités pour l'innovation climatique de la Fédération canadienne des municipalités (FCM) <https://fcm.ca/fr/programmes/programme-municipalites-innovation-climatique/adaptation-aux-changements-climatiques>

⁶ Donneesclimatiques.ca, page de contexte du Module « Bâtiment », <https://climatedata.ca/buildings-module-context/>

Obstacles

Actuellement, de nombreux obstacles et lacunes spécifiques du savoir sont à surmonter et corriger en introduisant la résilience climatique dans les codes de construction canadiens. Ces barrières découlent en partie d'un besoin de cohérence, d'orientation, d'établissement de limites dans les codes modèles nationaux, et enfin de définition d'un niveau de performance minimal précis.

Premièrement, des approches communes sont nécessaires afin d'évaluer un large éventail d'impacts (sociaux, économiques, environnementaux), y compris les impacts sur les entreprises canadiennes (métiers de la construction, entrepreneurs, fabricants, fournisseurs et architectes/concepteurs) et sur l'abordabilité des logements. La cohérence est également indispensable pour remédier à la vulnérabilité de bâtiments spécifiques, et déterminer les mesures appropriées.

Deuxièmement, des orientations doivent être élaborées pour appuyer les demandes de changement à apporter aux codes, guider et justifier l'adaptation de décisions d'investissement, et rendre compte de la capacité des entrepreneurs, des constructeurs et de la chaîne d'approvisionnement à s'adapter au changement de contexte réglementaire. La formation et l'éducation aux métiers et professions sont importantes pour garantir une application cohérente et comme il se doit des codes.

Troisièmement, les codes modèles nationaux du Canada demeurent limités en matière de réponse à l'adaptation aux changements climatiques. Les limites actuelles sont les suivantes :

- Les codes en vigueur ne considèrent pas la durabilité comme un objectif de conception essentiel et principal, et abordent la résistance à la détérioration au travers de normes individuelles sur les matériaux comme moyen de parvenir aux objectifs actuels, d'où peut-être la nécessité de définir de nouveaux objectifs ainsi que la durée de vie. Les codes modèles nationaux (à l'exception du Code de prévention des incendies) s'appliquent uniquement au moment de la construction, et, par conséquent, ne tiennent pas compte des changements pouvant survenir au cours de la durée de vie du bâtiment.
- À l'heure actuelle, les codes ne s'appliquent prioritairement qu'aux nouveaux bâtiments. Les transformations apportées aux bâtiments existants (TAB) sont actuellement examinées par la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI).⁷
- Les codes n'ont pas la mission d'informer sur les aspects de planification communautaire et urbaine, en particulier ceux essentiels à l'atteinte des objectifs de résilience, y compris l'utilisation d'infrastructures naturelles pour réduire les îlots de chaleur et les inondations en milieu urbain.
- Les codes ne mettent actuellement pas l'accent sur la surchauffe ou les chaleurs extrêmes.
- Alors que la plupart des dispositions techniques des codes s'appliquent aux communautés autochtones ou des Premières Nations, des conditions régionales spécifiques existent cependant, en particulier dans les communautés du Nord et éloignées, et doivent être abordées. Afin de remédier à cet écart, des orientations ciblées applicables aux bâtiments résidentiels sont en cours d'élaboration avec l'Association nationale des agents du bâtiment des Premières nations.

Même dans le cadre de leurs champs d'application et objectifs actuels, les codes modèles nationaux doivent tenir compte de nombreuses priorités contradictoires, par exemple en termes de sécurité structurale, de sécurité incendie, d'efficacité énergétique, de santé et d'accessibilité. Le système de codes actuellement en vigueur dispose de ressources limitées pour répondre à ces priorités divergentes, et évolue à un rythme mesuré, afin d'évaluer avec précision les impacts des changements de code et de tenir compte des points de vue des différentes parties intéressées. Le processus est tel que seuls quelques changements systémiques ou profonds peuvent être réalisés pour chaque cycle d'élaboration des codes. En ce qui concerne la question de la résilience au sein du système de codes dans les cycles de codes à venir (pour 2025 ou 2030), elle devra

⁷ Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, Rapport final – Transformations apportées aux bâtiments existants, 2020. Disponible à l'adresse : <https://nrc.canada.ca/fr/certifications- evaluations-normes/codes-canada/publications-codes-canada/rapport-final-transformations-apportees-aux-batiments-existants>

être considérée comme une priorité élevée par les PT, ainsi que par la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI).

Les mises à jour apportées aux codes modèles nationaux sont publiées tous les 5 ans et sont adoptées par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, dont le calendrier d'adoption diffère. Le système de codes du Canada a récemment connu une transformation, avec le récent Accord de conciliation sur les codes de construction⁸. Dans cet accord, les PT du Canada se sont engagés à davantage aligner leurs codes sur les codes modèles nationaux, et à adopter en temps voulu les codes de construction. Cette mesure devrait favoriser une approche coordonnée à tous les niveaux de gouvernement, élément clé pour aborder la question de la résilience climatique.

Finalement, la définition du niveau minimum de performance nécessite d'établir des orientations plus claires. Celles-ci posent deux défis. Le premier se rapporte à la nécessité d'interpréter le plus justement possible (1) l'incertitude des modèles climatiques, et (2) le degré de résilience de l'atténuation future des risques. Dans de nombreux cas, les données historiques peuvent suffire pour mener à bien des changements, en particulier en ce qui concerne les dangers climatiques qui posent déjà une sérieuse menace. Par exemple, les données historiques portant sur le risque d'incendies sont suffisantes pour justifier la mise en œuvre du Guide national sur les incendies en milieu périurbain du CNRC dans les zones à risque modéré et élevé. Le deuxième défi consiste à définir l'objectif de conception en tenant compte des charges liées aux changements climatiques, et de savoir si l'accent doit être mis sur : (a) la fiabilité initiale, (b) la fiabilité moyenne minimale, (c) la fiabilité moyenne sur la durée de vie, (d) la fiabilité en fin de durée de vie, ou (e) le niveau de performance minimal tout au long de la durée de vie de la structure. Dans tous les cas, la fiabilité ne doit pas être inférieure au niveau actuellement acceptable.

Mais de tous les défis posés, le plus important est celui de la définition des risques acceptables, qui diffèrent d'un point de vue d'échelle en fonction des charges climatiques. Ces risques changent selon l'échelle géographique considérée (par exemple, vent extrême, inondation, incendie de forêt, chaleur extrême) et peuvent varier dans le temps, étant donné que certains pourront augmenter dans les décennies à venir (température et précipitations extrêmes) alors que d'autres diminueront (surcharges de neige dans certaines régions).

Impacts

Dans le contexte des futurs dangers naturels influencés par le changement climatique, l'actualisation des codes peut conduire à des résultats positifs en matière de résilience, à condition qu'elle soit supportée par des instruments et des incitations politiques adaptés. Une combinaison d'instruments politiques, comme des codes et des normes, a la possibilité de réduire les impacts des futurs événements climatiques, et d'empêcher de nombreuses conséquences négatives, comme le souligne une récente analyse des répercussions dans le Guide national sur les incendies en milieu périurbain⁹ :

1. les coûts futurs liés à la réparation et à la reconstruction des biens;
2. les frais de subsistance supplémentaires et autres coûts de déplacement résidentiel;
3. les pertes futures associées à l'interruption des activités, aussi bien directes qu'indirectes;
 - a. les pertes directes dues aux dommages sur les installations entraînant une perte de production, des retards dans les transports, des interruptions de communication, etc.;
 - b. les pertes indirectes dues à des interruptions dans la chaîne de valeur, conduisant à une perte de revenu découlant de dommages causés à d'autres installations;
4. l'augmentation des coûts d'assurance et la diminution des recettes fiscales;

⁸ Accord de libre-échange canadien, Accord de conciliation sur les codes de construction, 2019. <https://www.cfta-alec.ca/wp-content/uploads/2021/08/Construction-Codes-RA-2019.pdf>

⁹ Institut de prévention des sinistres catastrophiques et SPA Risk LLC, An impact analysis for the National Guide for Wildland-Urban Interface Fires, 2021. <https://www.iclr.org/wp-content/uploads/2021/05/ICLR-SPA-Risk-Impact-Analysis-for-the-National-WUI-Fire-Guide-2021.pdf>

5. les coûts liés aux interventions d'urgence;
6. la perte de service pour la communauté, en particulier les casernes de pompiers et hôpitaux;
7. l'augmentation des coûts d'entretien et de réparation;
8. l'amplification des problèmes de santé publique : décès, blessures non mortelles, handicaps, troubles de stress post-traumatique;
9. pertes d'emploi et quelques créations d'emploi;
10. impacts historiques et culturels.

Les répondants à l'enquête ont par ailleurs mis en évidence des conséquences supplémentaires :

11. un recours accru aux services locaux (p. ex., gestion des déchets solides);
12. des impacts environnementaux (p. ex., contamination du sol, de l'eau et de l'air, du fait de la destruction de matériaux de construction au cours de feux de forêt, impacts des GES liés à l'élimination et au remplacement prématuré des matériaux et des systèmes défaillants);
13. la durée de vie de l'infrastructure (p. ex., associée à une meilleure installation et un meilleur entretien des infrastructures destinées aux eaux pluviales et eaux usées, et associée à la réduction du risque d'inondation en milieu urbain).

Facteurs

Au Canada, la sauvegarde des gouvernements et du secteur de l'assurance contre toute perte financière constitue l'un des principaux moteurs de l'action. Elle correspond aux impacts économiques découlant de l'inaction à faire face aux risques naturels, tout comme à l'augmentation de la fréquence et de la gravité des phénomènes extrêmes.

Les impacts économiques occupent une place centrale dans plusieurs chapitres du Rapport sur les questions d'actualité nationales de Ressources naturelles Canada récemment publié (comme par exemple : Impacts sur les secteurs et mesures d'adaptation; Coûts liés aux impacts des changements climatiques et aux mesures d'adaptation; et Divulgence, litiges et aspects financiers liés aux changements climatiques) : « Les communautés de toute taille subissent les impacts du changement climatique en termes d'infrastructure, de santé et de bien-être, de cultures et d'économie. Les actions locales pour réduire les risques liés au changement climatique se multiplient, même si les limites en matière de capacités représentent un réel obstacle à l'action pour beaucoup de communautés ». ¹⁰

La nécessité d'agir est mise en lumière à travers les récents phénomènes extrêmes coûteux comme les inondations de 2013 en Alberta, et l'incendie de Fort McMurray en 2016, ainsi que les inondations urbaines majeures. Le Canada doit actuellement faire face à des pertes annuelles assurées se montant à 1,8 milliard (2008-2018), en nette augmentation par rapport à une moyenne historique de 0,4 milliard de \$/an (1983-2007).

La santé et le bien-être des communautés canadiennes est également un facteur clé, comme le précise les chapitres Villes et milieux urbains et Collectivités rurales et éloignées du Rapport sur les questions d'actualité nationales, tout comme le récent rapport de l'Institut canadien pour des choix climatiques intitulé « Les coûts des changements climatiques pour la santé » ¹¹. Les conséquences des événements de chaleur extrême, tels que les températures records atteintes dans l'Ouest canadien en 2021, ou au Québec en 2018, représentent tout particulièrement des menaces significatives pour la santé. Les organismes de santé au niveau national, provincial, territorial et municipal sont les premiers à appeler à l'action, afin d'atténuer les impacts des îlots de

¹⁰ Ressources naturelles Canada. Le Canada face au changement climatique : Rapport d'activités : 2021.
<https://changingclimate.ca/national-issues/>

¹¹ Institut canadien pour des choix climatiques, « Les coûts des changements climatiques pour la santé », juin 2021.
<https://choixclimatiques.ca/reports/les-couts-des-changements-climatiques-pour-la-sante/>

chaleur en milieu urbain.¹² Des directives spécifiques pour réduire la surchauffe dans les bâtiments sont en cours d'élaboration par la communauté de la science du bâtiment.^{13,14}

L'enquête met en évidence que les actions doivent finalement reposer sur des preuves : être informé des avancées de la science du climat et des connaissances des futures charges climatiques, ainsi que de leurs impacts sur les bâtiments. En outre, la réduction des risques technologiques et l'élaboration d'orientations sont nécessaires pour soutenir ces actions et garantir le choix de mesures d'adaptation appropriées.

Données et recherche

De manière générale, deux approches de conception à l'échelle des environnements construits permettent de parvenir à la résilience climatique :

- une conception/construction simple mais approfondie pour cibler la résilience sur les phénomènes climatiques extrêmes;
- un changement permanent de la réglementation sur la construction pour s'adapter aux charges climatiques ajustées.

Le choix entre ces deux approches dépend du problème spécifique rencontré. L'approche conceptuelle sera enrichie par les recherches supplémentaires menées, les orientations/outils de prise de décisions, et les discussions sur la méthode pour traduire les résultats de la modélisation du changement climatique et les appliquer à l'échelle de l'environnement construit, où les décisions de conception sont prises. L'approche doit également tenir compte des impacts du changement permanent de la réglementation sur la capacité d'adaptation de l'industrie et des responsables de la réglementation.

Recherche climatique

Une recherche s'impose pour améliorer la confiance et la certitude en matière de modélisation climatique, ainsi que pour développer des ébauches de codes et des données climatiques d'intérêt normatif et événements météorologiques plus fiables à l'échelle locale. Alors que la recherche climatique seule ne permet pas de tenir compte de certaines incertitudes en matière de conditions climatiques futures (par exemple, incertitude liée à l'évolution des émissions humaines futures dans le contexte socio-économique, ou incertitude liée à la variabilité naturelle du climat ou au « bruit » fondamentalement chaotique), il reste toutefois suffisamment de marge pour que les avancées des recherches sur le climat puissent apporter leur contribution. Par exemple :

- 1) Une résolution spatiale supérieure des modèles climatiques mondiaux et régionaux est requise pour recueillir des informations météorologiques et climatiques plus fiables. Cela réduira la nécessité de devoir recourir à des changements réglementaires fréquents du fait de la mise à jour et de la modification des données des modèles, tout en clarifiant le lien entre les changements simulés par les modèles climatiques et ceux qui se déroulent localement en termes de précipitations et de vitesse du vent.
- 2) À l'échelle locale, de meilleures caractérisations basées sur un modèle d'événements météorologiques extrêmes et climatiques complexes, et leurs conséquences potentielles pour la conception, sont nécessaires, y compris :
 - a) les tempêtes de verglas

¹² Santé Canada. Réduire les îlots de chaleur urbains pour protéger la santé au Canada.

<https://www.canada.ca/fr/services/sante/publications/vie-saine/reduire-ilots-chaleur-urbains-protoger-sante-canada.html>

¹³ Aziz Laouadi, Climate resilience buildings: guideline for management of overheating risk in residential buildings, NRC, 2021. <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=9c60dc19-ca18-4f4c-871f-2633f002b95c>

¹⁴ Kesik, Ted et coll., Thermal Resilience Design Guide, Université de Toronto, 2019.

https://pbs.daniels.utoronto.ca/faculty/kesik_t/PBS/Kesik-Resources/Thermal-Resilience-Guide-v1.0-May2019.pdf

- b) les tempêtes de grêle extrêmes
 - c) les précipitations et chutes de neige extrêmes (en particulier les courbes IDF)
 - d) les inondations extrêmes des zones côtières liées à l'élévation du niveau de la mer
 - e) les vents violents (en particulier dans le cas d'orages convectifs violents)
 - f) les inondations riveraines
 - g) les conditions de température extrême et les impacts en découlant (p. ex. : vagues de chaleur, incendies de forêt et facteurs de stress liés à la chaleur et la qualité de l'air des infrastructures).
- 3) Des améliorations sont nécessaires pour développer une modélisation du domaine à l'échelle continentale, comme l'exigeraient les codes pancanadiens et les données climatiques d'intérêt normatif. Les données nationales incluraient (par exemple) des évaluations cohérentes et à l'échelle du pays des rafales de vent, des inondations, de la cartographie des feux de forêt, des précipitations, des rayonnements solaires et des seuils climatiques d'intérêt pour les codes/normes (p. ex., degrés-jours) présents et futurs.
- 4) Dans tous les cas, les avancées dans le domaine de la science du climat et de la modélisation doivent être supportées par un ensemble consolidé de données climatiques et météorologiques observées systématiquement.

Science du bâtiment

La recherche s'avère également utile pour mieux comprendre les impacts du changement climatique sur les performances d'un bâtiment, grâce à :

- 1) une collaboration étroite entre les essais expérimentaux, la surveillance sur place et la modélisation du bâtiment afin de concilier les priorités de conception concurrentes (impact environnemental, coût, santé et sécurité), et de formuler des conseils sur l'optimisation de la conception et de l'exploitation d'un bâtiment, aussi bien pour les constructions neuves que modernisées;
- 2) des avancées dans le développement de méthodes d'essais d'évaluation des matériaux et des systèmes afin de quantifier les impacts du changement climatique sur l'avenir de la construction de l'enveloppe du bâtiment;
- 3) des avancées dans les essais hygrothermiques, modèles et approches de modélisation afin d'améliorer la durabilité du système de construction et la sélection des composants dans un climat changeant;
- 4) des avancées dans les essais expérimentaux et modélisations d'incendies, afin d'améliorer la compréhension et la prédiction des impacts des feux de forêt, y compris l'impact des tisons/braises, des rayonnements et des flammes nues sur l'inflammation potentielle des composants et systèmes du bâtiment;
- 5) des avancées en matière d'essais expérimentaux et de modélisations afin d'étudier les impacts des solutions fondées sur la nature au niveau du bâtiment, y compris leur capacité à contribuer à la conception et à l'exploitation d'un bâtiment, ainsi qu'à leurs retombées positives.

Orientations

Des orientations plus précises doivent être fixées quant aux méthodes permettant de traduire les résultats de la modélisation du changement climatique en impacts à l'échelle de l'environnement construit. Même si des progrès ont été réalisés dans ce sens, il est indispensable de formuler un plus grand nombre d'orientations sur les types de phénomènes extrêmes prévus et leur périodicité, ainsi que les outils de prise de décisions tels que la cartographie des risques.

- 1) Il convient d'apporter un soutien au choix du profil représentatif d'évolution de concentration (RCP), afin de déterminer le niveau de performance des bâtiments et habitations à long terme. Si des organisations canadiennes ont établi des lignes directrices et outils bien ciblés sur le choix du RCP en fonction du risque et de la vulnérabilité, ces lignes directrices doivent alors être activement diffusées.

En principe, des évaluations des risques et de la vulnérabilité doivent être réalisées afin d'identifier de manière adéquate les futurs scénarios climatiques. Étant donné que les codes établissent généralement des exigences minimales acceptables, il peut s'avérer raisonnable de considérer des scénarios à faible émission (par exemple, le CSA, Code canadien sur le calcul des ponts routiers, pour sa part, est considéré

comme RCP6.0). Cependant, dans la pratique de la conception d'un bâtiment, le consensus semble favoriser la prudence, et l'utilisation du RCP 8.5 est la plus courante.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a établi les recommandations provisoires suivantes¹⁵ :

- a) Pour l'horizon de 50 ans, il est recommandé d'utiliser un niveau de réchauffement associé au scénario RCP8.5, car le changement progressif des données de conception par rapport à celles du RCP4.5 ou du RCP6.0 n'est pas important pour cette période.
 - b) Une projection à 75 ans complexifie le scénario envisageable, en raison de la grande diversité des scénarios possibles d'ici la fin du siècle. Dans ce cas, il convient de déterminer le scénario à cibler. Pour ce faire, il peut être nécessaire de consulter des experts pour évaluer la probabilité de différents scénarios de forçage afin d'arriver à une décision finale.
- 2) Le besoin en lignes directrices plus précises quant au type attendu de phénomènes extrêmes (précipitations, charges de neige et de vent extrêmes à l'échelle locale) et à leurs périodicités en fonction du scénario d'émissions et de la période, apparaît nécessaire. Ces périodicités sont beaucoup plus importantes que celles présentées dans le Tableau C2 du CNB. Des études ont montré que (1) les estimations portant sur de très longues périodicités peuvent être sujettes à des incertitudes et biais importants, et (2) la longueur de l'enregistrement de l'observation à partir duquel ces estimations peuvent être calculées augmente lentement (à savoir, en temps réel).
- 3) Examinons la cartographie des risques :
- a) On remarque un besoin spécifique pour une meilleure cartographie des plaines inondables, tenant compte des scénarios climatiques futurs. Les cartes doivent idéalement comprendre des informations détaillées sur la hauteur et la rapidité des inondations présentes et futures, afin de renseigner sur la conception structurale des bâtiments résistants aux inondations. Cela peut être étayé par la recherche récente réalisée par le CNRC sur la cartographie des plaines inondables¹⁶.
 - b) La mise à disposition de cartes présentant les différents risques (p. ex., inondation (riveraine, côtière et urbaine), création d'îlots de chaleur en milieu urbain, risque d'incendies de forêt, vent extrême, pergélisol), et incluant des scénarios futurs et des renseignements sur la vulnérabilité des populations, s'avère également indispensable. Ce type d'informations devrait faciliter l'accessibilité à l'évaluation des risques et à la conception résiliente.
- 4) De manière générale, les lignes directrices seraient grandement améliorées par la création d'une base centralisée de données historiques actualisées et climatiques de calcul futures. Idéalement, cette base de données pourrait être appuyée par des codes et des normes. Les renseignements pourraient être présentés dans un contexte géographique, et mis en page dans des tableaux liés, directement référencés à partir d'une source centrale. Ces tableaux devraient inclure des données historiques actualisées et des données climatiques de calcul futures, ainsi que les emplacements et les variables climatiques fournies dans « Division B – Annexe C Données climatiques et sismiques pour le calcul des bâtiments au Canada ». Actuellement, aucun financement régulier ne permet de mettre à jour les données climatiques historiques référencées dans les codes, seules une ou deux variables climatiques sont mises à jour par cycle de 5 ans. Un soutien continu pour assurer les mises à jour des données historiques et futures est essentiel à la réussite de la mise en œuvre d'une base de données centralisée, et pour permettre au Canada de projeter des conditions climatiques futures.

À l'heure actuelle, le Centre canadien des services climatiques (CCSC) de l'ECCC dispose d'un portail centralisé sur les données et mesures d'adaptation aux changements climatiques. Il a par ailleurs mené une enquête auprès des professionnels de l'industrie du bâtiment afin de déterminer le format des futures données climatiques sur le portail [Donneesclimatiques.ca](https://donneesclimatiques.ca), et a discuté avec le CNRC afin de trouver la

¹⁵ ECCC, Bâtiments et infrastructures publiques de base résistants aux changements climatiques : évaluation des effets des changements climatiques sur les données de conception climatique au Canada, 2020. <https://scenarios-climatiques.canada.ca/index.php?page=buildings-report-overview>

¹⁶ Khaliq, Naveed, An Inventory of Methods for Estimating Climate Change-Informed Design Water Levels for Floodplain Mapping, CNRC, 2019. <https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=d72127b3-f93b-48fb-ad82-8eb09992b6b8>.

meilleure solution possible pour que les données de conception soient élaborées dans le cadre de la BIPBRCC, afin de pouvoir être utilisées par les codes et normes. Des agences telles que le CCSC sont sans doute les mieux placées pour héberger les ensembles de données ciblées destinées à être utilisées en coordination réglementée et étroite avec les codes et normes publiés.

Approches de conception

Les discussions se poursuivent quant à la méthode pour aborder les risques présentés par des événements météorologiques extrêmes afin de concevoir des bâtiments dans un climat non stationnaire, étant donné qu'elle permettra de décider d'une approche sur la conception à adopter. Deux approches sont possibles :

- 1) Une approche de conception basée sur le risque qui vise à atteindre un risque de défaillance des bâtiments et infrastructures uniforme et acceptable au Canada. Cette approche exige de surmonter les défis d'extrapolation et d'incertitude sur les modèles climatiques.
 - a) Une approche de conception basée sur le risque peut être requise dans les principales infrastructures publiques et bâtiments de l'État.
 - b) Certaines exigences de conception basée sur les performances peuvent tenir compte des données climatiques des ensembles de données dont les informations climatiques sont les plus récentes.
- 2) Une approche plus flexible pourrait reconnaître la difficulté à quantifier les sources pertinentes d'incertitudes liées aux projections du changement climatique. Elle conduirait à estimer les sources d'incertitude telles que la variabilité naturelle du climat. Elle considérerait que les répartitions des valeurs extrêmes ne nécessiteraient pas d'être examinées aussi profondément (augmentant ainsi la confiance en la possibilité de saisir les changements induits par le changement climatique), et reposerait sur le jugement d'experts (ingénieurs et climatologues) afin d'ajuster les facteurs de charge, au besoin. Cependant, toute conception laissée à l'appréciation sans lignes directrices claires peut conduire à des interprétations différentes et entraîner des problèmes d'application.

Dans l'avenir, il est fort probable qu'une approche hybride soit retenue, à savoir une combinaison des deux approches. Une compréhension précise du risque contribuerait à assurer un soutien aux décisions de conception afin d'équilibrer les coûts, la performance énergétique, les émissions de gaz à effet de serre et la résilience. Ces questions sont abordées par l'intermédiaire d'outils tels que l'analyse environnementale du cycle de vie (ACV) et l'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV). Ces outils, tout comme d'autres outils et analyses similaires en matière de coûts/bénéfices, doivent encore être en mesure de fournir des informations détaillées sur :

- 1) les coûts et bénéfices en termes de capital social (incluant les pertes directes, mais également les répercussions en aval pour la société comme les déplacements, l'emploi, etc.) pour apporter des conseils au cours des discussions et justifier l'investissement dans le domaine de la résilience;
- 2) les retombées positives des mesures d'adaptation sur la santé, l'énergie, l'environnement, l'économie pour soutenir leur mise en œuvre.

Des études pilotes peuvent aider à démontrer les avantages procurés par une conception résiliente, et ce dès le début. Pour l'instant, il convient d'examiner une approche d'adaptation par étapes, afin d'améliorer la capacité à modifier une conception de bâtiment avec facilité, afin de l'ajuster aux nouvelles charges climatiques. Cette approche a le potentiel de réduire l'investissement initial et de répartir les coûts d'adaptation tout au long de la durée de vie du bâtiment, et uniquement en cas de besoin.

Mise en œuvre des politiques

Objectifs de la politique fédérale

Le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques (CPC) est un document d'ordre général qui donne des conseils dans ce domaine. Il prépare ainsi l'examen du rôle des nombreux outils

complémentaires dont il faut tenir compte lors de l'application des initiatives d'orientation permettant de parvenir à la résilience aux changements climatiques.

De manière générale, la réglementation peut ne pas être parfaitement adaptée aux questions sources de changements prévisibles fréquents. À cet égard, des discussions sont actuellement menées afin d'aider à définir la résilience aux changements climatiques dans le contexte de l'environnement construit, et à définir la meilleure méthode pour mettre à jour les codes. Les discussions tiennent également compte du fait que les instruments réglementaires, comme les codes, font partie des nombreux outils de la boîte à outils. C'est principalement le cas depuis que les codes ne s'appliquent plus qu'aux constructions neuves, et que la question des transformations apportées aux bâtiments existants reste entièrement ouverte. Les codes sont aussi souvent les outils les plus onéreux, et il s'avère donc important de considérer en premier lieu les autres outils avant de codifier des changements.

Discussions politiques sur les codes nationaux

Des discussions politiques menées par les participants et parties intéressées du système des codes nationaux doivent porter sur (1) la durabilité des structures et ensembles, et sur (2) le champ d'application du Code national du bâtiment.

- 1) La norme actuelle sur la durabilité (CSA S478) est incorporée par renvoi dans l'annexe du code du bâtiment. Des discussions doivent également être organisées afin de déterminer si la durée de vie utile doit être établie par le code, et, dans ce cas, si un nouvel objectif ou une extension du champ d'application est requis. La manière dont la responsabilité ou l'entretien est pris en compte demeure également floue, comme en cas de défaillance d'un produit avant la durée de vie spécifiée.
- 2) Les phénomènes extrêmes causés par le changement climatique soulèvent des questions comme celui de la portée des codes :
 - a) Les phénomènes extrêmes localisés, tels que les inondations, posent la question du rôle des codes en ce qui concerne la protection des biens. Un objectif du Code national du bâtiment (OP2) porte actuellement sur la protection contre les dommages et les privations de jouissance découlant d'une défaillance structurale ou d'une insuffisance de la tenue en service, qui sont réputées inclure les charges dues aux inondations. Les codes actuels traitent également, dans une certaine mesure, du principe de la protection des biens dans les objectifs (OP3, OP4) liés à la protection des bâtiments voisins contre l'incendie et les dommages structuraux.
 - b) Les événements à l'échelle régionale posent des questions en rapport avec la portée des codes au-delà de l'enveloppe du bâtiment. Dans les incendies de forêt, les bâtiments constituent un seul élément d'une « chaîne de résilience » qui, en dehors du bâtiment, s'étend aussi à l'aménagement et à l'entretien du paysage au niveau communautaire. Alors que les mesures de résilience contre les incendies de forêt applicables au bâtiment ont montré un excellent retour sur investissement, la mise en œuvre d'une gestion de la végétation à long terme (qui souvent nécessite la coopération au niveau du quartier), plutôt que de matériaux ignifuges, permet de réduire les coûts par 3 et d'augmenter proportionnellement le ratio avantages-coûts.¹⁷ Dans le cas de la surchauffe, alors que la conception des bâtiments a un impact significatif sur les températures intérieures, et peut également contribuer au refroidissement grâce à des toits végétalisés et d'autres mesures, la conception communautaire reste essentielle pour réduire l'effet d'îlots de chaleur en milieu urbain.

Les discussions risquent de ne pas entraîner une extension des codes. Dans beaucoup de cas, d'autres instruments politiques peuvent s'avérer plus utiles que la réglementation, ou constituer une aide nécessaire pour parvenir à une réglementation efficace :

- 1) Les programmes de soutien, tels que les initiatives bénévoles pour la mise en service de bâtiments et de systèmes de constructeurs, ou la facilitation du processus décisionnel au niveau communautaire. Le secteur de l'assurance aurait à cet effet un rôle à jouer, en encourageant le respect de la

¹⁷ Porter, Keith et coll. An Impact Analysis for the National Guide for Wildland Urban Interface Fires, Institute for Catastrophic Loss Reduction, 2021. [ICLR-SPA-Risk-Impact-Analysis-for-the-National-WUI-Fire-Guide-2021.pdf](#)

existants, les mesures volontaires requises exigeraient des programmes incitatifs, des évaluations de la vulnérabilité climatique, ainsi que des programmes de formation/de renforcement des capacités.

Programmes incitatifs

Dans le système actuel, les incitations à l'adaptation ne sont pas bien harmonisées. Bien que les avantages sociaux soient clairement établis, les coûts souvent élevés des transformations apportées aux bâtiments existants dans le cadre de la résilience climatique sont en principe entièrement supportés par le propriétaire, alors que les avantages de cette mesure bénéficieront aux futurs propriétaires ou à la société de manière générale. Du fait des coûts de réparation et de modernisation, les mesures d'adaptation sont généralement mal appliquées.

Pour assurer leur succès, les modernisations doivent être soutenues par des programmes incitatifs à mesures volontaires (subventions, crédits d'impôt, programmes d'assurance) afin d'aider à rentabiliser l'investissement initial dans l'atténuation des risques à long terme. Les programmes incitatifs allégeraient ces coûts, et aideraient également à répondre aux besoins des populations vulnérables, qui peuvent dépendre de façon disproportionnée de ces systèmes « existants ».

Pour accroître le recours à ces mesures, des programmes de modernisation d'adaptation pourraient être combinés à des programmes d'amélioration énergétique tels que l'initiative Financement de l'efficacité communautaire de la Fédération canadienne des municipalités (FCM)¹⁹, la Subvention canadienne pour des maisons plus vertes²⁰ ou encore les investissements de la Banque de l'infrastructure du Canada dans des bâtiments publics à infrastructures vertes²¹.

Actuellement, l'un des types de programmes les plus appliqués en matière de modernisation face aux risques de catastrophe au Canada concerne la protection contre les inondations des sous-sols/la modernisation, généralement proposés par les gouvernements municipaux. Selon les derniers chiffres, environ 40 de ces programmes sont actuellement en vigueur. Ils accordent habituellement entre 1000 et 5000 \$ de subventions aux foyers touchés ou concernés par un risque d'inondation des sous-sols, ou qui contribuent au risque d'inondation des sous-sols par des actions privées de captage/d'infiltration. Dans de très rares cas, le recours à ces programmes est extrêmement faible, souvent inférieur à 10 %. Des programmes similaires proposés par les compagnies d'assurance (qui offrent aux ménages un financement pour la modernisation de leur logement après une déclaration de sinistre à la suite d'une inondation) ont également rarement été adoptés. Cette situation s'explique peut-être par le manque de prise de conscience du public des phénomènes à faible probabilité et à conséquences graves.

Les acheteurs sont ainsi peu enclins à payer davantage pour ces mesures. En outre, même si les compagnies d'assurance proposent des avantages, les associations de constructeurs d'habitations tendent à s'opposer aux nouvelles interventions, qui augmentent le coût total des bâtiments sans pour autant présenter un rapport coûts-bénéfices avantageux qui justifierait le changement. Un soutien de l'industrie du bâtiment résidentiel est ainsi nécessaire au cours de l'élaboration de stratégies de résilience au marché.

Plusieurs exemples prouvent que l'accès à des niveaux de financement supérieurs ou que d'autres méthodes de soutien des actifs résilients peuvent favoriser l'adoption de mesures. Le « programme des 1000 toits » appliqué en Allemagne démontre l'efficacité du soutien financier en faveur des actifs résilients. Ce programme se donnait de déployer des capteurs solaires en payant le coût d'investissement des unités. L'investissement

¹⁹ Fédération canadienne des municipalités (FCM), Financement de l'efficacité communautaire.

<https://fcm.ca/fr/programmes/fonds-municipal-vert/financement-efficacite-communautaire>

²⁰ RNCAN, Subvention canadienne pour des maisons plus vertes. <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-maisons/subvention-canadienne-pour-des-maisons-plus-vertes/23445>

²¹ Banque de l'infrastructure du Canada, Secteur : Infrastructures vertes. <https://cib-bic.ca/fr/parteneriat/plan-de-croissance/infrastructures-vertes/>

annuel a été énorme en plus de 40 ans, à compter des années 80. Il a d'une part créé une capacité industrielle (fabrication, installation, réparation, entretien, intégration architecturale, etc.), et a conduit à l'acceptation et à la sensibilisation des propriétaires qui se tournent désormais de plus en plus vers une solution générale. À l'inverse, alors que le Canada dispose de nombreux programmes de modernisation complets à destination des propriétaires, le taux d'adoption reste très limité. De ce fait, ils ne sont pas en mesure de répondre aux besoins de résilience des Canadiens.

Une éventuelle solution consisterait donc à faire en sorte que le financement de projets soit conditionné au respect des exigences minimales en matière de résilience. Les régimes de financement ou d'assurance incitatifs peuvent aussi jouer un rôle important. Au minimum, les modernisations pourraient concerner des bâtiments appartenant à l'État dans les zones vulnérables, comme les écoles, les centres communautaires, les pôles de santé. Ces lieux deviendraient des abris d'urgence en cas d'événements météorologiques extrêmes. Les stratégies d'adaptation à l'échelle de la communauté doivent aussi être prises en compte (gestion des plaines, des eaux pluviales/de l'élévation du niveau de la mer).

Renforcement des capacités

Le renforcement des capacités est nécessaire afin de mieux comprendre le risque de catastrophe et l'éventuel impact des futurs changements climatiques. Les renseignements afférents doivent idéalement provenir d'une source fiable et de confiance, telle que des agents d'assurance, un gouvernement local, des entrepreneurs, et les réseaux sociaux (p. ex. voisins, familles). À cet effet, les programmes d'éducation s'avèrent d'une grande importance pour aider les propriétaires de bâtiments et d'habitations à comprendre le risque climatique et les éventuelles mesures à prendre. Ces solutions doivent néanmoins impliquer les métiers dans les discussions sur la résilience (en les orientant éventuellement, plutôt que les propriétaires, directement vers des solutions présentant des incitations économiques), et permettre de mieux comprendre le comportement des ménages (p. ex., par l'intermédiaire de l'économie comportementale).

Le renforcement des capacités peut être supporté par des recherches comportementales, afin d'avoir une vue d'ensemble des mesures pouvant permettre l'adoption de ces solutions. Le renforcement des capacités peut aussi s'opérer parallèlement à des programmes incitatifs. Des programmes peuvent également être mis en œuvre à destination des installateurs/entrepreneurs afin de promouvoir les pratiques résilientes à certaines étapes clés (protection contre les inondations de sous-sol une fois ces parties achevées, couvertures résistantes aux vents violents/à la grêle au cours de la restauration de toitures).

Le renforcement des capacités est également capital pour les décideurs afin d'améliorer la capacité à prendre des décisions dans un contexte incertain. Une compréhension plus approfondie des dernières méthodologies d'évaluation des risques et des approches d'adaptation renforcera les aptitudes à utiliser des données dont le format actuel ne nous permet pas de prendre des décisions rentables sur le plan économique. En particulier, la sensibilisation et l'éducation des membres du comité des codes quant à la science du climat et au rôle que jouent les bâtiments dans l'atténuation des risques présentés par le changement climatique et les phénomènes extrêmes sont essentielles, étant donné qu'ils seront chargés de l'examen des demandes de modification des codes afin de répondre aux besoins de résilience.

Communication

Le Canada peut fournir de nombreux exemples en matière d'innovation pour communiquer avec et mobiliser les parties intéressées, fournir et échanger des renseignements, ainsi qu'identifier et mettre en avant les pratiques exemplaires. Le système de codes actuel constitue lui-même un exemple concret de plateforme destinée à la communication et à la mobilisation, afin d'équilibrer les contributions des différentes parties intéressées et de parvenir à un consensus.

Participation des parties intéressées

Finalement, la participation des parties intéressées à l'élaboration d'orientations et de réglementations est critique quant à leur adoption. Beaucoup de parties intéressées sont déjà impliquées, grâce aux efforts menés depuis 5 ans. En ce sens, le processus des codes modèles nationaux actuel autorise l'implication de toutes les parties intéressées (traditionnelles) concernées : fabricants, constructeurs, architectes, ingénieurs, intérêt général, milieu universitaire, et représentants des PT. Les parties intéressées non traditionnelles, comme les urbanistes, assureurs, institutions financières, hauts fonctionnaires, représentants autochtones, écologistes, paysagistes, responsables de la santé et des logements sociaux, se doivent d'être aussi impliqués. Les répondants à l'enquête ont clairement indiqué que l'effort devait être réalisé par TOUS, et ce à tous les niveaux : gouvernement, secteur de l'assurance, agences gouvernementales, urbanistes, gestionnaires d'actifs municipaux, hydrologues, développeurs, banques, ingénieurs, autorités compétentes (régulateurs), comités du CNB.

Une analyse des parties intéressées des comités des codes pertinents pourrait éventuellement être menée, en vue de l'intégration de parties intéressées supplémentaires dans le processus des codes. Cela contribuerait à orienter les efforts afin d'améliorer l'implication des parties intéressées sous-représentées dans le système de codes, tels que les communautés, les utilisateurs et constructeurs, et de donner des renseignements sur les aspects pratiques de la mise en œuvre ainsi que renforcer les capacités pour soutenir les efforts et la réglementation en matière d'adaptation. Il s'avère également important que ces parties intéressées non traditionnelles aient une meilleure compréhension des processus des codes, afin d'optimiser les modifications proposées, et de pouvoir participer aux réunions du comité permanent en tant qu'observateurs.

Ces efforts seraient appuyés par une approche coordonnée afin de garantir le meilleur résultat possible.

Renseignements et format

De nombreuses autorités locales développent leurs propres approches afin de tenir compte des impacts potentiels du changement climatique, ce qui conduit à des approches incohérentes/mixtes. Afin d'évaluer l'éventail des impacts (sociaux, financiers, environnementaux, etc.), des approches cohérentes et des orientations précises doivent être établies. Elles dépendraient d'orientations stratégiques claires qui priorisent et intègrent la résilience climatique dans la prise de décision et les investissements, afin de comprendre la manière dont elles s'inscrivent dans le cadre global : durabilité, accessibilité, vieillissement de la population, sécurité incendie, sécurité structurale, etc.

- 1) Une collaboration très étroite est obligatoire pour changer l'analyse de rentabilité, y compris les modèles d'assurance et de financement. Les innovations pourraient inclure la communication des risques climatiques dans les points de vente, et la réalisation d'une évaluation du cycle de vie (risques climatiques compris) au cours des étapes de conception et d'approvisionnement.
- 2) Des orientations relatives à la « navigation dans la mer d'informations » sur les données climatiques sont nécessaires, tout comme pour supporter les demandes de changement à apporter aux codes, et guider/justifier les décisions d'investissement en termes d'adaptation. Les efforts au niveau du gouvernement fédéral comme le Centre canadien des services climatiques (CCSC) et donneesclimatiques.ca permettent d'offrir des plateformes éprouvées et centralisées pour les informations climatiques.

Ils peuvent être supportés par des documents ne présentant aucun risque, basés sur des preuves, et respectant la terminologie des codes, et dont la justification est suffisamment étayée (analyse des répercussions), afin de pouvoir simplifier le travail des comités en charge des codes et des normes. Ce type de document peut être préparé hors du système de codes officiel, à partir d'initiatives comme la BIPBRCC, sous la surveillance de comités équilibrés des parties intéressées, représentant divers milieux et régions. Les risques associés aux orientations pourront être ultérieurement éliminés au moyen de projets pilotes. Pour les habitations en particulier, les constructeurs de résidences doivent s'engager à développer et à démontrer l'efficacité des solutions résilientes (p. ex., facilité d'installation, abordabilité, etc.), afin d'assurer le confort et leur commercialisation.

Pratiques exemplaires

Le Canada dispose de plusieurs exemples d'accomplissement de travaux significatifs du fait de l'implication de parties intéressées, qui vont au-delà des activités de transfert des connaissances habituelles des ateliers, formations officielles et séminaires. Ainsi, l'initiative BIPBRCC a permis :

- 1) De développer le Guide national sur les incendies en milieu périurbain : les lignes directrices ont été élaborées avec un comité technique composé d'universitaires, de pompiers, de communautés, de constructeurs de résidences, de municipalités, d'industries. Ces orientations devraient aboutir à l'établissement d'une norme d'ici les prochaines années, en vue d'une éventuelle intégration dans la réglementation.
- 2) D'élaborer des données climatiques de calcul axées sur le futur, destinées à être utilisées au cours de la conception des infrastructures et bâtiments. Ces données ont été élaborées grâce à l'engagement de climatologues, d'ingénieurs et de membres du comité des codes, et sont désormais proposées à des fins d'examen dans le cadre du CNB 2025, et planifiées pour figurer dans le Code canadien sur le calcul des ponts routiers 2025.
- 3) D'établir la norme CSA A123.26, *Exigences de performance pour la résilience climatique des systèmes de toiture à membrane à faible pente*, pour laquelle le CNRC a travaillé en étroite collaboration avec un consortium des principaux fabricants de toitures nord-américains afin d'identifier et de répondre à leurs besoins.

Voici quelques exemples notables du Programme de normes pour des infrastructures résilientes du CCN :

- 1) Le Comité consultatif du Nord (NAC) : ce comité de représentants des territoires du Nord, du Nunavut, du Yukon et du Nunavik, ainsi que de délégués de Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada, accorde la priorité à la sélection des projets de normes pour le Nord canadien. Le CCN travaille avec ce comité, dont les membres entreprennent leurs propres actions, afin de s'assurer que les problèmes particuliers aux infrastructures et bâtiments du Nord soient traités par des normes, comme le dégel du pergélisol. Le NAC a défendu les normes élaborées, en identifiant les opportunités de formation, de mise en œuvre et d'intégration des normes à la politique et aux autres exigences. (référence : <https://www.scc.ca/fr/inin>)
- 2) La feuille de route de la normalisation de la cartographie des zones inondables : le CCN, Ressources naturelles Canada et Sécurité publique Canada travaillent actuellement sur la normalisation de la cartographie des zones inondables au Canada, et réunissent environ 70 participants représentant les gouvernements provinciaux et territoriaux, municipalités, organismes fédéraux, communautés autochtones, offices de protection de la nature, organismes d'élaboration des normes, secteurs d'activité et organismes sans but lucratif, afin d'élaborer une feuille de route pratique. (référence <https://www.scc.ca/fr/nouvelles-et-activites/nouvelles/2020/cartographie-des-zones-inondables-au-canada-un-atelier-national-trace-la-voie-vers-la-normalisation>)

On compte également d'autres programmes couronnés de succès:

- 1) En ce qui concerne l'efficacité énergétique avancée (atténuation du changement climatique), de nombreux modèles fiables existent sur l'engagement de l'industrie du bâtiment en matière de pratiques innovantes : le Programme de partenariats locaux pour l'efficacité énergétique (LEEP)²², les programmes d'étiquetage

²² Partenariats locaux pour l'efficacité énergétique (LEEP). <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-maisons/partenariats-locaux-matiere-defficacite-energetique-leep/17339>

(ENERGY STAR Canada²³, R2000²⁴, LEED²⁵), et les programmes de rattrapage énergétique qui ont ouvert la voie à l'adoption des codes d'efficacité énergétique (la publication de codes énergétiques à plusieurs étapes vers la performance à consommation énergétique nette zéro est prévue en décembre 2021). Les pratiques exemplaires et leçons tirées de ces programmes pourraient s'appliquer aux efforts d'adaptation aux changements climatiques.

- 2) L'IPSC a collaboré avec les assureurs afin de développer un programme de meilleure reconstruction et d'intégrer la résilience aux pertes partielles ou complètes à la suite de phénomènes climatiques.
- 3) Le Centre Intact d'adaptation au climat a élaboré des cours de formation pour la protection contre les inondations des maisons pour de nombreux professionnels²⁶, comme les inspecteurs résidentiels, les conseillers hypothécaires, les courtiers en assurance et le personnel municipal, ainsi qu'un cours de formation de niveau universitaire d'une durée de 14 semaines intitulé « Formation en évaluation des risques d'inondations des maisons » et destiné aux inspecteurs résidentiels.²⁷
- 4) D'importantes études ont également été menées pour quantifier les répercussions de l'adaptation aux changements climatiques afin d'éclairer l'orientation stratégique, comme une analyse des répercussions dans le Guide national sur les incendies en milieu périurbain⁹, et l'estimation des avantages de la BIPBRCC²⁸.

Champ d'application des réglementations

Les codes actuels s'appliquent principalement aux nouvelles constructions. La question de la réglementation des bâtiments existants conformément aux codes modèles nationaux est actuellement à l'étude. L'enjeu est de déterminer les aspects d'adaptation et de résilience à réglementer, et les éléments de l'environnement construit auxquels ces réglementations s'appliquent.

Au Canada, l'évolution de la réglementation dépendra de la position adoptée quant aux réglementations appliquées par les juridictions provinciales et territoriales, et sera idéalement guidée par une analyse exhaustive du rôle de la réglementation au sein de l'ensemble des instruments politiques. L'approche réglementaire peut être progressive : d'abord appliquée aux infrastructures publiques essentielles, puis étendue au besoin.

- 1) La réglementation pourrait dans un premier temps être considérée pour les infrastructures publiques et bâtiments publics essentiels, afin de montrer la voie et d'intégrer les approches à la résilience. À ce stade, la réglementation pourrait être utilisée pour établir des exigences basées sur le risque ou sur les performances, pour parvenir à atteindre les objectifs de résilience.
- 2) À mesure que les réglementations sont étendues, les régulateurs doivent être conscients que les approches basées sur le risque peuvent ne pas être efficaces pour les bâtiments visés par la partie 9 (maisons et petits bâtiments), étant donné qu'elles ne comprennent généralement pas d'équipe de

²³ ENERGY STAR Canada. <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/energy-star-canada/18954>

²⁴ R2000. <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-maisons/acheter-maison-ecoenergetique/r-2000-maisons-ecologiques/20576>

²⁵ Conseil du bâtiment durable du Canada – LEED.

https://www.cagbc.org/CAGBC/Programs/LEED/LEEDv4/leed_v4.1_apc_updates.aspx?WebsiteKey=7e592978-5927-4a4c-9794-de62b4606664

²⁶ Centre Intact d'adaptation au climat, Formation pour la protection contre les inondations.

<https://www.centreintactadaptationclimat.ca/programmes/le-programme-de-protection/formation-pour-la-protection-contre-les-inondations/>

²⁷ Fleming College, Formation en évaluation des risques d'inondations des maisons.

<https://flemingcollege.ca/continuing-education/courses/home-flood-risk-assessment-training>

²⁸ Porter and Scawthorn, Estimating the benefits of Climate Resilient Buildings and Core Public Infrastructure (CRBCPI), ICLR and SPA RISK LLC, 2020. <https://www.iclr.org/wp-content/uploads/2020/03/SPA-Climate-resiliency-book.pdf>

professionnels de la conception. Une approche de conception prescriptive serait préférable, ou éventuellement nécessaire pour garantir le succès de la mesure.

Si la méthode d'application de la résilience à un projet spécifique n'a pas besoin d'être nécessairement réglementée, les objectifs et exigences doivent encore être spécifiés. Les objectifs de la résilience seraient intégrés à la réglementation, qui fixerait les niveaux de service/performances de l'actif. Les exigences de conception résiliente reflèteraient la nouvelle réalité d'un changement climatique, et équilibreraient les objectifs de conception supplémentaires comme l'efficacité énergétique, la santé et la sécurité.

Les objectifs et exigences de la résilience climatique devraient dépendre du lieu géographique ou de la situation. Exemple : les codes de résilience aux incendies devraient être réglementés dans le milieu urbain-milieu périurbain; les codes de résilience minimale aux inondations devraient être réglementés librement selon qu'il s'agit d'inondations riveraines ou de plaines inondables, ajustés en fonction de l'intensification du changement climatique (p. ex., inondation de 100 ans plus intensification en 2100), y compris lors de modernisations substantielles de bâtiments; une réglementation pourrait être exigée pour les températures maximales autorisées de l'air intérieur des bâtiments à résidences multiples.

L'expérience acquise par le Canada laisse entendre que la réglementation constituerait une part très importante dans l'augmentation de la résilience des bâtiments. Cependant, la réglementation a des limites :

- 1) Premièrement, son application peut prendre du temps. Alors que certains répondants à l'enquête ont fait remarquer que l'élimination des barrières, de manière à ce que les gouvernements locaux aient le pouvoir de fixer leurs propres exigences, pouvait s'avérer efficace, cela va à l'encontre de l'Accord de conciliation sur les codes de construction⁸, pour lequel les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux travaillent activement afin de parvenir à l'harmonisation de la réglementation à l'échelle du pays. D'autres outils efficaces mis à la disposition des municipalités existent, comme le zonage et les programmes de rénovation, qui peuvent être utilisés pour mener à bien l'adaptation.
- 2) Deuxièmement, des interrogations se posent quant aux normalisations et réglementations prématurées, qui comportent un risque d'enfermement dans des approches et des solutions en apparence rationnelles, dans le sens où toute innovation et amélioration ultérieures des méthodes et pratiques s'en trouvent entravées. Une analyse détaillée pourrait être menée afin de déterminer le résultat escompté, ainsi que les coûts, les risques, la charge administrative, l'impact juridique et les conséquences sociétales de la réglementation. Ils devraient être comparés aux résultats positifs découlant de la mise en œuvre d'instruments politiques volontaires (programmes d'éducation, de formation, incitatifs et du gouvernement).
- 3) Troisièmement, la réglementation est généralement l'instrument politique qui présente le coût le plus élevé, du fait des coûts d'observation pour les entreprises et des coûts administratifs pour les gouvernements (permis de construire et inspections). Le rapport coûts-bénéfices de la réglementation doit par conséquent être examiné attentivement.

La réglementation peut s'avérer impérative dans les régions canadiennes dites « code min/max », où les pratiques excédant les exigences minimales des codes ne peuvent pas être imposées ou exigées par les niveaux administratifs inférieurs, et où presque la totalité des bâtiments sont construits conformément aux exigences minimales des codes. D'autres instruments politiques peuvent avoir des répercussions plus importantes pour un investissement initial identique et des coûts permanents, notamment si une exécution rapide et des modifications ponctuelles des orientations/connaissances et pratiques sont requises. À l'échelle internationale, de nombreux exemples fructueux et de systèmes de réglementation plus adaptés existent; ils font appel à la recherche sur la stratégie comportementale afin de trouver la mesure ou le concept permettant d'obtenir le plus fort taux de conformité et de ralliement.

Les assureurs peuvent également avoir besoin d'une réglementation afin de proposer des incitations à la résilience. La forte concurrence dans le secteur (des centaines de compagnies d'assurance IARD existent) limite la capacité des assureurs individuels à s'engager dans des investissements en matière de résilience auprès de leurs clients (l'investissement dans les risques liés à la résilience augmente les primes des clients,

ces derniers portant alors leur choix vers d'autres assureurs). La réglementation aiderait ainsi à garantir l'égalité de traitement et à intégrer la résilience par défaut.

Application dans les codes

La mesure dans laquelle les réglementations constituent les instruments les plus efficaces pour atteindre les objectifs de résilience doit être prise en considération, et éventuellement trouver un écho dans les autorités politiques des codes du bâtiment. Il s'agit là de questions d'analyse politique classiques qui peuvent aider à déterminer, pour un objectif spécifique, les cas pour lesquels des réglementations doivent ou non s'appliquer, ainsi que les alternatives appropriées pour assurer le même objectif.

D'autres questions politiques concernent le seuil des changements à apporter aux codes, et la fréquence des mises à jour des données climatiques. Un consensus semble se dessiner pour des mises à jour au moins tous les 5 ans, afin de pouvoir bénéficier des données observées supplémentaires, et d'accorder à l'industrie le temps de se préparer et de s'adapter aux changements de réglementation.

Il reste néanmoins des questions en suspens quant aux incertitudes sur le changement climatique futur et la manière de le traiter, tout comme la non-stationnarité du climat dans les codes. Un autre défi reste enfin à surmonter : arriver à concilier les enjeux culturels, patrimoniaux et environnementaux dans les codes ou autrement. Pour cela, il convient de définir la durée de vie utile idéale des types de bâtiments, de savoir si elle est indépendante des considérations relatives au changement climatique, et si/de quelle manière l'importance du type d'occupation/de bâtiment doit être prise en compte dans les caractéristiques de conception.

Seuils des changements à apporter aux codes

Il convient de noter que le cycle d'élaboration des codes détermine lui-même la rapidité à laquelle les mesures peuvent être prises, et les changements effectués. Bien que des progrès importants soient réalisés pour réduire les délais d'adoption des codes modèles nationaux, il est prévu que des changements importants en matière de résilience seront apportés aux codes en 2025 ou en 2030 et que l'adoption des codes ne suivra pas immédiatement leur publication. En vertu de l'Accord de conciliation sur les codes de construction, les provinces et les territoires se sont engagés à adopter ou à adapter les codes modèles nationaux à l'intérieur d'une période de 18 mois suivant leur publication à compter de 2025.

L'absence de suivi des charges climatiques a un impact significatif sur la santé et l'économie. Par exemple, au-dessus d'un seuil critique, l'augmentation de 25 pour cent de la vitesse maximale des rafales de vent pourrait entraîner une hausse des déclarations de sinistre liée aux bâtiments de 650 pour cent. C'est la raison pour laquelle des voix s'élèvent pour exiger la mise à jour de tous les codes sur le changement climatique, et ce le plus rapidement possible, étant donné que de nouvelles infrastructures dont la durée de vie s'étendra jusqu'à l'horizon 2050/2080/2100 sont quotidiennement construites, et au cours de laquelle les impacts du changement climatique seront importants. Même si de nombreux répondants à l'enquête sont favorables à des actions rapides pour atténuer les impacts des changements climatiques et des phénomènes extrêmes, certains estiment qu'une attention particulière doit être portée à l'approche, les schémas de réglementation accélérés supportant en effet le risque de conséquences inattendues (en termes de sécurité et économique).

Beaucoup dépendent de la définition des niveaux minimaux acceptables de fiabilité. Cela nous permet d'attribuer des seuils, qui peuvent être déterminés au moyen d'une évaluation commune des tendances climatiques et du rapport avantages/coûts. Des audits de fiabilité réguliers nous permettront de déterminer si un seuil a été dépassé, et si la fréquence d'obtention du critère minimal change.

Fréquence des mises à jour des données climatiques

Le recours aux données climatiques futures de référence dans les codes et normes dans le cadre de la conception des bâtiments et infrastructures est perçu comme une avancée majeure par rapport à l'utilisation des données historiques, souvent obsolètes.

Les répondants à l'enquête proposent que les données climatiques doivent être mises à jour tous les 5 ans, afin de pouvoir bénéficier des données observées supplémentaires, des avancées en modélisation climatique, et d'être en accord avec le cycle d'élaboration des codes d'une durée de 5 ans.

Une autre option suggérée consisterait à regrouper les mises à jour des données climatiques et celles des ensembles de données des principaux modèles climatiques mondiaux au sein du Projet de comparaison de modèles couplés (CMIP) et du rapport d'évaluation du GIEC connexe, probablement tous les 6-7 ans. Cela comprendrait les mises à jour des données observées, et celles des conditions climatiques futures projetées.

Alors que certaines formes de mises à jour automatiques étaient considérées comme souhaitables, des inquiétudes ont été exprimées quant à une fréquence d'actualisation trop importante des données climatiques, étant donné que ces conditions pourraient exiger un changement des outils et une mise à jour de la formation des professionnels, représenter des défis d'adaptation pour l'industrie, et éventuellement créer des effets négatifs pour les bâtiments et les propriétaires, étant donné que leurs biens pourraient s'en trouver dépréciés à chaque mise à jour des données climatiques. Des mises à jour plus fréquentes ou qui excéderaient les limites établies par le cycle d'élaboration des codes représenteraient également des défis d'ordre législatif, les données de conception archivées provenant d'anciennes versions des codes étant généralement citées dans les dossiers juridiques. Actuellement, les provinces et territoires s'attendent à ce que les données se stabilisent pour au moins un cycle d'élaboration des codes.

En outre, en ce qui concerne les données à mettre à jour à chaque cycle d'élaboration des codes, une analyse exhaustive des répercussions devra être menée afin de comprendre l'impact des changements proposés, lesquels nécessitent également du temps et des ressources.

L'idée d'établir un objectif définitif (p. ex., une période de récurrence d'1 pour 500 ans ou d'1 pour 1000 ans) a également été évoquée par certains répondants à l'enquête, afin de réduire la fréquence des changements ainsi que les répercussions en résultant décrites ci-dessus.

Gestion des incertitudes sur le changement climatique futur

Dans les codes, les charges climatiques sont traitées par modélisation probabiliste des charges et des résistances. Pour gérer les incertitudes de la situation climatique future et de la modélisation climatique, ils doivent préciser les méthodes qui mesurent ce qui existe et prévoient ce qui est raisonnable.

- Dans certains cas (lorsque les données sont disponibles), les incertitudes peuvent être détectées dans un cadre probabiliste/de gestion de la fiabilité, à l'instar du code canadien sur les bâtiments et les ponts. Ces méthodes abordent les incertitudes et les communiquent en utilisant des variables aléatoires ou processus stochastiques, avec des valeurs explicites des valeurs moyennes, des valeurs de calcul extrêmes et du coefficient de variation.
- Lorsque les données pertinentes sont disponibles à partir de modèles climatiques, les renseignements des projections climatiques futures peuvent être intégrés aux tableaux des données du code ou aux portails des données en ligne associés, afin de renseigner sur la conception future et sur la pérennité. Ils peuvent également être utilisés pour communiquer les éventuelles exigences applicables aux infrastructures supplémentaires ou adaptables du bâtiment, afin d'intégrer plus facilement les modifications apportées aux systèmes de construction.

Gestion du climat non stationnaire dans les codes

La non-stationnarité (comme celle liée au changement climatique) peut être détectée dans les codes et normes de calcul en la considérant de manière probabiliste.

Encore une fois, des efforts initiaux ont été réalisés pour considérer la non-stationnarité du climat au cours de l'élaboration des dispositions sur l'adaptation aux changements climatiques du Code national du bâtiment et du Code canadien sur le calcul des ponts routiers. Par ailleurs, le Manuel de pratique 140 récemment publié de

l'American Society of Civil Engineers sur la conception de bâtiments résilients aux changements climatiques comprend des lignes directrices pour l'application de l'incertitude et de la non-stationnarité.

La priorité doit toujours être accordée au soutien de l'objectif du code visant à maintenir la sécurité des occupants et protéger suffisamment la structure afin de garantir sa sécurité et son bon état de service en cas de modification de l'environnement d'exploitation (climat extérieur). De cette manière, si l'environnement d'exploitation du bâtiment change, il en sera de même des exigences. L'objectif est de s'assurer que le niveau de performance du bâtiment demeure acceptable.

Si possible, les nouveaux bâtiments devraient être conçus pour supporter les conditions climatiques tout au long de leur durée de vie utile prévue, étant donné que les coûts initiaux sont généralement moindres que les modernisations. Certaines modernisations futures planifiées (conception adaptative) devront également être prises en considération. La conception adaptable fait l'objet de discussions à l'échelle provinciale. Son intégration au code reste à déterminer.

Durée de vie utile idéale

Les projections des données climatiques futures dépendent de la durée de vie utile ou de l'horizon de planification. Plus la durée de vie utile ou l'horizon de planification sera important, plus la plage de température, les changements dans les précipitations et le vent seront élevés dans certaines régions. Il est par conséquent utile de définir la durée de vie utile d'un bâtiment ou d'une infrastructure afin d'identifier les données climatiques de calcul, car le climat n'est pas stationnaire comme le suppose la plupart des codes du bâtiment et des infrastructures.

Alors que la durée de vie utile n'est pas précisément définie dans le CNB, la norme de la CSA sur la durabilité des bâtiments (CSA S478) établit les valeurs de durée de vie utile suivantes :

Tableau 1 : valeurs de la durée de vie utile selon la norme CSA S478:19

Catégorie de durée de vie utile	Type de bâtiments	Durée de vie utile minimale	Plage de durée de vie utile
Durée moyenne	Immeubles commerciaux et de bureaux de faible hauteur/ Structures de stationnement autonome/Bâtiments industriels à grand risque	25 ans	De 25 à 50 ans
Durée longue	Construction résidentielle monobloc/Bâtiments multilogements/Immeubles commerciaux et de bureaux de moyenne et grande hauteur, bâtiments de protection civile	50 ans	De 50 à 99 ans
Permanent	Monuments et bâtiments à valeur patrimoniale	100 ans	De 100 à 300 ans

La structure du bâtiment est conçue pour résister beaucoup plus longtemps, du moment où une protection adéquate est assurée. Dans la pratique, les bâtiments peuvent être beaucoup plus âgés, car leur durée de vie utile prévue dépasse souvent amplement la durée de vie utile (DVU), tout comme la durée de vie utile prévue des systèmes de construction. Dans le cas des éléments de l'enveloppe des bâtiments (toits, fenêtres, etc.), la durée de vie des matériaux peut être largement inférieure.

Pour les bâtiments plus anciens, les questions d'entretien sont plus importantes que la durée de vie utile initiale. Les renouvellements et entretiens de routine des principaux éléments dépendront de la durée de vie réelle, même si leur fréquence n'est pas clairement établie. Cette question se décompose en deux volets.

- 1) En théorie, une conception soigneusement planifiée permettra aux systèmes d'être remplacés au besoin, sans démantèlement ni démolition. Si une attention particulière est portée à la pérennité des bâtiments, ceux-ci dureront plus de 60 ans sans problème.
- 2) En pratique, on ne peut raisonnablement imaginer la rénovation et le remplacement des éléments clés au cours de la durée de vie d'un bâtiment; par exemple, alors qu'un bardage peut durer 30 ans, il ne pourra néanmoins jamais être remplacé après cette période.

Les responsables de la réglementation ont déjà abordé cette question, notamment avec la norme CSA S478-19 sur la durabilité des bâtiments, qui spécifie les exigences de durabilité des matériaux et des systèmes. La norme établit les exigences minimales permettant d'aider les concepteurs à créer des bâtiments durables. En outre, des annexes à la norme fournissent des orientations générales relatives à l'environnement et à d'autres facteurs de conception ayant un impact sur la durabilité d'un bâtiment, d'un matériau et/ou d'un composant du bâtiment.

En général, toute amélioration de la durée de vie utile doit être expressément proposée et justifiée. Dans la pratique, les codes sont limités selon les prévisions de la durée de vie estimée ou souhaitée. L'une des limites concerne les composants, dont la durée de vie diffère, qu'ils soient individuels ou fassent partie d'un ensemble. Afin d'éviter tout « gaspillage » en termes de durabilité, il est impératif que les conceptions tiennent compte de ce point, pour faciliter les renouvellements et remplacements, et ne pas affecter d'autres systèmes si la durée de vie utile est plus longue.

Conditions/Modalités de prise en compte de l'importance du type d'occupation/de bâtiment dans les caractéristiques de conception

Une distinction est faite selon qu'il s'agit ou non d'un bâtiment critique, et en fonction de la fréquence de survenue attendue des impacts climatiques prévus.

Pour la plupart des types/bâtiments, le facteur d'importance doit rester le même qu'actuellement; les types de bâtiments ou leur importance ne doivent pas être modifiés du fait de la variation des charges externes.

Certaines considérations des infrastructures critiques peuvent éventuellement être requises après une catastrophe, et doivent être conçues de manière à être toujours fonctionnelles après un phénomène extrême. Celles-ci auraient des répercussions en termes de conception. Les établissements de santé et logements sociaux constituent un bon exemple, car la communauté peut s'attendre à un niveau de résilience et de performance énergétique supérieur. Des immeubles de placement ont été évoqués, comme les bâtiments gérés par des fonds de pension. Cependant, d'autres intervenants estiment que ce sont les décisions politiques hors codes du bâtiment, comme au niveau communautaire, qui sont en mesure de décider d'un déplacement vers ces zones moins menacées ou d'accorder la priorité à certains types de logements.

Dans l'ensemble, le code devrait toujours laisser les ingénieurs prendre le plus possible d'initiatives, du fait de la nature complexe de l'environnement construit et des défis auxquels il est confronté. Pour ce faire, le code peut fournir aux concepteurs certains outils :

- (1) le recours à différents coefficients de risque pour chaque type d'occupation, comme c'est le cas dans le code du bâtiment;
- (2) l'établissement d'indices de fiabilité ou de probabilités de défaillance pour divers types d'occupation de bâtiments;
- (3) la définition de périodicités appropriées pour différents types d'occupation de bâtiments.

De cette façon, les infrastructures critiques bénéficieraient d'une protection contre les défaillances, appliquée par règlement en fonction de la gravité et de la présence de populations vulnérables. Ainsi, des paramètres

comme la température intérieure maximale admissible peuvent être définis pour les bâtiments à résidences multiples, les écoles et les établissements de soin, avec des dispositions particulières pour assurer la mobilité des populations âgées ou des populations en situation de handicap.

En revanche, pour la construction de logements, une combinaison d'approches prescriptives (construction) et de performance simple (conception) est requise, tout comme des documents d'orientation, et des outils de formation et de conception, étant donné que la mise à disposition d'une équipe d'ingénieurs ou de spécialistes sur place ne constitue pas une approche réalisable, abordable ou raisonnable selon le projet.

Objectifs de la politique d'équilibrage

Le politique doit travailler conjointement avec la science afin de déterminer les conceptions les plus adaptées permettant de tenir compte de toutes les considérations. L'intégration d'experts de divers horizons dans les comités des codes et normes permettra d'obtenir de bons résultats. Des experts de la santé peuvent par exemple prendre part aux comités des codes pour donner des orientations en matière de prévention contre la surchauffe ou de qualité de l'air intérieur au cours de feux de forêt, et l'avis d'experts de la sécurité publique peut être pris en compte au cours de l'élaboration de normes sur la conception du milieu périurbain.

Pour orienter les décisions, il est essentiel de quantifier les retombées positives de la résilience et de l'adaptation aux changements climatiques, y compris les avantages sociaux et ceux liés au capital naturel. À titre d'exemple, la conception résiliente peut réduire le besoin en modernisation tout au long de la durée de vie du bâtiment, en évitant les coûts d'entretien et les émissions de GES, pour finalement parvenir à une solution économique et environnementale. La conception résiliente peut également produire des retombées positives, comme l'optimisation des écoservices, ainsi que le soutien de l'économie locale. Les études de cas de l'analyse environnementale du cycle de vie (ACV) et de l'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV) des bâtiments permettant d'atteindre la résilience de manière abordable et durable aideraient à s'orienter dans une démarche de résilience aux changements climatiques.

Acronymes

CCCBPI – Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies

CCSS – Centre canadien des services climatiques

CMIP – Projet de comparaison de modèles couplés

BIPBRCC – Initiative sur les bâtiments et les infrastructures publiques de base résilients aux changements climatiques

DVU – Durée de vie utile

ECCC – Environnement et Changement climatique Canada

FCM – Fédération canadienne des municipalités

GES – Gaz à effet de serre

IPSC – Institut de prévention des sinistres catastrophiques

INFC – Infrastructure Canada

GIEC – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

ACV – Analyse environnementale du cycle de vie

ACCV – Analyse des coûts du cycle de vie

LEEP – Programme de partenariats locaux pour l'efficacité énergétique

MBAR – Mobilisation pour l'adaptation et la résilience des bâtiments

IRLM – Immeuble résidentiel à logements multiples

CNB – Code national du bâtiment

CNRC – Conseil national de recherches du Canada

IARD – Incendie, accidents, risques divers (Multirisques)

CPC – Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques

PT – Provinces et territoires

RCP – Profil représentatif d'évolution de concentration

CCN – Conseil canadien des normes

SSRIP – Programme de normes pour des infrastructures résilientes

Glossaire

Adaptation au climat : ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs, ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques.²⁹ Adaptation aims to manage the unavoidable.

Résilience climatique des bâtiments : capacité d'un bâtiment, d'une structure et de ses composants à réduire la perte de fonctionnalité et la période de récupération, sans être endommagés dans une mesure disproportionnée par rapport à l'intensité de plusieurs conditions climatiques extrêmes actuelles et futures scientifiquement prévisibles (p. ex., incendies de forêts/feux de brousse, tempêtes, ouragans/cyclones, inondations et chaleurs extrêmes).³⁰

Retombées positives : investissement en mesure de procurer deux types d'avantages. Dans le contexte de la résilience, l'investissement peut réduire les coûts d'une catastrophe, ainsi que favoriser la croissance économique et améliorer le bien-être grâce à plusieurs retombées positives, qui se produisent même en l'absence d'une catastrophe.³⁰

Durée de vie utile : durée de vie spécifiée par le concepteur, conformément aux attentes des propriétaires du bâtiment et aux exigences de la présente norme.³¹

Durabilité : capacité d'un bâtiment ou d'un élément du bâtiment à réaliser ses fonctions avec le niveau de performance requis pendant sa durée de vie utile dans son environnement structurel, en fonction de l'influence des mesures de protection de l'environnement.³¹

Mesures d'atténuation : mesures prises avant une catastrophe dont l'objectif est de réduire ou d'éliminer son impact sur la société et l'environnement. En ce qui concerne le changement climatique, les mesures d'atténuation se rapportent aux mesures visant à traiter les causes, habituellement des actions dont le but est de réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre qui contribuent à réchauffer l'atmosphère. Ces mesures cherchent à empêcher que la situation ne devienne ingérable.³⁰

Risques naturels : phénomènes à évolution rapide d'origine naturelle pouvant entraîner de graves perturbations dans une communauté ou une région. On entend par risques naturels : tempêtes de neige, incendies de forêt/feux de brousse, cyclones/ouragans, tornades, inondations, orages violents ou ondes de tempête, séismes, glissements de terrain, grêle, etc. Les vagues de chaleur sont également considérées comme faisant partie des risques naturels potentiellement les plus dangereux, et sont de plus en plus prises en considération dans la planification de la réduction des risques de catastrophe.³⁰

Durée de vie prévue : durée de vie prévue à partir de l'efficacité, de modélisations ou d'essais prouvés, ou d'une combinaison des trois.³¹

Profil représentatif d'évolution de concentration (RCP) : le RCP correspond à une trajectoire de concentration de gaz à effet de serre (pas d'émissions) adoptée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les différentes trajectoires (de 1.9 à 8.5) décrivent les divers scénarios climatiques futurs, tous étant envisageables en fonction du volume de GES émis dans les années à venir.

²⁹ GlobalABC, Buildings and climate change adaptation: A call to action, 2021

³⁰ Dialogue sur la résilience mondiale, Établir des codes et des normes de construction résilients et adaptés au changement climatique, 2021

³¹ CSA S478:19 – Durabilité des bâtiments

Résilience : capacité d'une communauté, d'une société ou d'un système exposé aux risques d'absorber, d'accueillir et de corriger les effets d'un danger, et d'y résister, en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base.³²

Durée de vie : période de temps réelle durant laquelle le bâtiment ou ses éléments assurent pleinement leurs fonctions.³¹

Impact social : effet des catastrophes sur la santé de la population et le bien-être des personnes et des familles, et/ou effet sur le tissu social des communautés affectées.³⁰

³² UNISDR, Terminologie du Bureau des Nations Unies pour la Réduction des Risques de Catastrophes, PNUE, Genève, 2009. <https://www.undrr.org/publication/2009-unisdr-terminology-disaster-risk-reduction>

Annexe A – Questions de l'enquête

1. Situation idéale
1a. Quels résultats peut-on attendre d'une conception des codes visant à assurer la sécurité des personnes et la durabilité des bâtiments dans le contexte des aléas naturels futurs influencés par les changements du climat? (objectifs sur les plans social, financier et de la conception)
1b. Quels obstacles (p. ex., comprendre la science et la façon de l'intégrer, l'apprentissage de l'organisme, l'adaptabilité, la volonté politique, etc.) nuisent à l'atteinte de cette situation optimale finale?
1c. Quels sont les principaux facteurs de réalisation des codes résilients? Quelles entités dirigent la discussion/le mouvement?
1d. Dans quels cas la réglementation devrait-elle être prise en considération dans l'atteinte des objectifs de résilience? Et dans quels cas ne devrait-elle pas? Quelles solutions de rechange permettent d'atteindre les mêmes objectifs?
1e. Devrait-on établir/nommer des entités chargées de surveiller et d'évaluer les conditions changeantes dans le but d'orienter les modifications aux codes? Dans l'affirmative, s'agirait-il d'entités gouvernementales ou non gouvernementales?
1f. Devrait-on établir des seuils pour aider à déterminer à quel moment un code pourrait devoir être modifié?
2. Exigences en matière de données et de recherche
2a. Quelles données et recherches connexes sont nécessaires pour que les codes tiennent compte des situations climatiques futures et des phénomènes météorologiques extrêmes? (p. ex., données mesurées, cartes, propriétés matérielles, études pilotes, etc.)
2b. Décrire les études entreprises ou prévues pour déterminer ces lacunes.
2c. Décrire les recherches en cours ou les recherches/programmes prévus pour remédier à ces lacunes.
2d. Quels sont la source idéale et le format idéal des données sur le climat futur pour les codes?
2e. À quelle fréquence les données climatiques incorporées par renvoi dans les codes devraient-elles être mises à jour afin d'atteindre les objectifs de résilience?
3. Science du climat

<p>3a. Quels progrès de la modélisation climatique actuelle sont nécessaires pour appuyer les codes?</p>
<p>3b. Décrire les efforts actuellement déployés ou prévus pour faire progresser la science du climat en appui aux codes.</p>
<p>3c. De quelle façon l'incertitude en lien avec la situation climatique et la modélisation climatique futures peut-elle ou devrait-elle être abordée et communiquée dans les codes?</p>
<p>4. <i>Choix de scénario climatique futur</i></p>
<p>4a. De quelles façons le climat non stationnaire (changement climatique) peut-il ou devrait-il être abordé dans les codes? Décrire les efforts actuellement déployés ou les discussions en cours (p. ex., conception pour fin de vie utile, conception pour adaptation, etc.).</p>
<p>4b. Quels éléments doivent être/sont pris en considération dans le choix d'un scénario climatique futur (profil représentatif d'évolution de concentration) pour la conception? Quel scénario est actuellement utilisé ou envisagé par les praticiens?</p>
<p>4c. Quelle est la durée de vie prévue idéale des différents types de bâtiments?</p>
<p>4d. Quelle est la durée de vie prévue idéale des différents types de systèmes et de matériaux de construction? (p. ex., fenêtres, toiture, revêtement extérieur)</p>
<p>4e. De quelle façon les différences au niveau du type d'usage ou du degré d'importance des bâtiments sont-elles ou devraient-elles être prises en compte dans les considérations liées à la conception?</p>
<p>5. <i>Phénomènes extrêmes</i></p>
<p>5a. Quels sont les obstacles actuels à surmonter pour prévoir le risque éventuel de phénomènes météorologiques extrêmes?</p>
<p>5b. De quelle façon le risque de phénomènes météorologiques extrêmes devrait-il idéalement être pris en considération dans la conception de bâtiments dans un climat non stationnaire? (p. ex., risque uniforme c. danger uniforme - l'installation devrait-elle être conçue de façon à pouvoir s'adapter aux conditions changeantes, ou est-ce que le code devrait inclure des critères de surveillance des changements, etc.?)</p>
<p>5c. La situation de la science du climat restreint-elle la solution actuelle pour une conception tenant compte des phénomènes extrêmes? Est-ce qu'une solution différente sera possible dans le futur?</p>
<p>6. <i>Participation des parties intéressées</i></p>
<p>6a. Quelles parties intéressées doivent participer afin d'assurer l'intégration réussie de la résilience dans les codes?</p>
<p>6b. Quelle information est nécessaire pour réussir à solliciter les parties intéressées, et sous quel format?</p>

<p>6c. Décrire les meilleures pratiques permettant d’assurer la participation des parties intéressées et de transmettre l’information liée aux changements climatiques.</p>
<p>6d. Quelles discussions stratégiques sont nécessaires afin d’introduire la résilience dans les codes? De telles discussions ont-elles déjà eu lieu dans le passé ou sont-elles déjà en cours?</p>
<p><i>7. Instaurer une culture de résilience</i></p>
<p>7a. En plus des codes, quelles activités ou quels outils complémentaires sont nécessaires à l’instauration d’une culture de résilience dans le secteur de la construction?</p>
<p>7b. Que peut-on faire pour assurer un accès égal aux bâtiments résilients? (Les codes visent généralement les nouveaux bâtiments, et seule la population ayant les moyens d’acheter une nouvelle maison sera initialement touchée par les modifications aux codes.)</p>
<p>7c. De quelle façon les coûts, les mesures d’atténuation et la résilience peuvent/devraient être pris en considération et pondérés dans la conception des bâtiments?</p>
<p>7d. Que pourrait-il arriver aux bâtiments touchés par un phénomène météorologique extrême? (p. ex., nouvelle construction, modification du zonage, perte d’assurance)</p>
<p>7e. De quelle façon la réglementation sur l’aménagement du territoire et les attitudes à l’égard de l’aménagement du territoire s’adaptent-elles aux changements climatiques? (p. ex., repli ordonné)</p>

