engineerscanada
ingénieurscanada

Principes d’adaptation aux changements climatiques et d’atténuation de leurs effets – Guide public

Principes d’adaptation aux changements climatiques et d’atténuation de leurs effets – Guide public - mai 2018

Avis

Avertissement
Les guides nationaux et les documents d'Ingénieurs Canada sont élaborés par des ingénieurs, en collaboration avec les organismes de réglementation du génie provinciaux et territoriaux. Ces guides sont destinés à favoriser des pratiques uniformes à l'échelle du pays. Ce ne sont pas des règlements ni des règles. Ils visent à définir et à expliquer certains aspects de l'exercice et de la réglementation du génie au Canada.

Les guides nationaux et documents d'Ingénieurs Canada n'établissent pas de norme légale de diligence ou de conduite et ne comprennent ni ne constituent d'avis juridique ou professionnel
Au Canada, le génie est réglementé par les organismes de réglementation du génie en vertu des lois provinciales et territoriales. Ces organismes sont libres d'adopter, entièrement ou en partie, les recommandations contenues dans les guides nationaux et les documents d'Ingénieurs Canada ou de ne pas les adopter. Il revient à l'organisme de réglementation de la province ou du territoire où exerce ou envisage d'exercer l'ingénieur de décider du bien-fondé d'une pratique ou d'une ligne de conduite.

À propos de ce document d'Ingénieurs Canada
Ce document d'Ingénieurs Canada national a été préparé par le Bureau canadien des conditions d'admission en génie (BCCAG) en concertation avec les organismes de réglementation et il est destiné à fournir des orientations à ces organismes. Le lecteur est invité à consulter en même temps les lois et règlements pertinents de l'organisme de réglementation dont il dépend.

À propos d'Ingénieurs Canada
Ingénieurs Canada est l'organisme national constitué des ordres provinciaux et territoriaux qui sont chargés de réglementer l'exercice du génie au Canada et de délivrer les permis d'exercice aux 295 000 membres de la profession.

À propos du Bureau canadien des conditions d'admission en génie
Le Bureau canadien des conditions d'admission en génie est un comité du conseil d'Ingénieurs Canada composé de bénévoles. Il a pour rôle d'offrir du leadership national et des recommandations aux organismes de réglementation en ce qui concerne l'exercice du génie au Canada. À cet égard, il élabore à l'intention des organismes de réglementation et du public des guides et des documents d'Ingénieurs Canada qui permettent d'évaluer les compétences en génie, facilitent la mobilité des ingénieurs et favorisent l'excellence en matière d'exercice et de réglementation du génie.

À propos de l'équité, la diversité et l'inclusion
Par sa nature, le génie est une profession de collaboration. Les ingénieurs collaborent avec des personnes d'horizons divers pour s'acquitter de leurs obligations, de leurs tâches, et de leurs responsabilités professionnelles. Bien que le changement culturel soit une responsabilité collective, les ingénieurs ne sont pas censés s'attaquer à ces questions de façon indépendante. Ils peuvent donc solliciter l'expertise de professionnels de l'équité, de la diversité et de l'inclusion (EDI), et faire appel à des personnes ayant une expertise en matière de changement culturel et de justice, et sont encouragés à le faire.

Résumé

Le climat change. Les données de calcul climatiques historiques deviennent de moins en moins représentatives du climat futur. Il est possible que l'on sous-estime considérablement de nombreux risques climatiques. Les ingénieurs ne peuvent pas supposer que l'avenir sera similaire au passé. On ne peut pas se contenter de projeter les tendances climatiques historiques dans l'avenir pour planifier, concevoir, exploiter et entretenir les infrastructures.

D'après les preuves scientifiques les plus fiables, le climat de la planète connaît une évolution sans précédent et des facteurs contribuant à ce changement sont les émissions de gaz carbonique et d'autres gaz à effet de serre résultant de l'activité humaine. Les changements météorologiques survenus dernièrement sont liés à l'augmentation de la fréquence de phénomènes climatiques extrêmes et d'autres impacts significatifs qui devraient s'accélérer au fil du temps. On prévoit que toute atténuation des changements climatiques d'origine anthropique sera profitable grâce à ses multiples avantages combinés, dont les suivants :

- La réduction de la pollution atmosphérique;
- La réduction de l'utilisation de l'énergie à laquelle on s'attend en raison des changements climatiques;
- La réduction de la perturbation au sein de la société en raison des risques menaçant les zones côtières et des phénomènes climatiques extrêmes et, par conséquent, la réduction dans le degré d'adaptation nécessaire;
- L'amélioration du bien-être physique et mental;

»Le maintien de la biodiversité.

Les ingénieurs ont un rôle essentiel à jouer et d'importantes responsabilités à assumer pour contribuer à orienter la société dans ses efforts d'adaptation à ces changements et de réduction des émissions de gaz à effet de serre afin d'atténuer les changements climatiques. L'accélération des changements climatiques comporte des défis, des occasions et des risques nouveaux et croissants dont les ingénieurs devront tenir compte pour assumer leurs responsabilités professionnelles.

Ingénieurs Canada et ses ordres constituants (les organismes de réglementation du génie) sont déterminés à sensibiliser les gens aux émissions de gaz à effet de serre et à mieux faire connaître les impacts potentiels des changements climatiques qui touchent l'exercice du génie. Ils s'engagent à fournir de l'information et de l'aide aux ingénieurs pour la prise en compte des conséquences de ces changements sur leur exercice professionnel. Les ingénieurs sont encouragés à se tenir informés des changements climatiques et de l'évolution constante des technologies et à tenir compte des impacts potentiels sur leurs activités professionnelles.

Le présent guide national vise à informer les ingénieurs des principes directeurs et des mesures à prendre pour réagir aux conséquences des changements climatiques sur leur exercice professionnel et, fait plus essentiel encore, de consigner clairement les résultats de ces considérations. Plus particulièrement, le présent guide établit des concepts et des principes et généraux destinés à informer les professionnels du génie sur la pertinence de l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de ces derniers pour l'exercice de la profession.

Le guide consiste en onze principes représentant la portée de l'exercice professionnel des ingénieurs pour atténuer les changements climatiques et prendre des mesures à cet égard qui appuient la durabilité et la résilience des systèmes d'ingénierie, surtout en ce qui a trait aux infrastructures civiles et aux bâtiments. Les principes sont regroupés dans trois catégories :

Première catégorie : Jugement professionnel

Premier principe : Intégrer l'adaptation aux changements climatiques et la résilience dans l'exercice du génie

Deuxième principe : Intégrer l'atténuation des changements climatiques dans l'exercice du génie

Troisième principe : Évaluer la pertinence des normes actuelles

Quatrième principe : Exercer un jugement professionnel

Deuxième catégorie : Partenariats

Cinquième principe : Interpréter l'information climatique

Sixième principe : Insister sur l'innovation en matière d'atténuation et d'adaptation

Septième principe : Travailler avec des spécialistes et des intervenants

Huitième principe : Utiliser un langage efficace

Troisième catégorie : Règles d'exercice

Neuvième principe : Planifier en fonction de toute la durée de vie et la résilience

Dixième principe : Appliquer les principes de gestion des risques pour tenir compte des incertitudes

Onzième principe : Surveiller l'évolution des responsabilités juridiques

Les principes décrits viennent appuyer un jugement professionnel éclairé pour l'exercice du génie. L'adaptation aux changements climatiques et leur atténuation offrent des occasions d'économiser, de maintenir les niveaux des services et de protéger la santé et la sécurité publiques.

Précisions linguistiques

Dans les guides nationaux, on emploie le mot *devrait* pour indiquer que, parmi plusieurs possibilités, l'une est particulièrement recommandée, sans que ne soient nécessairement mentionnées ou exclues les autres possibilités; ou qu'une ligne de conduite est recommandée mais pas forcément exigée; ou encore (dans la forme négative), qu'une certaine ligne de conduite est déconseillée sans toutefois être interdite (*devrait* signifie *il est recommandé que*). Le mot *peut* est employé pour indiquer qu'une ligne de conduite est permise dans les limites du guide (*peut* signifier *est autorisé à*).

Il est recommandé aux organismes de réglementation du génie souhaitant adopter, en totalité ou en partie, une version de ce guide de remplacer le mot « devrait » par le mot « doit » pour indiquer les exigences à

respecter. On les encourage à faire des renvois et indiquer des liens vers les lois, politiques et réglementations provinciales ou territoriales applicables qui obligent à tenir compte des changements climatiques.

Nous avertissons les organismes de réglementation du génie qui souhaitent citer, plutôt qu’adopter ce guide, en totalité ou en partie, que les guides nationaux sont élaborés sur une base volontaire et ne lient aucunement les organismes de réglementation du génie ni les ingénieurs.

1. Introduction

1.1 Aperçu

La première tâche de l’ingénieur est de privilégier la sécurité, la santé et le bien-être du public ainsi que la protection de l’environnement et de promouvoir la santé et la sécurité en milieu de travail.

L’état actuel des connaissances scientifiques indique que le climat évolue et continuera d’évoluer et que cette tendance est vraisemblablement accélérée par les émissions de gaz à effet de serre d’origine anthropique. En outre, il semble que les changements climatiques aient entraîné des changements dans les phénomènes météorologiques extrêmes au cours des cinquante dernières années, comme des vagues de chaleur, des températures maximales records et, dans bien des régions, des précipitations abondantes (Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat, 2014). Dans son rapport intitulé « Gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l’adaptation au changement climatique » (2012), le GIEC indique que des phénomènes météorologiques extrêmes, ou même une série de phénomènes non extrêmes, combinés à des vulnérabilités sociales et à une exposition aux risques peuvent produire des catastrophes liées au climat [1].

Des changements dans les conditions climatiques, en particulier des régimes climatiques qui dévient des plages climatiques historiques, peuvent avoir des effets négatifs sur l’intégrité de la conception, de l’exploitation et de la gestion des systèmes d’ingénierie. Dans certains cas, le changement des conditions climatiques entraîne des impacts posant des risques qui n’ont pas été pris en compte. L’ingénieur doit prendre toutes les mesures raisonnables pour s’assurer que ces systèmes anticipent les impacts des changements climatiques de façon appropriée.

Il revient à l’ingénieur d’évaluer et de réduire ces risques au minimum dans le cadre de son travail, ce qui comprend agir en conseiller fiable auprès du client tout en cherchant l’équilibre entre les besoins du client et le budget du projet. Cette compréhension impose à la profession la responsabilité de faire preuve de diligence raisonnable en tenant compte des changements climatiques dans les ouvrages d’ingénierie. Cela se fait de deux façons. Premièrement, les ingénieurs et les personnes qui font appel à eux pour la conception d’installations et d’infrastructures publiques devront tenir compte des changements climatiques dans leur travail afin de garantir la santé et la sécurité du public. Deuxièmement, les ingénieurs qui n’exercent pas toute la diligence nécessaire en ce qui concerne l’évolution du climat risquent d’être tenus personnellement ou conjointement responsables des défaillances ou des dommages provoqués par les impacts des changements climatiques sur les systèmes d’ingénierie. Selon les ouvrages scientifiques, on observe des écarts importants par rapport aux moyennes climatiques historiques à l’échelle mondiale et c’est pourquoi la conception doit tenir compte des extrêmes climatiques dans les cadres d’exploitation prévus pour leur conception.

Les ingénieurs ont un rôle important à jouer dans l’atténuation de la progression et l’ampleur des changements climatiques dans la mesure du possible grâce à la réduction des gaz à effet de serre (GES). Au Canada, le milieu réglementaire, tant au plan fédéral que provincial, prescrit des mesures visant à réduire, contrôler et signaler les émissions et les réductions de GES en plus d’élaborer des mécanismes de fixation des prix et de mise en marché du carbone. Les ingénieurs jouent un rôle essentiel dans l’élaboration et la mise en œuvre de stratégies et de technologies destinées à réduire les émissions de carbone.

Les ingénieurs ont des responsabilités et des tâches très variées. Beaucoup d’entre eux prennent part à différents types de développement économique et de développement de produits qui doivent être rentables, de même que responsables tant sur le plan social qu’environnemental. Les ingénieurs créent de nouveaux projets et de nouvelles infrastructures et maintiennent les installations existantes en état de fonctionner de manière efficace et efficiente. Ils explorent des ressources et conçoivent des méthodes économiques et durables pour les exploiter.

Les ingénieurs travaillent en tant qu’employés, employeurs, agents d’approvisionnement et de sélection, chercheurs, experts, consultants, et ont aussi un rôle de réglementation et de gestion. Ils travaillent souvent en équipe lorsqu’ils doivent collaborer avec d’autres spécialistes au sein d’équipes multidisciplinaires. Un ingénieur peut ou non avoir le contrôle d’un projet, ou en être l’unique responsable. Dans la mesure du possible, les ingénieurs devraient comprendre et gérer les aspects du projet liés à la santé et à la sécurité du public.

Les ingénieurs sont censés faire preuve de jugement professionnel et de diligence raisonnable dans l’exécution de leur travail. Cette règle s’applique à l’exercice de la profession conformément au Code de déontologie des organismes de réglementation qui ont octroyé le permis, de même qu’aux lois provinciales et fédérales, à la restriction de l’exercice aux domaines d’expertise personnelle et à l’exercice en conformité avec les normes établies.

Les ingénieurs peuvent ou non être directement dirigés par d’autres ingénieurs. Quel que soit le cas, les ingénieurs s’attendront à être encouragés à prendre des décisions qui tiennent compte des changements

climatiques, même si les données relatives à ces changements sont peu nombreuses. La direction et les autres membres de l'équipe ont également une responsabilité sociale quant à la conception, la construction, l'exploitation et la gestion de systèmes d'ingénierie sécuritaires susceptibles de subir les impacts de l'évolution du climat.

Les lois et règlements en matière d'adaptation aux changements climatiques et d'atténuation évoluent rapidement. Parallèlement à cette réglementation, les ingénieurs doivent disposer d'un guide pour la prise en compte des changements climatiques dans leur travail professionnel. Le présent guide vise à répondre à ce besoin.

1.2 Restrictions

Bien que les ingénieurs aient l'obligation d'informer leurs clients ou employeurs des questions relatives à l'adaptation aux changements climatiques, à l'atténuation et à la résilience susceptibles d'avoir une incidence sur les activités professionnelles dont ils sont responsables, ils n'ont souvent pas le pouvoir nécessaire pour veiller à ce que les mesures appropriées soient prises.

On ne s'attend pas à ce que les ingénieurs dépassent l'étendue de leurs pouvoirs dans la prise en compte des incidences de l'adaptation aux changements climatiques ou des efforts d'atténuation sur les systèmes d'ingénierie. Les ingénieurs ne sont pas responsables de mettre en œuvre des solutions qui tiennent compte de l'adaptation aux changements climatiques si l'étendue de leurs pouvoirs l'empêche de le faire. C'est le client ou l'employeur qui détermine l'étendue de ces pouvoirs.

Même si les ingénieurs présentent les possibilités quant à la mise en œuvre de solutions qui tiennent compte de l'adaptation aux changements climatiques ou de leur atténuation et les justifient, il revient aux clients ou aux employeurs de décider de la forme de ces solutions. Néanmoins, en raison des obligations professionnelles, les ingénieurs peuvent et doivent signaler adéquatement à leur employeur ou à leur client les risques associés au non-respect des recommandations concernant l'adaptation aux changements climatiques et leur atténuation. Ces recommandations doivent être clairement consignées dans les dossiers appropriés.

S'il y a lieu, en raison des incidences à long terme sur la sécurité publique et/ou l'environnement causées par le non-respect des recommandations, il peut être nécessaire pour les ingénieurs de communiquer les préoccupations à plus grande échelle après avoir épuisé tous les autres moyens, y compris la communication à l'interne avec le client ou l'employeur.

1.3 Portée

Ce guide national est de nature strictement consultative et vise à aider les ingénieurs à trouver l'équilibre entre des intérêts contradictoires essentiel à l'exercice de la profession.

Les connaissances scientifiques internationales sur les changements climatiques ont avancé au point qu'il est reconnu que les émissions de gaz à effet de serre accélèrent la variabilité du climat, ce qui nécessite des efforts d'atténuation de ces impacts. Les mesures d'efficacité énergique, l'utilisation d'énergie renouvelable et les technologies innovatrices à faible émission de carbone sont trois principes qui peuvent soutenir l'atténuation des risques reliés aux changements climatiques.

1.4 Objet

L'objectif de ce guide national est d'informer et de guider les ingénieurs, les détenteurs d'un certificat d'autorisation ou d'un permis d'exercice et les firmes de génie-conseil et de les encourager à faire preuve d'initiative dans la gestion des impacts des changements climatiques sur les systèmes d'ingénierie. Le document fournit également une base pour la compréhension et l'acceptation des définitions des principaux termes et concepts appliqués dans l'évaluation des risques liés au climat. Il suggère l'adoption de mesures d'efficacité énergétique, d'options d'énergie renouvelable ainsi que de technologies à faible émission de carbone et d'autres stratégies novatrices afin de réduire les émissions de GES et de soutenir les efforts en vue de réduire le rythme des changements et des variations de notre climat à l'avenir. Ce guide offre une interprétation réfléchie des responsabilités des ingénieurs quant à l'adaptation aux changements climatiques et à leur atténuation.

1.5 Définitions

Le guide utilise des termes que les ingénieurs ne sont pas susceptibles d'utiliser dans leurs activités quotidiennes. Ces termes sont définis à l'annexe A. Au fil des mises à jour de ce document, des définitions seront ajoutées au besoin.

2. Les ingénieurs et l’adaptation aux changements climatiques

En vertu de leur code de déontologie [3], les ingénieurs sont tenus de :

> *Privilégier la sécurité, la santé et le bien-être du public, de même que la protection de l’environnement, et de promouvoir la santé et la sécurité au travail*

et de :

> *connaître les conséquences des activités ou des projets d’ingénierie sur la société et l’environnement et de s’assurer que les clients et les employeurs les connaissent, et de s’efforcer d’expliquer les questions techniques au public de façon honnête et objective.*

Ces attentes imposent aux ingénieurs un devoir de diligence et fournissent la base d’une méthode pour s’acquitter de leurs responsabilités professionnelles. En d’autres termes, les ingénieurs doivent être soucieux des aspects de leurs activités professionnelles liés à la santé et la sécurité publiques et sont également tenus de divulguer les problèmes qui pourraient compromettre l’intégrité de leur travail professionnel.

Le professionnel a la responsabilité de s’assurer que son travail tient compte de préoccupations qui peuvent raisonnablement être établies en se basant sur l’état des connaissances au moment de réaliser un travail d’ingénierie. Mentionnons que le mot « raisonnable » est utilisé tout au long du document. Dans l’exercice du génie, nous définissons « raisonnable » par rapport à la norme d’exercice. On s’attend donc à ce que le comportement des ingénieurs se rapproche de l’opinion de la communauté professionnelle quant à la manière dont un membre devrait se comporter en pareilles circonstances.

Il convient de noter que le présent guide n’exige pas que le professionnel soit un expert. Elle est plutôt fondée sur la façon dont un ingénieur type, possédant un niveau d’expérience et de formation normal, s’acquitterait de ses responsabilités. Cela ne dégage toutefois pas l’ingénieur de sa responsabilité de se tenir au fait de l’incidence la climatologie sur l’exercice de sa profession. En réalité, il incombe à l’ingénieur de se renseigner sur les projections climatiques, sur les outils d’adaptation et d’atténuation et les ressources pertinentes à son travail afin de pouvoir :

- »Placer la santé et la sécurité du public en premier lieu;
- »Assurer la protection de l’environnement;
- »Offrir des services à ses clients en tenant compte de l’évolution du climat le cas échéant.

Cet apprentissage peut se faire en prenant part à des activités de développement continu, en assistant à des colloques, des cours, des ateliers, des séminaires, des webinaires et des exposés techniques, et par de l’autoformation. Dans l’exercice de sa profession, lorsque l’ingénieur détermine qu’un domaine d’exercice dépasse l’étendue de sa formation et de son expertise, il est tenu de solliciter l’aide et les conseils d’autres professionnels compétents possédant cette expertise.

Il est important de comprendre que les ingénieurs ont une norme d’exercice plus élevée que les personnes qui ne sont pas de la profession. Ils possèdent plus d’années de formation et d’expérience en génie et ont des compétences particulières pour cerner les problèmes susceptibles de compromettre les conséquences de leur travail sur la santé et la sécurité du public et à y répondre. De cette manière, les ingénieurs seront normalement tenus de respecter une norme d’exercice plus élevée que les non-professionnels, mais moins élevée que les experts. Cette question est assez mal définie et fait l’objet d’un examen régulier au sein des organismes de réglementation de la profession d’ingénieur et de la profession juridique. À mesure que le corpus de connaissance augmente, les nouvelles connaissances acquises par les experts sont généralement adoptées dans l’exercice normal du génie. Par conséquent, la mesure d’une norme d’exercice raisonnable continuera d’évoluer au fil du temps. C’est la raison fondamentale pour laquelle les codes et les normes font sans cesse l’objet d’examens et de révisions.

Le présent guide propose une série d’objectifs que les ingénieurs devraient intégrer à leur exercice pour refléter leur compréhension que le climat change et que les données météorologiques et climatiques historiques traditionnellement utilisées par les professionnels peuvent devoir être ajustées. Ces ajustements tiendraient compte des changements climatiques en fonction de méthodes et de projections scientifiquement défendables documentées dans le cadre du processus d’ingénierie. Le présent guide énonce les principes à suivre pour faire preuve de diligence raisonnable en ajustant les pratiques d'ingénierie normales pour aborder raisonnablement la question des risques climatiques, compte tenu du niveau actuel de compréhension de la question.

3. Principes du guide national

Les principes présentés dans ce guide national sont divisés en trois catégories. Chaque catégorie comprend plusieurs principes que les ingénieurs devraient appliquer dans leur exercice professionnel.

Les onze principes constituent l'exercice professionnel nécessaire pour déclencher des mesures d'adaptation aux changements climatiques qui amélioreront la résilience tout en réduisant le rythme et l'ampleur des changements. Chaque principe est décrit selon le format ci-après :

- Une description du principe;
- Des explications;
- Des suggestions de stratégies de mise en application du principe avec des exemples à titre de référence et à des fins de planification.

Les ingénieurs peuvent définir d'autres stratégies ou décider que seule une partie des stratégies proposées est nécessaire ou appropriée.

3.1 Premier principe : Intégrer l'adaptation aux changements climatiques et la résilience dans l'exercice du génie

Tous les ingénieurs sont responsables et doivent participer

Les ingénieurs devraient intégrer une compréhension de l'impact des changements climatiques et des conditions météorologiques et le principe de la résilience dans les activités quotidiennes de conception, de planification, d'approvisionnement, d'exploitation et d'entretien dont ils sont responsables. Ces activités représentent l'étendue du travail de génie.

3.1.1 Explications

Les ingénieurs participent à de nombreuses facettes de l'économie canadienne. Il faut prendre conscience de cette réalité pour apporter des changements significatifs dans l'exercice de la profession. Il serait difficile et inefficace de changer les attentes professionnelles dans un seul élément de la chaîne de conception, d'approvisionnement, de construction et d'exploitation. Les professionnels ne peuvent mettre en place des mesures d'adaptation que si la nécessité de ces mesures est généralement acceptée.

Améliorer la résilience de systèmes d'ingénierie comme les infrastructures civiles aux impacts des conditions météorologiques extrêmes et des changements climatiques sert de base à l'acceptation plus large de mesures d'adaptation. D'après le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014), la résilience est « la capacité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux à résister à un phénomène dangereux ou à une tendance ou une perturbation dangereuse en réagissant ou en se réorganisant d'une façon qui a pour effet de conserver leur fonction, identité et structure essentielles tout en maintenant la capacité d'adaptation, d'apprentissage et de transformation ». Il convient de noter que les termes « résilience climatique » et « résilience écologique » font aussi actuellement l'objet de discussions à propos de l'état de préparation du secteur public à affronter des situations d'urgence et à les gérer.

Les défaillances des actifs entraînent des risques (perturbations) au niveau des services, risques qui posent à leur tour des risques pour la communauté (sur les plans de la santé, de la sécurité, et de l'économie et du bien-être collectif et environnemental). Les risques pour la communauté sont réduits grâce à des redondances et à la préparation aux situations d'urgence. La résilience des infrastructures dépend du genre de menace et de la vulnérabilité de l'actif à cette menace, ainsi que des plans de rétablissement. L'établissement d'objectifs de résilience exige l'évaluation :

- De la robustesse : la force ou la résistance inhérente d'un système à des contraintes extérieures sans dégradation ni perte de fonctionnalité;
- De la redondance : les propriétés du système permettant des options, des substitutions et des choix différents sous la contrainte;
- De l'esprit d'initiative : la capacité à mobiliser les ressources et services nécessaires en cas d'urgence;
- De la rapidité : la vitesse à laquelle on peut parvenir à régler la perturbation et à rétablir la sécurité, les services et la stabilité financière.

Les ingénieurs qui exercent dans chaque secteur de l'économie canadienne devraient pour cela intégrer les considérations d'adaptation aux changements climatiques et de résilience dans leurs activités. Il est déraisonnable d'imposer cette obligation, dans sa totalité, au groupe beaucoup moins nombreux de

professionnels qui exercent essentiellement des fonctions de conception. Sans le soutien du reste de la profession, ces praticiens risquent de ne pas pouvoir obtenir l'approbation requise pour mettre de l'avant des mesures d'adaptation qui respecteraient ou dépasseraient les codes, les normes ou les directives professionnelles, en particulier si ces changements font augmenter le coût global des projets.

Il est particulièrement important pour les ingénieurs qui occupent des postes décisionnels en ce qui a trait à l'intégration de mesures d'adaptation de comprendre les impacts négatifs potentiels des changements climatiques. Ces professionnels établissent le cadre dans lequel d'autres professionnels doivent fonctionner. Ils devraient établir des objectifs organisationnels qui reconnaissent que les changements climatiques peuvent nécessiter que l'exercice professionnel dépasse les codes, les normes et les directives professionnelles. Le fait de reconnaître et de soutenir ces objectifs organisationnels peut favoriser l'acceptation de coûts de projets plus élevés pour l'adaptation aux changements climatiques. En établissant ce cadre, le décideur permet à ses subordonnés et aux entrepreneurs de prendre des mesures raisonnables pour tenir compte des changements climatiques dans leurs activités professionnelles.

En même temps, ces professionnels qui occupent des postes en approvisionnement, qui établissent les spécifications de projet et qui examinent les propositions concurrentielles devraient exiger que les impacts climatiques actuels et futurs sur leurs projets soient pris en compte. La construction d'infrastructures durables qui seront fonctionnelles durant toute leur durée de vie sans interruption ni dommages importants diminuera le coût global du cycle de vie.

Le fait de ne pas prendre en considération les impacts des changements climatiques dans la portée du projet ne permettra pas d'éviter les coûts du cycle de vie. Les coûts liés aux dommages et aux interruptions de service à venir pourraient dépasser de loin les coûts additionnels d'une anticipation de l'évolution du climat. Les ingénieurs qui participent à l'approvisionnement et aux spécifications pour les infrastructures, et qui conseillent d'autres personnes qui le font, devraient recommander de tenir compte des considérations climatiques. Les ingénieurs qui occupent des postes de direction ou qui conseillent du personnel de direction devraient recommander d'allouer suffisamment de ressources financières ou de proposer des mesures incitant à l'évaluation pour faciliter l'intégration des considérations climatiques.

Enfin, les ingénieurs qui occupent des postes liés à l'entretien et l'exploitation constatent les impacts des changements climatiques. Ils devraient travailler pour garantir l'exploitation prolongée des systèmes dont ils sont responsables. Ils devraient aussi indiquer clairement aux autres professionnels et gestionnaires/propriétaires les impacts auxquels ils font face. Ces professionnels ont la capacité et l'expérience nécessaires pour apporter des changements pertinents à leurs politiques et procédures ainsi qu'à leurs activités, codes, normes et lignes directrices professionnelles afin d'atténuer les impacts à long terme.

Les ingénieurs s'appuient sur le travail d'autres ingénieurs pour valider leur travail. Il est essentiel que la profession dans son ensemble crée un cadre dans lequel l'adaptation à l'évolution du climat fait non seulement partie intégrante de l'exercice quotidien, mais est également un principe directeur de l'exercice professionnel.

3.1.2 Stratégies

Les stratégies suivantes peuvent aider les ingénieurs à tenir compte des changements climatiques dans leur champ d'exercice et à s'adapter à ces changements afin d'améliorer la résilience. Ces considérations varieront considérablement selon les disciplines et la nature des activités ou des tâches d'ingénierie réalisées. Les ingénieurs n'auront pas tous besoin du même niveau d'intégration dans leur exercice; cependant, presque tous ceux qui exercent directement ou indirectement un travail lié à tout type d'infrastructure et au milieu bâti devraient être au courant de l'enjeu des changements climatiques et toujours prendre en considération la possibilité que leur travail soit touché par le climat actuel et futur et de quelque façon que ce soit.

Pour les concepteurs, la nécessité d'intégrer les changements climatiques à leurs travaux d'ingénierie grâce à des considérations d'adaptation et de résilience peut se réaliser en prenant les mesures suivantes :

1. Indiquer les prévisions des changements climatiques et les impacts potentiels pour la région où le projet a lieu;
2. Examiner les aspects du projet sur lesquels l'ingénieur croit qu'il pourrait y avoir des impacts;
3. Décrire de façon détaillée ce qui a été fait dans la conception pour réduire ces impacts;
4. Analyser les codes, politiques et règlements pertinents au climat à l'échelle nationale, provinciale et municipale établissant le niveau de risque acceptable et déterminant le degré de tolérance au risque du client;
5. Décrire de façon détaillée les procédures d'exploitation, d'entretien et d'inspection supplémentaires/révisées qui sont recommandées au cours du cycle de durée de vie utile du projet;
6. Mettre de l'avant des politiques et procédures destinées à rétablir les interruptions de service, les pertes de fonctionnalité ou à réparer les dommages résultant de phénomènes météorologiques extrêmes.

Toutes les disciplines du génie devraient exercer leur jugement professionnel pour modifier les mesures ci-dessus de manière à ce qu'elles soient adaptées à la tâche ou à la circonstance particulière.

Les stratégies additionnelles suivantes sont suggérées à titre de bonnes pratiques. La liste n'est pas exhaustive et les suggestions ne sont peut-être pas toutes appropriées à chaque situation. On encourage les ingénieurs à examiner et à mettre en œuvre d'autres stratégies adéquates que celles énumérées ci-dessous et à communiquer toute pratique efficace ou amélioration à leur organisme de réglementation et à Ingénieurs Canada pour qu'elle puisse être insérée dans la prochaine édition de ce guide.

- Tenir un registre des stratégies mises en œuvre dans le cadre de l'exercice quotidien pour faciliter la résolution des problématiques liées aux changements climatiques.
- S'il y a lieu, entreprendre des études et une formation sur le climat et la météorologie afin d'avoir des connaissances scientifiques sur les stratégies d'adaptation aux changements climatiques.
- Si un ingénieur est responsable d'élaborer les spécifications d'un ouvrage d'ingénierie, les spécifications devraient expressément tenir compte des éléments suivants :
  - Prendre en considération la durabilité et la résilience des infrastructures sur un horizon à long terme pendant leur durée de vie utile prévue;
  - En approvisionnement, prévoir des marges afin de laisser place aux mesures d'adaptation aux changements climatiques;
  - En gestion, être réceptif aux recommandations concernant le risque climatique et destinées à améliorer la résilience.
- Revoir les procédures et les pratiques d'exploitation, d'entretien et de gestion et les adapter au besoin afin de tenir compte des risques climatiques futurs et de s'assurer que toutes les mesures de réduction prises conservent l'efficacité initialement prévue.
- Envisager des approches qui permettent de mettre en équilibre les considérations économiques, environnementales et sociales (durabilité) pour la recommandation et la mise en œuvre de mesures d'adaptation.
- Expliquer la solution au client sur le plan économique, c.-à-d. en utilisant la valeur actuelle nette, et les coûts en investissement différentiels et en estimant les coûts évités, afin de faciliter la prise de décision.
- Établir clairement la nécessité de définir des mesures d'adaptation aux changements climatiques dans les travaux d'ingénierie donnés à forfait et mettre en évidence les propositions qui comprennent de telles recommandations.
- Dans la définition des conditions relatives à l'évaluation des impacts environnementaux, inclure la nécessité d'établir clairement et d'expliquer les impacts des changements climatiques sur le projet.

3.2 Deuxième principe : Intégrer l'atténuation des changements climatiques dans l'exercice du génie

Tous les ingénieurs ont la responsabilité de réduire les émissions de gaz à effet de serre

Les ingénieurs devraient examiner et évaluer des options de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère des exploitations et installations actuelles lorsque c'est possible. Dans le cas de nouvelles installations, ils devraient étudier la possibilité et le potentiel d'une amélioration de l'efficacité énergétique, de l'adoption d'options d'énergie renouvelable et/ou du remplacement par des technologies à faible émission de carbone et des puits de carbone.

3.2.1 Explications

On constate un consensus de plus en plus grand sur le fait que le comportement humain provoque un changement du climat de la planète. À l'échelle mondiale, réduire les 30 milliards de tonnes métriques d'émissions annuelles de dioxyde de carbone [2] en provenance de sources fixes ou mobiles est une tâche gigantesque présentant à la fois des difficultés technologiques et des coûts financiers et sociétaux colossaux.

Selon la définition donnée par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), l'atténuation est une intervention destinée à réduire les sources de gaz à effet de serre ou à améliorer les puits de ces gaz. Ainsi, il est possible de réduire les sources de multiples façons, notamment par une utilisation plus efficace des carburants fossiles, le passage à des sources d'énergie renouvelable et la réduction de l'empreinte carbone des bâtiments. Quant aux puits, il s'agit des forêts, de la végétation ou des sols capables d'absorber le dioxyde de carbone.

Les ingénieurs déterminent, mettent au point et utilisent les meilleures solutions technologiques touchant l'existence quotidienne de tous les citoyens de la planète. Les pratiques actuelles d'atténuation vont de la

conservation de l'énergie, des conversions à des énergies neutres en carbone, des procédés de combustion du carbone perfectionnés ne produisant pas de gaz à effet de serre et/ou permettant la capture et la séquestration du carbone à d'autres technologies de pointe dans le domaine des énergies renouvelables. Les difficultés entourant l'atténuation des changements climatiques mettent en jeu de nombreuses disciplines scientifiques et technologies.

Les ingénieurs ont la capacité et le devoir d'assumer le leadership de l'atténuation des changements climatiques et d'amener la société vers les énergies renouvelables. Les coûts énergétiques vont grimper au fil du temps étant donné qu'on ne tient actuellement pas compte, dans le coût de l'énergie, des coûts de la capture et de l'entreposage du carbone ni des effets néfastes des changements climatiques. Toutes les disciplines du génie doivent unir leurs efforts afin de s'assurer de progrès plus rapides [4].

Le contrôle des émissions de gaz à effet de serre est au cœur de l'atténuation des changements climatiques. Cela peut impliquer des mesures comme la substitution de matières, la modification de procédés, les contrôles des procédés, les technologies de remplacement et l'innovation. Par la suite, l'atténuation relèvera en grande partie des mesures prises par les secteurs concernés.

Les ingénieurs sont tenus de tenir compte des éléments suivants afin d'atténuer les changements climatiques [4] :

- Le projet engendre-t-il des émissions de GES ou affecte-t-il l'élimination du dioxyde de carbone de l'atmosphère?
- Dans quelle mesure a-t-on tenu compte des émissions de GES dans la planification du projet?
- Est-il possible d'adapter le projet de manière à réduire ses effets néfastes sur les changements climatiques?
- Quelles mesures est-il possible de prendre pour évaluer et améliorer le rendement climatique en cours d'exploitation?

La contribution de l'ingénierie à l'atténuation du carbone devrait comprendre une approche globale de la détermination et du perfectionnement des technologies dans le cadre des thèmes suivants [5] :

- Les mesures d'économies d'énergie ou d'efficacité énergétique;
- Des normes destinées à encourager l'utilisation de matériaux durables et d'énergies renouvelables;
- Des technologies et des carburants de rechange;
- La propulsion électrique, en particulier pour les véhicules;
- Le transport, la distribution et l'entreposage d'électricité à l'aide de réseaux intelligents;
- Les technologies de capture du carbone respectueuses de l'environnement;
- La gestion des déchets nucléaires et la construction de centrales nucléaires de la prochaine génération.

En adoptant et en mettant en œuvre des technologies actuellement disponibles, il est possible de compenser en grande partie les augmentations prévisibles d'émissions de dioxyde de carbone attribuables à la population et à la croissance économique. Mieux encore, toutes les mesures contribueraient à compenser la hausse des coûts énergétiques [6].

De nombreuses technologies réduisent non seulement les émissions de carbone, mais aussi celles d'autres polluants qui contribuent à la pollution de l'atmosphère et des eaux. En mettant davantage l'accent sur la réduction des émissions de carbone, les ingénieurs peuvent apporter une contribution importante à l'objectif plus vaste et plus global de durabilité.

3.2.2 Stratégies

Au cours de la phase de l'approvisionnement d'un projet, il faudrait rechercher des occasions de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans tous les aspects du projet. Alors que l'intégration de mesures d'atténuation, comme une efficacité énergétique accrue ou de meilleurs puits d'émissions de gaz à effet de serre, peut augmenter les coûts initiaux d'un projet, les économies d'énergie qui en résulteront sur toute la durée de vie du projet pourraient compenser le coût initial plus élevé.

Les stratégies suivantes aideraient les ingénieurs à intégrer l'atténuation à leur champ d'exercice et à contribuer à l'atteinte des objectifs de durabilité. Toutes les disciplines du génie prenant part à des travaux de conception doivent tenir compte du risque d'émissions de carbone tandis que les ingénieurs civils, chimistes, en mécanique et en électricité devraient tenir compte de l'atténuation des changements climatiques dans pratiquement tous leurs projets. Les stratégies suivantes sont soumises à la réflexion pour chaque projet :

- Déterminer toutes les sources potentielles de gaz à effet de serre liées à la portée du projet.
- Étant donné les matériaux et les procédés utilisés sur place, quantifier les émissions potentielles de GES.
- Chercher des occasions d'améliorer l'efficacité énergétique ou de réduire la consommation d'énergie ainsi qu'évaluer des options de recours à des énergies renouvelables.
- Comparer le niveau des émissions potentielles de GES à celui résultant d'autres technologies et approches.
- Suggérer le recours à des technologies minimisant les émissions de GES.
- Examiner des options de contrôle des GES au besoin.
- Veiller à harmoniser les technologies recommandées avec les autres exigences relatives à la gestion.
- Envisager des possibilités d'atténuation par le remplacement de matériaux, la modification des procédés, le contrôle des procédés et d'autres innovations.

Toutes les disciplines du génie devraient faire preuve de jugement professionnel pour modifier les mesures ci-dessus en fonction du projet en question. Les mesures énoncées ne sont pas toutes nécessaires ou économiques dans tous les cas.

Les stratégies additionnelles suivantes sont suggérées à titre de bonnes pratiques. La liste n'est pas exhaustive et les suggestions ne sont peut-être pas toutes appropriées à la situation en cause. On encourage les ingénieurs à examiner et à mettre en œuvre d'autres stratégies que celles énumérées ci-dessous et à communiquer toute pratique efficace ou amélioration à leur organisme de réglementation et à Ingénieurs Canada pour qu'elle puisse être insérée dans la prochaine édition de ce guide.

- Calculer le niveau de référence ou de statu quo des émissions de GES avant d'entreprendre un projet, quel qu'il soit.
- Évaluer le potentiel d'émission de GES durant la phase de planification du projet.
- Construire, installer et exploiter des systèmes destinés à surveiller et mesurer les émissions de GES dès le lancement du projet et pendant la phase d'exploitation.
- Examiner les autres technologies propres et rentables disponibles répondant aux exigences du projet.
- S'il y a lieu, entreprendre des études et une formation sur l'évolution des changements climatiques et sur l'état d'avancement des technologies de rechange afin de pouvoir faire des recommandations éclairées sur les mesures d'adaptation aux changements climatiques.
- Si un ingénieur est responsable d'élaborer les spécifications d'un ouvrage d'ingénierie, les spécifications devraient expressément tenir compte des éléments suivants :
  - Prendre en considération les impacts à long terme en matière de GES de l'approche rentable par rapport aux coûts associés à toute solution de rechange pouvant assurer une plus grande durabilité;
  - En approvisionnement, prévoir des marges afin de laisser place à des solutions plus durables comme une meilleure efficacité énergétique;
  - En gestion, prévoir des recommandations visant à réduire au minimum et éliminer les émissions de GES et à contribuer au développement durable.
- Revoir les procédures et les pratiques d'exploitation, d'entretien et de gestion et les adapter au besoin afin de réduire au minimum les émissions de GES.
- Envisager des approches qui permettent de mettre en équilibre les considérations économiques, environnementales et sociales (la durabilité) pour la recommandation et la mise en œuvre de mesures d'atténuation.
- Établir clairement la nécessité de définir des mesures d'atténuation des changements climatiques dans les travaux d'ingénierie donnés à forfait et retenir les propositions qui favorisent le développement durable.

Dans la définition des conditions relatives à l'évaluation des impacts environnementaux, inclure la nécessité d'établir clairement et d'expliquer les impacts des changements climatiques sur un projet.

3.3 Troisième principe : Évaluer la pertinence des normes actuelles

Examiner les codes et les normes applicables et conseiller les intervenants quant à leurs révisions et mises à jour potentielles

Les ingénieurs devraient examiner les normes de conception utilisées dans le cadre de leur exercice professionnel tant du point de vue de l'adaptation que de celui de l'atténuation. Ces normes, comme celles

portant sur l’efficacité énergétique, devraient représenter raisonnablement le climat anticipé et actuel auquel le système d’ingénierie devra faire face au cours de sa durée de vie utile. Il faudrait notamment examiner les normes portant sur l’efficacité énergétique afin de déterminer si elles reflètent les capacités technologiques actuelles ou si elles reposent sur une technologie moins efficace.

3.3.1 Explications

Étant donné l’impact potentiel des changements climatiques sur les ouvrages d’ingénierie, il n’est peut-être plus pertinent pour les professionnels de se fier uniquement à la véracité des codes, des normes et des directives professionnelles qui comprennent des hypothèses concernant le climat et la technologie disponible. Les professionnels devraient s’employer activement à ce que des changements soient adoptés dans les codes, normes et directives professionnelles, comme il convient.

Les ingénieurs doivent à tout le moins respecter les codes et normes publiés, même s’il semble que des changements peuvent être apportés de manière à respecter des exigences inférieures à celles d’un code ou d’une norme. Les codes et les normes servent d’exigences minimales et devraient être considérés comme un point de départ en vue de l’application à un ouvrage d’ingénierie.

Souvent, il faut dépasser ces exigences pour assurer la sécurité ou tenir compte de considérations climatiques futures relativement à une condition qui prévaut localement.

Les ingénieurs devraient examiner et remettre en question régulièrement les outils qu’ils utilisent dans leur exercice. Il s’agit d’un des résultats du premier principe, mais le but de ce principe dépasse l’évaluation d’un seul projet ou ouvrage réalisé par le professionnel. Il vise à assurer que les connaissances acquises dans le cadre de l’examen continu des outils professionnels sont mises en commun et, au bout du compte, représentées de façon universelle dans les outils des disciplines pertinentes. Lorsque les ingénieurs découvrent une irrégularité en ce qui a trait à un code, une norme ou une directive professionnelle, ils ont l’obligation de la communiquer à leur communauté professionnelle de manière à éviter qu’elle se glisse dans le travail d’autres professionnels et menace la santé et la sécurité du public.

L’obligation d’examiner les outils et les procédés touche également ceux qui sont utilisés par les ingénieurs dans l’exercice quotidien de leur profession, ce qui comprend les procédures, les codes d’exercice, les règles pratiques, etc. L’évaluation de ces outils devrait se faire dans le contexte de chaque situation dans laquelle l’outil est régulièrement utilisé par les ingénieurs. Les professionnels qui découvrent une modification mineure à l’outil utilisé doivent en faire part au groupe de professionnels qui utiliseraient normalement cet outil. Par exemple, les intervalles de récurrence historiques dans les statistiques disponibles sur les inondations reflètent-ils les tendances récentes des inondations? Dans bien des cas, la probabilité qu’un phénomène de pluie survienne une fois tous les cent ans, obtenue à partir de vieilles données historiques, peut ne pas refléter les inondations plus fréquentes des dernières années.

3.3.2 Stratégies

Les ingénieurs devraient avoir recours aux stratégies suivantes dans l’utilisation des codes et des normes, notamment informer les autres ingénieurs et les instances régissant l’application des codes et des normes lorsqu’un code ou une norme justifie une révision en vue d’un changement possible fondé sur des observations faites dans le cadre de l’exercice.

La liste n’est pas exhaustive et les suggestions ne sont peut-être pas toutes appropriées à la situation en cause. On encourage les ingénieurs à élaborer leurs propres stratégies efficaces et à en informer leur organisme de réglementation respectif et Ingénieurs Canada de manière à ce que le guide national puisse être mis à jour pour tenir compte des meilleures pratiques les plus récentes.

- Utiliser la version révisée la plus récente des lignes directrices, codes et normes d’exercice pertinents, qui servira de base de référence pour l’application des mesures d’adaptation aux changements climatiques et d’atténuation.
- Créer un dossier qui contient les ajustements apportés aux codes, aux normes et aux hypothèses pour tenir compte des changements climatiques ou refléter les améliorations apportées à la technologie. Selon le cas, communiquer les ajustements :
    - Auprès du service, de la division ou de l’entreprise;
    - Aux employés et aux clients;
    - Aux sociétés, associations ou groupes professionnels;
    - Aux organismes de normalisation et de réglementation responsables de l’élaboration des normes et des codes.

3.4 Quatrième principe : Exercer un jugement professionnel

Évaluer et documenter l'impact du climat et la résilience des ouvrages d'ingénierie et examiner les possibilités de faire progresser l'atténuation des changements climatiques.

Les ingénieurs devraient exercer une norme de jugement professionnel raisonnable pour s'assurer que les conditions des changements climatiques, la résilience et les occasions d'atténuation sont prises en compte dans leur pratique professionnelle.

3.4.1 Explications

Ce principe vise essentiellement à ce que les ingénieurs en arrivent à tenir compte des implications des changements climatiques tant du point de vue de l'adaptation que de celui de l'atténuation et à améliorer la résilience dans leur exercice professionnel. Ils devraient constituer des relevés clairs des résultats de ces considérations de façon à établir la logique qui sous-tend leur jugement professionnel.

Le concept de « facteur de sécurité » fait partie intégrante de l'exercice du génie et du jugement professionnel. Comment les ingénieurs calculent-ils le facteur de sécurité adéquat? Dans certains cas, comme ceux des réservoirs sous pression, les codes et les normes imposent des facteurs de sécurité minimaux. Mais ce n'est pas souvent le cas avec les changements climatiques

Le facteur de sécurité s'exprime généralement sous la forme d'un ratio de la « capacité à supporter la charge » de la structure par rapport à la charge prévue, qui est en l'occurrence la charge climatique. La charge peut être statique ou se présenter sous la forme d'un impact, de la fatigue, de l'usure/des dommages face à des phénomènes climatiques extrêmes ou d'une combinaison de ces facteurs. Le facteur de sécurité a pour but de s'assurer que la conception ne fasse pas défaut en cas de charges plus élevées que prévu ou de défaillances des matériaux ou de défauts dans la conception. On utilise des facteurs de sécurité de manière à réduire la probabilité de défaillances ou, pour l'exprimer de façon plus positive, à augmenter la probabilité de réussite. Leur utilisation s'explique en partie par « l'ignorance » inhérente à toutes les conceptions. L'ignorance résulte de la variabilité naturelle des matériaux et des procédés de fabrication, de l'entretien et de l'incertitude entourant le climat futur, y compris les phénomènes météorologiques extrêmes au cours de la durée de vie utile ou du cycle de vie d'une infrastructure. Dans le cas de l'infrastructure civile, y compris les bâtiments, il peut être nécessaire d'appliquer des facteurs moins élevés si les conditions suivantes sont rassemblées, et des facteurs plus élevés si ces conditions s'avèrent dans une moindre mesure :

- La qualité et l'uniformité élevées des matériaux, de la fabrication, de l'entretien et de l'inspection;
- Un bon contrôle ou une bonne connaissance des charges et de l'environnement réels pendant le cycle de vie, p. ex., des charges climatiques;
- Une analyse et/ou des données expérimentales très fiables.

Le degré « d'ignorance » n'est pas le seul élément que les ingénieurs devraient utiliser afin de calculer des facteurs de sécurité appropriés. Le dommage potentiel d'une défaillance est lui aussi important. Lorsqu'une défaillance ne ferait que déranger, on peut se contenter d'un facteur de sécurité plus bas. Si elle est susceptible d'être coûteuse ou de constituer une menace pour la vie, un facteur de sécurité plus élevé se justifie.

Les avantages d'une conception à durée de vie assurée comprennent la réduction de la probabilité de la maintenance non planifiée et celle de la probabilité d'une défaillance. Ceux d'une conception à sûreté intégrée comprennent la capacité de gérer l'inattendu et la réduction des dommages en cas de défaillance.

Il n'existe pas de méthode permettant de décider facilement laquelle de ces philosophies il faut appliquer. Les ingénieurs doivent exercer leur jugement au cas par cas. La décision de s'en remettre à une de ces philosophies se justifie chaque fois que le « coût » et la probabilité d'une défaillance dépassent le « coût » de la mise en œuvre d'une conception à durée de vie assurée ou d'une conception à sûreté intégrée. Le « coût » de la défaillance peut comprendre :

- Le dommage matériel causé à des personnes ou à l'environnement;
- La perte de biens ou d'équipements ou les dommages qui leur sont causés;
- La perte de productivité, la réduction de la durée de vie utile ou l'utilisation d'un « système » ou d'un dispositif défectueux;
- Une atteinte à la réputation de l'ingénieur, du client et de la profession;
- La probabilité de défaillance.

Les ingénieurs devraient toujours tenir compte du degré de probabilité d'un type de défaillance. Ce faisant, il est important de tenir compte de toutes les conditions potentielles de charge ? même des charges abusives. Le « coût » de la mise en application peut comprendre :

- L'augmentation des dépenses ou l'allongement du temps de conception et de mise à l'épreuve;

- La hausse des coûts de construction;
- La baisse du rendement du produit.

Il n’existe pas de formule facilitant le choix d’une conception à sécurité intégrée plutôt qu’à durée de vie assurée et vice-versa. On emploie les deux concepts dans la conception des avions, ce qui explique que les voyages aériens sont le mode de transport le plus sécuritaire qui soit. Pourtant, la sécurité intégrale du transport aérien est impossible à atteindre.

Il demeurera toujours des situations contre lesquelles la protection est prohibitive.

Les ingénieurs sont tenus de respecter une norme de diligence raisonnable plus élevée que le citoyen moyen. En raison de leur formation et de leur expérience, on s’attend à ce qu’ils appliquent un niveau élevé d’expertise aux questions qui touchent leur exercice professionnel. Les professionnels doivent être conscients des limites de leur champ d’action et faire appel à d’autres professionnels compétents pour couvrir les domaines dans lesquels ils ne sont pas dûment qualifiés pour exercer un jugement professionnel.

Grâce à une large couverture médiatique, le public est au courant de la question des changements climatiques et de la possibilité d’impacts graves et perturbateurs. Parallèlement, les ingénieurs doivent également être sensibles aux impacts potentiels des changements climatiques et en tenir compte dans leur exercice professionnel, en plus de tenir compte de la nécessité de mesures d’atténuation pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ou améliorer les puits des gaz à effet de serre. Étant donné le niveau de sensibilisation du public à l’égard de la question des changements climatiques, un professionnel ne peut prétendre qu’il n’était pas au courant de ses impacts potentiels sur son travail. Le fait de ne pas prendre ces facteurs en considération peut entraîner d’autres responsabilités professionnelles.

Le présent guide ne prétend pas que l’ingénieur moyen devrait devenir un expert des questions climatiques et météorologiques. On s’attend plutôt à ce que, dans le cadre de l’exercice normal de leur profession, les ingénieurs déterminent si les informations climatiques sont intégrées dans les codes, les normes et les hypothèses et évaluent comment ces informations s’appliquent dans leur travail, et à ce qu’ils décèlent et évaluent les occasions de faire progresser l’atténuation des changements climatiques.

Lorsque les informations climatiques sont intégrées dans leur travail, les professionnels devraient les valider, car, en période de changements climatiques, les spectres d’opération pourraient s’élargir et générer des effets imprévus sur leurs ouvrages. Sur le plan de la diligence raisonnable, les ingénieurs devraient documenter cette analyse et les résultats. Dans le cadre de cette documentation, les professionnels devraient préciser :

- Les motifs de toute décision prise concernant des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre, par exemple, en tenant compte d’économies d’énergie, de combustibles de rechange, ou en renforçant le potentiel d’élimination des gaz à effet de serre de l’atmosphère;
- Les motifs des ajustements apportés ou non aux informations climatiques intégrées dans le travail;
- La raison des changements apportés pour améliorer la résilience des ouvrages d’ingénierie;
- Tout autre facteur dont ils ont tenu compte, par exemple les résultats de leurs consultations auprès d’experts de l’extérieur sur les questions relatives aux changements climatiques ayant une incidence sur le travail.

3.4.3 Stratégies

Les points suivants sont des suggestions de mesures pouvant aider les ingénieurs à exercer leur jugement professionnel. La liste n’est pas exhaustive et les suggestions ne sont peut-être pas toutes appropriées à la situation en cause. À mesure que l’exercice du génie évolue en matière d’adaptation aux changements climatiques, il ne fait aucun doute que la nature et l’éventail des exemples visant à orienter l’exercice futur évolueront et que des mises à jour du guide reflèteront ces changements.

Les techniques dépendront du type de défaillance auquel doit répondre la conception d’un ouvrage d’ingénierie et peuvent comprendre la conception à durée de vie assurée ou la conception à sûreté intégrée ou à échec intégré dans des systèmes plus complexes.

Dans la « conception à durée de vie assurée », il est essentiel d’éviter une défaillance du composant ou du système au cours de la vie utile prévue. Les conceptions à durée de vie assurée supposent des tests et des analyses poussés (des analyses de la fatigue en général) visant à estimer la période de maintien en service d’un composant avant qu’il puisse subir une défaillance. Étant donné l’impossibilité de garantir, par des épreuves et des analyses aussi poussées qu’elles soient, le temps qu’un composant mettra avant de faire défaut, il faudrait prévoir un généreux facteur de sécurité afin d’éviter une défaillance catastrophique. L’ouvrage d’ingénierie devrait être conçu de manière à pouvoir être aisément inspecté en service.

Les techniques de « conception à sûreté intégrée ou à échec intégré » prévoient des redondances (pour

éviter les points de défaillance uniques), l'utilisation de systèmes d'appoint (au cas où un sous-système essentiel causerait des pertes graves), des cheminements de charges multiples (si un élément de structure fait défaut, la charge qu'il supportait sera transmise à d'autres éléments) ou un « maillon faible intentionnel ». Ce dernier peut être un composant peu coûteux et facile à remplacer servant à éviter d'endommager un composant coûteux ou difficile à remplacer. Un bon exemple de ce type de système est celui des fusibles dans les circuits électriques ou encore celui des goupilles de cisaillement sur les hélices des bateaux. Si l'hélice heurte un objet, la goupille est conçue pour faire défaut avant que l'hélice ou l'arbre subisse des dommages.

En ce qui a trait au jugement professionnel en matière de climat, plusieurs mesures sont suggérées :

- Élaborer une liste de vérification des paramètres climatiques susceptibles d'avoir un impact sur la performance de la conception.
- Élaborer une liste de vérification des paramètres climatiques et des procédés d'exploitation/de maintenance susceptibles d'affecter la résilience des phénomènes climatiques.
- Dans le cadre des activités de conception, d'exploitation, d'approvisionnement, de gestion et d'entretien, confirmer l'applicabilité des informations climatiques, des politiques/procédures et des hypothèses concernant la technologie disponible qui peuvent être intégrées dans les codes, les normes, les lignes directrices, etc.
- Dans les documents de travail, les feuilles de calculs et les autres documents d'ingénierie, indiquer que la vérification a été effectuée et préparer une note complémentaire à archiver à cet effet. L'ingénieur responsable de l'activité d'ingénierie devrait signer la note complémentaire en question, qui devrait indiquer :
    - Si l'on a déterminé des changements à apporter aux informations climatiques incorporées dans le travail ainsi que la logique dictant de les apporter au non;
    - Les hypothèses et les méthodes appliquées dans la conception de l'ouvrage d'ingénierie afin de tenir compte des changements dans le climat et le(s) mode(s) potentiel(s) de défaillance;
    - Les changements apportés ou recommandés afin d'assurer le degré de résilience de la conception, de l'exploitation et de l'entretien;
    - Les changements apportés ou recommandés afin d'intégrer l'atténuation des gaz à effet de serre à la conception et à l'exploitation;
    - Tout autre facteur pouvant avoir été pris en considération, par exemple les résultats des consultations auprès d'experts de l'extérieur sur les questions relatives aux changements climatiques ayant une incidence sur le travail;
    - La date de l'examen.

3.5 Cinquième principe : Interpréter l'information climatique

Consulter les climatologues et les spécialistes du climat.

Les ingénieurs devraient collaborer avec les climatologues, des spécialistes du climat et les météorologues pour s'assurer que l'interprétation des considérations climatiques et météorologiques utilisées dans leur exercice professionnel reflète raisonnablement le consensus scientifique le plus récent en ce qui a trait aux informations climatiques et/ou météorologiques.

3.5.1 Explications

Le climat se définit comme les conditions météorologiques prévalant dans une région sur une longue période. La planification des biens dont la durée de vie est longue exige de définir l'information climatique sur un lieu donné. Si les définitions et l'usage des termes peuvent varier, en général, les ingénieurs doivent tenir compte des conditions climatiques et météorologiques historiques, des conditions à court terme et des projections climatiques à long terme.

- La climatologie historique est l'étude des conditions météorologiques historiques et des écarts saisonniers observés sur des périodes de 30 ans et plus. En général, les conditions climatiques historiques ne sont pas considérées comme un guide fiable des conditions météorologiques et du climat futurs face à l'évolution du climat.
- Le temps correspond aux conditions quotidiennes avec des précessions saisonnières au cours de l'année. C'est généralement une combinaison des conditions actuelles et des prévisions pour les quelques prochains jours.
- Les projections de changements climatiques sont les perspectives à long terme du temps qu'il fera et des écarts saisonniers correspondants qui, ensemble, déterminent le climat. Elles reposent sur des scénarios socioéconomiques d'émissions potentielles et comprennent donc un éventail de situations

potentielles à prendre en considération à des fins de planification.

Chacun de ces domaines intéresse des spécialistes qui ne se soucient peut-être pas tous des besoins des ingénieurs en matière de données.

Pour la plupart, les ingénieurs ne possèdent pas l'étendue de la formation ou de l'expérience nécessaire en gestion et en évaluation des informations climatiques et météorologiques pour être considérés comme des experts dans le domaine. Il y a longtemps que les professionnels utilisent ces informations en se fiant aux organismes gouvernementaux et à d'autres instances qui leur présentent les informations dans les formats utilisés dans leur exercice professionnel.

L'évaluation des informations climatiques peut s'avérer une activité très subtile et très exigeante sur le plan technique, nécessitant un niveau d'expertise professionnelle très élevé. D'autre part, les climatologues et les spécialistes du climat n'ont peut-être pas une connaissance approfondie du domaine d'exercice de l'ingénieur et peuvent trouver difficile, sans aide, de fournir des informations climatiques et météorologiques pertinentes dans le domaine d'exercice du professionnel.

Ces groupes doivent collaborer afin de déterminer et d'élaborer les types de données qui répondent aux exigences techniques des ingénieurs. Celles-ci peuvent comprendre le type, le format, la disponibilité et le scénario de l'information. Il se peut aussi qu'il existe une analyse de sensibilité (p. ex., une éventuelle modélisation d'ensemble) portant sur la solidité de l'ensemble de données. Les ingénieurs devraient obtenir l'expertise et le soutien technique des climatologues et des spécialistes du climat.

Les informations climatiques et météorologiques peuvent souvent comporter des incertitudes ou des sensibilités. Les spécialistes du climat sont conscients de ces problèmes et peuvent aider les ingénieurs à comprendre la qualité générale de l'information qu'on leur fournit. En outre, des ingénieurs mal informés pourraient appliquer les informations climatiques et météorologiques de façon complètement inappropriée compte tenu des limites méthodologiques des processus utilisés pour élaborer ces informations. Les ingénieurs devraient collaborer avec les spécialistes du climat afin de mieux comprendre les forces et les limites des informations qu'ils utilisent. Dans la même veine, les ingénieurs effectueront une analyse lorsque d'autres sensibilités risquent de voir le jour en raison de l'interaction entre les données et le système qu'ils conçoivent. Grâce à cette compréhension, les ingénieurs seront en mesure d'incorporer les mesures appropriées dans leur travail en fonction de la qualité des informations utilisées.

Pour comprendre les conditions climatiques futures, il est essentiel d'avoir une connaissance fondamentale des conditions climatiques historiques et actuelles et de la façon dont elles évoluent.

Lors de la consultation des spécialistes du climat et des météorologues, il est important d'acquérir une bonne connaissance de l'information météorologique historique afin d'établir une base. La climatologie historique est encore un domaine en émergence et des révisions sont probables à mesure que les spécialistes des données climatiques partent à la recherche des données manquantes et s'ajustent en fonction des erreurs systémiques de collecte de données.

Il est encore plus important d'avoir recours à des spécialistes en ce qui a trait à l'information relative aux changements climatiques. Les projections des changements climatiques sont fondées sur des analyses et des modèles très poussés élaborés à partir de prévisions des émissions de gaz à effet de serre et de prévisions socioéconomiques. Il ne s'agit pas de prévisions au sens des prévisions météorologiques. Les scénarios de changements climatiques peuvent avoir des projections très différentes selon l'interaction des facteurs sociaux, économiques et politiques.

De nombreux modèles sont disponibles pour l'élaboration de projections climatiques, chaque modèle ayant ses forces et faiblesses. En raison de l'incertitude inhérente à la modélisation, la pratique courante consiste à appliquer une approche d'ensemble en utilisant plus d'un modèle pour établir les limites des changements climatiques projetés.

En outre, les prévisions d'émissions et les hypothèses socioéconomiques sous-jacentes sont souvent omises dans la présentation de l'information sur les projections des changements climatiques.

Bien que ces facteurs créent une certaine incertitude dans les projections climatiques, il est possible d'en tenir compte dans le traitement des données et l'élaboration des scénarios climatiques appropriés. Ces pratiques ne font généralement pas partie des activités des ingénieurs. Par conséquent, il est important que les ingénieurs consultent des spécialistes du climat pour s'assurer de comprendre l'intégrité et les limites globales des renseignements qu'ils prévoient utiliser, et d'intégrer les mesures appropriées de leur propre discipline afin de tenir compte de ces facteurs dans leur travail.

Les ingénieurs peuvent également effectuer des analyses de sensibilité afin de tenir compte des conséquences potentielles de différents scénarios de changements climatiques.

Le Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques OURANOS, qui est situé à Montréal, au Québec, a publié un guide portant sur des scénarios climatiques et l'utilisation de renseignements climatiques pour orienter la recherche et les décisions concernant l'adaptation

(https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/GuideScenarios2017_FR.pdf). Publié dans une seconde édition en 2016, ce guide constitue une ressource pour la prise de décision et la recherche en matière d'adaptation aux changements climatiques. Voici un extrait du résumé de ce guide (reproduction avec autorisation) :

> « Ce guide constitue un outil pour aider les décideurs à se familiariser avec l'information climatique future. Il est destiné à tous les intervenants impliqués dans l'adaptation au changement climatique, allant des premières étapes de la sensibilisation au changement climatique jusqu'à la mise en œuvre de mesures d'adaptation.
>
> Ce guide comprend trois sections principales. La première section classifie l'information climatique selon son utilisation et son degré de complexité. La deuxième section répertorie les différentes manières de présenter l'information climatique aux décideurs. Enfin, la troisième section présente certains concepts essentiels en climatologie qui contribuent à une bonne compréhension de l'information climatique en général.
>
> Ce document n'est pas suffisamment détaillé pour informer les utilisateurs sur la manière de préparer différents types d'information climatique; il ne constitue pas non plus une analyse critique de la manière dont l'information est produite. Ce document souligne plutôt l'importance de collaborer avec les fournisseurs de services climatiques pour obtenir de l'information climatique. Ce guide permet aux utilisateurs de s'impliquer plus facilement auprès des fournisseurs de services climatiques et de se montrer plus critiques par rapport à l'information qui leur est fournie. Il importe de reconnaître qu'à l'heure actuelle, le nombre de fournisseurs de services climatiques est faible par rapport à la demande en information climatique.
>
> Les décideurs qui utilisent ce guide deviendront plus à l'aise avec les produits d'information climatique et, ainsi, avec l'évaluation de l'information climatique par rapport à leurs besoins. »

Les messages essentiels qui ressortent de ce guide comprennent :

- L'information climatique à différents degrés de complexité peut être utile, selon le type de décision qui doit être prise.
- De l'information plus détaillée n'est pas toujours nécessaire à la prise de décision éclairée.
- L'information climatique peut être présentée dans des formats qui correspondent au niveau d'expertise des décideurs.
- Les décisions devraient être fondées sur un éventail de futurs possibles; il n'existe pas de meilleur scénario climatique.

Enfin, il est important de comprendre les limites de l'information climatique utilisée. Les ingénieurs doivent noter que toutes les méthodologies ou toute l'information climatique utilisée dans le cadre de leur travail doivent être considérées comme défendables sur le plan scientifique par les spécialistes du climat qu'ils consultent. De façon plus générale, cela s'étend à des sources de données défendables, à l'utilisation des données, de même qu'aux décisions prises et aux conceptions obtenues. »

3.5.2 Stratégies

Les stratégies suivantes peuvent aider les ingénieurs à interpréter et à évaluer l'information climatique. La liste n'est pas exhaustive et les stratégies ne sont peut-être pas toutes appropriées à la situation en cause.

- Prendre note des besoins en matière d'information climatique en ce qui a trait aux paramètres définis dans les codes, les normes, les directives et les règles de pratiques, ainsi qu'aux autres données qui ne sont pas formellement codifiées dans les codes, les normes, etc., mais qui concernent tout de même le travail professionnel.
- Élaborer le profil climatique actuel en s'appuyant sur l'analyse des données météorologiques historiques. Les ingénieurs devraient s'assurer d'utiliser des données tirées des plus récents travaux en la matière.
- Estimer les changements dans la fréquence et les valeurs extrêmes des paramètres climatiques pertinents en se fondant sur des méthodes de projections du climat futur scientifiquement défendables pour la durée de vie du système d'ingénierie.
- S'il y a lieu, obtenir la contribution de climatologues et de spécialistes du climat pour calculer les valeurs extrêmes et les fréquences actuelles et futures des paramètres climatiques pertinents.

Dans le cas de ces informations climatiques, solliciter les conseils de climatologues et de spécialistes du climat pour définir :

- Les incertitudes liées à ces informations;

- Les hypothèses élaborées;
- Les sources de données;
- Les différences relatives entre les données climatiques actuelles établies à partir de données météorologiques mesurées et les informations climatiques projetées fondées sur la modélisation;
- La validité scientifique des méthodes et des données utilisées pour calculer les valeurs et les fréquences actuelles et futures des paramètres climatiques;
- La criticité de l'impact des hypothèses climatiques sur la conception et la fonction globales du système sur le plan de l'ingénierie;
- Les hypothèses et les facteurs qui ont été récemment examinés ou mis à jour pour tenir compte des changements climatiques;
- Les hypothèses et les facteurs avec des spécialistes du climat pour évaluer leur applicabilité tout au long de la durée de vie prévue de la conception;
- En se fondant sur le jugement professionnel, les facteurs ou marges de sécurité appropriés aux plans et à la conception pour tenir compte des conditions climatiques futures anticipées par rapport aux conditions climatiques actuelles et, s'il y a lieu, aux paramètres de conception climatiques utilisés dans la conception initiale;
- Les données nécessaires pour la planification de la résilience afin de tenir compte à la fois des extrêmes (p. ex., la température et le vent) et des impacts cumulatifs (p. ex., les nappes phréatiques et le pergélisol).

3.6 Sixième principe : Insister sur l'innovation en matière d'atténuation et d'adaptation

Rechercher des stratégies et des technologies novatrices et/ou de nouvelles approches en collaboration.

Les ingénieurs devraient se tenir au courant des derniers développements dans leur domaine respectif qui abaissent ou éliminent les émissions de GES. Ils devraient comprendre les cadres stratégiques émergents à tous les paliers de l'administration publique en plus de mettre en œuvre des stratégies et des méthodes novatrices permettant d'adapter les systèmes d'ingénierie aux phénomènes météorologiques extrêmes et au climat futur. Il s'agit notamment d'encourager la recherche et la démonstration qui soutiennent :

- Les systèmes résilients du point de vue climatique qui sont efficaces sur le plan énergétique;
- Les systèmes efficaces sur le plan énergétique qui sont résilients du point de vue climatique.

3.6.1 Explications

La réduction des émissions de GES aux niveaux nécessaires pour ralentir l'ampleur et le rythme de l'augmentation des températures de la planète est un défi à long terme qui exige la mise en œuvre de stratégies, de technologies novatrices dans plusieurs domaines et la reconnaissance de l'importance d'engagements à long terme maintenus [7].

En règle générale, les projets d'ingénierie clé en main sont des projets assumés du début à la fin. Dans ces cas, les ingénieurs peuvent choisir une technologie et des matériaux qui vont réduire au minimum les émissions de GES à l'intérieur d'un certain cadre financier. Dans le cas de projets axés sur les changements ou des améliorations mineures à un procédé existant, la contribution du génie à l'atténuation des changements climatiques peut être restreinte tout en demeurant possible si l'on peut déterminer les émissions actuelles de GES et si l'on examine les façons de contrôler ces émissions.

C'est dans la conception de nouvelles installations que les ingénieurs peuvent avoir un impact maximal. Pour les projets de ce genre, les ingénieurs peuvent étudier les méthodes envisageables pour obtenir le produit attendu en ayant recours à une combinaison de technologies limitant les émissions de GES ou utilisant une approche novatrice qui peut permettre d'éliminer entièrement les émissions de GES et véritablement déboucher sur du développement durable. Dans de tels cas, les ingénieurs doivent être très au fait des options technologiques de pointe et devraient poursuivre leur examen des derniers résultats des recherches dans un domaine donné.

Dans les exploitations à grande échelle, qui s'accompagnent d'importantes émissions de GES, les ingénieurs devraient aussi chercher à avoir une excellente compréhension de toutes les émissions ponctuelles et fugitives de GES dans une installation, ce qui permettrait de déterminer les principales zones responsables des émissions. Il serait dès lors possible d'examiner les options de contrôle des GES ou encore le choix d'une technologie ne produisant pas du tout de GES. Il convient de noter que les solutions peuvent ne pas sembler évidentes au premier abord pour les ingénieurs responsables de l'exploitation d'une usine et que les ressources nécessaires peuvent manquer pour mettre au point des technologies de rechange. Dans les cas

de ce genre, les ingénieurs devraient signaler le problème à la direction et collaborer avec les chercheurs sur le terrain ou au sein des milieux universitaires afin d'explorer des options de réduction des émissions de GES au minimum.

Les efforts actuellement déployés pour trouver des solutions appropriées à la séquestration des émissions de carbone dans les exploitations de sables bitumineux constituent un bon exemple de ce genre de solutions [8]. Les ressources des exploitants de ces installations ont été regroupées, de même que les fonds publics servant à subventionner les organismes de recherche chargés d'explorer les différentes options. Celles-ci peuvent comprendre l'élimination des émissions de GES de certaines installations ou la capture des telles émissions de GES afin de les séquestrer dans des installations souterraines ou dans des matériaux en vue de leur recyclage ou de leur entreposage. Une autre approche pourrait consister à extraire le pétrole selon un procédé sans émissions de GES ou même à remplacer les hydrocarbures par certaines sources d'énergie durables ou même renouvelables. Dans tous les cas, les solutions proposées doivent assurer la résilience du projet sur toute sa durée de vie théorique.

Bien entendu, ce genre de recherche prend des années et il se peut qu'il faille attendre l'évolution de plusieurs autres facteurs avant que les solutions envisageables deviennent économiques. Il faudra sans doute intégrer des mécanismes de marché et des primes dans les encadrements stratégiques pour soutenir ces solutions suffisamment longtemps pour avoir un impact. On encourage les ingénieurs à prendre part aux débats sur les politiques afin de s'assurer de la disponibilité de solutions rentables et techniquement réalisables.

Pour parvenir à innover dans l'adaptation aux changements climatiques, il faut commencer par élaborer des pratiques exemplaires au sein d'un encadrement politique et fiscal encourageant qui tienne compte de la durée de vie et de la résilience des systèmes d'ingénierie et à les mettre en application. En général, on a considéré l'adaptation aux changements climatiques et leur atténuation comme deux éléments distincts, mais il existe des stratégies envisageables qui augmentent la résilience aux impacts tout en réduisant les GES. Il est possible d'envisager ces stratégies dans plusieurs domaines, notamment ceux de l'efficacité énergétique, de l'infrastructure verte, des transports en commun, des transports en général, de l'utilisation de l'eau, des bâtiments et de l'agriculture. Ces bonnes pratiques couvrent autant la définition du projet que sa planification et son approvisionnement, sa conception, sa construction, son exploitation et son entretien. C'est la combinaison novatrice de ces processus qui améliorera l'adaptation à nos changements climatiques de manière à atteindre la durée de vie utile et la résilience prévues du système d'ingénierie.

3.6.2 Stratégies

Comme nous l'avons signalé plus haut, il existe différentes façons de soutenir l'innovation. Au Canada, les technologies et les concepts novateurs adoptés par les municipalités afin d'atténuer les émissions de GES des bâtiments et des infrastructures sont largement inspirés par la Fédération canadienne des municipalités (FCM) et bénéficient des Fonds municipaux verts du gouvernement fédéral. L'organisme Technologies du développement durable du Canada (TDDC) apporte une importante contribution à la recherche industrielle, qui bénéficie aussi du financement du gouvernement fédéral. L'innovation de pointe est souvent le fruit de partenariats entre organismes de recherche industrielle bénéficiant de subventions provinciales. Les efforts axés sur l'électrification des véhicules à l'Institut de Véhicule Innovant de Saint-Jérôme, au Québec, constitue un bon exemple de ce regroupement des ressources.

C'est là une approche systémique, soutenant l'innovation en reconnaissant et renforçant les divers stades du processus d'innovation pour surmonter les obstacles actuels à la mise au point et au déploiement de technologies viables sur le plan commercial [8]. Ce type d'approche reconnaît les liens entre les domaines de la technologie et les buts et objectifs à long terme. Les objectifs scientifiques et technologiques devraient être harmonisés avec les besoins et les occasions d'innovation.

Une analyse globale suivrait chaque initiative visant à déterminer l'innovation technologique et les solutions d'ingénierie nécessaires afin d'atténuer les émissions de GES [9]. On connaît les domaines importants pour le Canada et le reste du monde grâce aux nombreux inventaires détaillés d'émissions de GES préparés dans le cadre des travaux du GIEC. Pour chacun des domaines de la technologie, les ingénieurs devraient se mettre au fait des meilleurs renseignements disponibles en prenant les mesures suivantes :

- Déterminer les technologies connues et leur état de mise au point et de mise en application;
- Étudier les champs de recherche actuels et leur potentiel à déboucher sur des réductions d'émissions de GES;
- Déterminer les capacités des experts canadiens en recherche et leur rôle dans les efforts déployés au plan international;
- Faciliter la recherche et les percées ou technologies transformatrices dans une perspective à long terme;
- Mettre en œuvre des mécanismes visant à favoriser la recherche et la mise au point de technologies d'atténuation des changements climatiques pouvant aussi présenter des avantages sur le plan de la

résilience.

Dans la même veine, l'innovation en vue de l'adaptation aux changements climatiques bénéficie du soutien de politiques, de programmes et de subventions proposés par tous les paliers de l'administration publique au Canada et des organisations non gouvernementales comme la Fédération canadienne des municipalités.

Parmi les exemples, on peut citer l'intégration de considérations relatives aux changements climatiques dans l'approvisionnement lié aux infrastructures et la définition du risque climatique et des impacts dans le cadre de l'évaluation des impacts environnementaux. L'intégration des changements climatiques dans les codes et les normes relatifs aux infrastructures est en bonne voie et elle exige de l'originalité dans la réflexion devant mener à des définitions pratiques et à la mise en application des documents normatifs. Les ingénieurs devraient apporter leur contribution à ces discussions sur les politiques et des sujets connexes en fonction de leurs contraintes de temps, de leurs intérêts et du soutien dont ils bénéficient.

Les approches novatrices du financement de mesures d'adaptation exigent non seulement des solutions sur le plan de l'ingénierie et des options de rechange, mais aussi de nouvelles façons de recueillir des fonds, ce qui demande l'expertise de professions connexes comme le droit ou la finance. Les ingénieurs devraient collaborer avec ces professions à l'élaboration de solutions parfaitement intégrées allant au-delà de l'exercice d'adaptation propre au génie et jusqu'à l'atténuation.

3.7 Septième principe : Travailler avec des spécialistes et des intervenants

Travailler avec des équipes multidisciplinaires à intervenants multiples

Les ingénieurs devraient collaborer avec d'autres personnes, y compris celles qui ne sont pas titulaires de permis, afin de s'assurer de bien comprendre toutes les conséquences des changements climatiques et météorologiques sur les systèmes d'ingénierie dont ils sont responsables. Cela comprend la mise au point, avec d'autres personnes, de solutions intégrées qui sont à la fois rentables et réalisables sur le plan technique.

3.7.1 Explications

Les ingénieurs travaillent habituellement en équipes multidisciplinaires. Cependant, il est assez fréquent que les ingénieurs définissent ces équipes selon les disciplines du génie. En ce qui concerne l'enjeu de l'adaptation aux changements climatiques, la définition d'équipes multidisciplinaires devrait être élargie pour inclure un éventail beaucoup plus vaste d'acteurs. Le quatrième principe souligne la nécessité d'avoir recours aux spécialistes du climat. Cependant, les impacts des changements climatiques peuvent avoir de vastes répercussions et dépasser la portée de l'exercice normal des ingénieurs. Pour répondre à cette réalité, les professionnels devraient structurer les équipes de projet de manière à ce que l'équipe possède au moins :

- Une compréhension fondamentale du risque et des processus d'évaluation du risque;
- Des connaissances en ingénierie propres au système;
- Une expertise/connaissance du climat et des conditions météorologiques de la région;
- Une expertise en sciences naturelles comme l'hydrologie, la géologie, la foresterie, la biologie et autres sciences spécialisées;
- Une expérience pratique de l'exploitation et de l'entretien du système ou de systèmes similaires;
- Une connaissance pratique en ce qui a trait à la gestion du système ou de systèmes similaires;
- Des connaissances locales et une connaissance des antécédents, en particulier en ce qui a trait aux événements climatiques passés, à leur impact global sur la région et aux approches utilisées pour faire face aux problèmes qui surviennent;
- Une forte sensibilisation quant à la « performance minimalement acceptable » au niveau des processus ou de la conception pour la collectivité et les parties prenantes dépendantes de la conception.

En outre, les professionnels devraient également envisager d'ajouter à l'équipe des spécialistes des activités et domaines suivants :

- Analyse des impacts sociaux (spécialistes des sciences sociales et des politiques);
- Analyse des impacts environnementaux;
- Analyse des impacts économiques;
- Décideurs politiques;

- Spécialistes en matière d’assurance;
- Praticiens de l’environnement;
- Intervenants communautaires;
- Spécialistes en mesures d’urgence et planification d’interventions;
- Autres intervenants, selon le cas, notamment des membres du public ou du milieu politique, p. ex., un conseiller municipal.

Les autres stratégies peuvent comprendre celles qui soutiennent l’atténuation des changements climatiques, comme l’efficacité énergétique, les énergies renouvelables, la réduction du carbone ou celle de la consommation des ressources pour réduire au minimum les émissions de gaz à effet de serre (GES). En ce qui a trait aux possibilités d’atténuation, on peut modéliser les émissions de GES et évaluer diverses options de réduction de rechange. La modélisation de l’atténuation devrait tenir compte des changements opérationnels potentiels qui résulteraient des changements climatiques et auraient donc une incidence sur les futures émissions.

Dans la plupart des projets d’infrastructure, les possibilités d’atténuation, d’adaptation et de résilience seront vraisemblablement reliées entre elles, d’où l’importance pour l’équipe d’intégrer ces objectifs dans la gestion des contraintes du projet.

Les praticiens peuvent posséder plusieurs des compétences requises. Par conséquent, les équipes peuvent compter moins de membres que le nombre de compétences sur la liste. Les ingénieurs devraient évaluer les compétences au sein de leurs équipes afin de s’assurer d’avoir le juste équilibre de compétence et d’expérience pour être en mesure de prévoir raisonnablement les changements climatiques et d’intégrer des mesures d’adaptation raisonnables dans le projet.

S’ils ne possèdent pas les compétences énumérées ci-dessus, les ingénieurs peuvent consulter d’autres professionnels pour accroître l’expertise de leur équipe, comme ils le font lorsqu’ils sont aux prises avec des problèmes en dehors de leur champ d’exercice.

3.7.2 Stratégies

Les stratégies suivantes peuvent aider les ingénieurs à acquérir l’éventail de compétences et d’expertise nécessaire pour déterminer les risques et les impacts climatiques potentiels et élaborer des solutions d’adaptation acceptables. Ces stratégies ne sont pas forcément toutes appropriées ou nécessaires puisque les besoins en compétences dépendent de la situation et des intervenants concernés.

On encourage les ingénieurs à examiner et à mettre en œuvre d’autres stratégies ou à consulter d’autres intervenants et experts que ceux énumérés dans ce guide et à en faire part à leur ordre respectif et à Ingénieurs Canada pour que l’information puisse être insérée dans la prochaine édition du présent guide.

- Au moment de la formation des équipes multidisciplinaires, examiner la durée de vie globale et les exigences du système d’ingénierie afin de s’assurer que l’éventail des compétences nécessaires pour évaluer les implications des changements climatiques est couvert.
- Dans les dossiers et les documents de travail, tenir un registre des membres de l’équipe et y inscrire les compétences et la formation de chaque membre de l’équipe multidisciplinaire en lien avec le projet/la tâche.

3.8 Huitième principe : Utiliser un langage efficace

Communiquer efficacement

Les ingénieurs devraient communiquer les questions et les recommandations relatives à l’adaptation aux changements climatiques et à leur atténuation en utilisant un langage clair et sans ambiguïté.

3.8.1 Explications

Les ingénieurs possèdent les connaissances et les compétences techniques particulières nécessaires à la planification et à la mise en œuvre de mesures d’adaptation aux changements climatiques efficaces ou à l’atténuation des émissions de GES. Cependant, ils ne peuvent mettre ces mesures en œuvre que lorsqu’elles sont approuvées par les décideurs. Parfois, les décisions sont prises pour des motifs politiques et les arguments fondés sur la logique et une analyse de coûts peuvent ne pas être convaincants.

Dans la plupart des cas, les ingénieurs ne peuvent pas implanter des mesures d’adaptation aux changements climatiques ou à l’atténuation de façon indépendante. Ils doivent donc communiquer efficacement avec les décideurs sur les questions d’adaptation aux changements climatiques et les risques

qui y sont liés ou les avantages de la réduction des émissions de carbone. Dans le cadre de cette communication, les ingénieurs devraient indiquer clairement les coûts et les avantages des mesures recommandées et de quelle manière ces mesures réduisent les risques cernés. Il est important pour les ingénieurs d'exposer clairement les avantages économiques des mesures d'adaptation et le coût potentiel de ne pas mettre en œuvre des mesures d'adaptation pour atténuer les risques cernés.

Les ingénieurs devraient s'assurer que les complexités et les incertitudes inhérentes à leur travail ne compromettent pas la nécessité d'agir. L'évaluation des impacts des changements climatiques exige un haut niveau de jugement professionnel qui peut paraître subjectif pour certains. Cependant, le jugement professionnel reflète un niveau de compétence et de connaissance des normes techniques qui s'acquiert au fil de nombreuses années de formation et d'exercice professionnel. Par conséquent, le jugement exercé par les professionnels sur les changements climatiques devrait être fondé sur une base solide d'expertise et d'expérience techniques.

Il n'est pas inhabituel pour les praticiens de communiquer en utilisant un langage truffé de termes techniques. Ils peuvent aussi utiliser des formules courantes de langage dont la signification est nuancée ou très différente de la signification comprise par le non-professionnel. Ce dernier peut ne pas connaître la signification du langage utilisé par le professionnel ni bien saisir le message du professionnel. En outre, il est possible que le non-professionnel ne comprenne pas le langage du professionnel et l'interprète incorrectement, ce qui donne lieu à des quiproquos.

Il s'agit d'un problème très subtil. De leur côté, les ingénieurs ne sont peut-être pas conscients d'avoir été mal compris jusqu'à ce que les décideurs prennent des décisions qui vont à l'encontre de leurs préoccupations et qu'ils n'ont pas su communiquer adéquatement.

Étant donné l'importance cruciale de ces questions, il revient aux ingénieurs de s'assurer d'avoir été bien compris. Ils devraient modifier leur langage de manière à ce que les non-professionnels comprennent l'ampleur des risques. Ils doivent également comprendre comment leur utilisation du langage courant peut être différente de celle du public. Le professionnel ne peut pas se contenter de paraître compétent, il doit aussi se concentrer sur la communication efficace de ses connaissances et s'assurer d'être bien compris.

Lorsqu'ils comprennent très bien les enjeux auxquels ils sont confrontés, les décideurs sont beaucoup plus enclins à envisager les préoccupations relatives à l'adaptation aux changements climatiques et aux mesures d'atténuation dans le contexte plus large de l'ensemble des enjeux qu'ils ont à gérer. Dans ce contexte, ils sont mieux placés pour prendre des décisions judicieuses sur les questions d'adaptation aux changements climatiques.

L'obligation des professionnels de communiquer dans un langage clair et de manière efficace concerne également les interactions avec le public. Il arrive que les professionnels doivent communiquer avec le public, comme dans le cadre des consultations pour le compte de clients ou s'ils représentent leur client ou leur employeur auprès des médias. Dans ces circonstances, ils doivent s'efforcer de communiquer clairement la question en utilisant un langage que les non-professionnels peuvent facilement comprendre. Le public peut influencer les décideurs pour qu'ils prennent des mesures appropriées ou non en réponse aux recommandations concernant l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation. Les professionnels devraient veiller à ce que le public comprenne bien, voire parfaitement, les questions et les mesures d'adaptation recommandées.

Enfin, il se peut que les professionnels constatent qu'ils ont défini et communiqué des risques climatiques et des mesures d'adaptation, y compris de potentielles mesures d'atténuation, à des décideurs non réceptifs. Les décideurs peuvent choisir de rejeter ou d'ignorer les recommandations des professionnels. Dans ce cas, les professionnels peuvent évaluer les incidences potentielles à long terme des actions des décideurs et déterminer s'ils ont l'obligation, dans l'intérêt de la santé et de la sécurité du public, de faire connaître leurs préoccupations. Cette situation n'est pas propre aux changements climatiques et il y a longtemps que la profession fait face à ce problème. Dans ces situations, le Code de déontologie privilégie le bien-être du public. Il peut être nécessaire pour les professionnels de commencer par aborder la question avec leur ordre, puis avec les organismes responsables de la règlementation et les autres organismes externes responsables.

Les organismes de réglementation provinciaux pourront fournir une orientation et des conseils aux ingénieurs qui croient se trouver dans cette situation. En ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, la question est un peu floue puisque la jurisprudence à ce sujet évolue. Cependant, les professionnels devraient être conscients que le simple fait de proposer des mesures aux décideurs ne sera peut-être pas suffisant pour les protéger contre des mesures disciplinaires ou des poursuites s'il peut être établi qu'ils n'ont pas bien communiqué une inquiétude liée aux changements climatiques aux autorités pertinentes. La proposition de mesures aux décideurs ne peut suffire à remplir leurs obligations professionnelles concernant les risques liés aux changements climatiques. De plus en plus, le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux reconnaissent le principe d'atténuation des changements climatiques par des mécanismes comme la fixation de prix du carbone ou le système de plafonnement et d'échange. La mise en œuvre de ce genre de mesures exige la consignation des émissions et des réductions comme telles, un rôle que les ingénieurs peuvent jouer et qu'ils devraient assumer.

En ce qui a trait à la résilience et à l'atténuation des changements climatiques, il s'agit de concepts subtils,

parfois déconcertants pour les décideurs et qu'il peut être facile d'ignorer ou de considérer comme réglés. Les ingénieurs devraient veiller à ce qu'on les aborde et qu'ils soient présentés de façon claire de manière à pouvoir prendre des décisions éclairées.

3.8.2 Stratégies

Les stratégies suivantes peuvent aider les ingénieurs à examiner la communication des risques climatiques, des coûts et des mesures d'adaptation ou d'atténuation aux décideurs et au public, selon le besoin. Il est possible que ces stratégies ne soient pas toutes nécessaires ni toutes appropriées à la situation.

On encourage les ingénieurs à chercher et à mettre en œuvre d'autres stratégies pouvant améliorer la communication des risques climatiques, des impacts et des mesures d'adaptation et à en faire part à leur ordre respectif et à Ingénieurs Canada pour que l'information puisse être insérée dans la prochaine édition du présent guide.

- Examiner chaque document rédigé en tenant compte du public visé.
- Pour aider à communiquer clairement le message principal, utiliser une formulation et des expressions courantes que le public est plus susceptible de comprendre.
- Au besoin, discuter avec le public cible du langage approprié pour être compris de ce dernier et s'entendre sur les définitions utilisées dans les textes.
- Dans les cas où le langage courant est insuffisant, s'assurer que le document comporte des renseignements généraux et des définitions pour faciliter la compréhension du public.
- Si les ingénieurs ne possèdent pas les compétences ou l'expertise pour simplifier le texte, consulter ou embaucher des professionnels des communications compétents pour réviser le document et le rendre plus compréhensible pour le public cible.
- Envisager d'embaucher un consultant en communications pour reformuler le texte afin de convaincre le ou les publics décisionnels nécessaires.
- Présumer que chaque document peut être mal interprété et examiner le texte selon différentes perspectives afin de trouver des segments qu'il pourrait être nécessaire de simplifier ou d'expliquer.
- Collaborer avec les autres membres de l'équipe multidisciplinaire et les intervenants participant au travail afin de communiquer de façon appropriée avec les différents publics cibles et les intervenants et favoriser ainsi la prise de décision fondée sur les données probantes en matière d'adaptation aux changements climatiques.
- Il peut être utile de rappeler régulièrement aux lecteurs les définitions des termes peu courants et qui risquent de donner lieu à de mauvaises interprétations.

3.9 Neuvième principe : Planifier en fonction de toute la durée de vie et la résilience

Prendre en considération le niveau de service et la résilience des ouvrages d'ingénierie pendant toute leur durée de vie utile

Les ingénieurs devraient s'assurer d'avoir raisonnablement tenu compte de l'impact des changements des conditions climatiques et météorologiques sur le temps de service exigé et la résilience d'un système d'ingénierie tout au long de sa durée de vie utile en intégrant les principes de coût du cycle de vie et de résilience.

3.9.1 Explications

Les changements climatiques sont un enjeu à long terme. Les modèles climatiques prévoient des changements dans les paramètres climatiques pour les vingt, quarante et même cent prochaines années. L'incertitude des projections climatiques augmente en fonction de l'horizon de ces projections. Les ingénieurs conçoivent et exploitent des ouvrages qui doivent être résistants aux changements climatiques pour d'aussi longues périodes. Les conditions climatiques stables observées par le passé ou même aujourd'hui risquent de ne pas se maintenir pendant toute la durée de vie utile d'un projet.

Les ingénieurs peuvent trouver la tâche lourde. Beaucoup de grands systèmes d'infrastructures sont conçus pour une longue durée de vie. Si les conditions climatiques changent au cours de cette durée de vie, il peut être difficile d'adapter le système d'ingénierie au nouvel environnement sans y apporter des changements radicaux. Cependant, on ne demande pas aux ingénieurs de prendre des décisions parfaites qui anticipent correctement tous les phénomènes à venir. On leur demande de prendre des décisions pertinentes en se fondant sur leur jugement professionnel dans le contexte des contraintes scientifiques, économiques et

sociales actuelles.

Cette question comporte deux facettes. Premièrement, bien qu'il soit difficile d'anticiper les impacts des changements climatiques quarante ou cent ans à l'avance, les professionnels doivent néanmoins prévoir les impacts possibles d'un tel changement. Deuxièmement, même si les projets peuvent durer longtemps, ils font normalement l'objet de remises en état et de modernisations périodiques qui permettront aux professionnels de prendre des mesures d'adaptation pertinentes à plusieurs stades au cours de la durée de vie du projet. Ces mesures d'adaptation présentent plusieurs avantages, dont une résilience accrue à différents niveaux : individuel, communautaire, organisationnel, national ou mondial. Par exemple, les améliorations des routes pourraient contribuer à une meilleure résistance aux inondations graves et ainsi augmenter la résilience de la communauté dans son ensemble.

La remise en état des infrastructures permet d'établir des points de contrôle tout au long de la durée de vie d'un système. Si aucune remise en état n'est prévue, il est alors plus important d'évaluer les changements climatiques lors de la conception initiale puisque le système devra résister pendant très longtemps sans qu'il soit possible de l'adapter. Même dans ces cas, de nombreux risques climatiques peuvent être atténués en améliorant les procédures et les pratiques d'exploitation, d'entretien et de gestion.

Les ingénieurs devraient profiter des remises en état pour examiner, réviser et adapter un projet au cours de sa durée de vie. Un remplacement de l'ouvrage n'est probablement pas une mesure professionnelle pour la remise en état d'un système. Les ingénieurs devraient évaluer la possibilité que les changements climatiques aient pu contribuer à l'usure observée et moderniser le système en conséquence. En outre, les professionnels devraient considérer non seulement la vie utile du projet, mais aussi celle de toutes les activités de remise en état visant à répondre aux impacts des changements climatiques. Même si les éléments du système remis en état ne subissent pas pour l'instant les impacts des changements climatiques, il est possible qu'ils les subissent avant la planification de la prochaine remise en état. Les ingénieurs devraient prévoir ces impacts dans la planification de la remise en état, de la même manière que les professionnels devraient prendre ces facteurs en considération pour un nouveau projet.

À certains égards, il est plus simple de prévoir les changements climatiques dans un plan de remise en état que pour la vie entière du projet. Comme les projections des changements climatiques sont faites en fonction d'un horizon prévisionnel plus court, elles sont beaucoup moins incertaines. Les ingénieurs peuvent donc recommander avec beaucoup plus de confiance des mesures d'adaptation appropriées.

Le prolongement de la durée de vie d'un système d'infrastructures peut parfois être considéré comme une stratégie d'adaptation. En repoussant la nécessité de consacrer des fonds à de nouvelles infrastructures, le problème du déficit des infrastructures est réglé. Cela reporte également les décisions concernant la construction d'une nouvelle structure à une période où les données peuvent être plus certaines. Les ingénieurs peuvent appuyer cette stratégie en établissant des programmes de surveillance et de mesure pour obtenir des données climatiques en vue de définir l'évolution du climat. Cette information climatique est moins incertaine.

Le cadre temporel des remises en état est généralement plus court que la durée de vie de l'ensemble du système d'ingénierie. Dans ces conditions, l'ingénieur peut être en mesure d'obtenir suffisamment de données climatiques pour répondre au problème, ces dernières étant moins détaillées qu'une projection climatique complète. Cela peut représenter une économie de temps et d'argent.

De la même manière, les professionnels qui exercent des fonctions d'exploitation, d'entretien et de planification devraient s'assurer d'affecter (ou de se faire affecter) les ressources adéquates pour donner à d'autres professionnels la latitude d'inclure des mesures d'adaptation appropriées dans leurs travaux d'ingénierie. Les ingénieurs qui n'ont pas le pouvoir direct d'affecter des ressources devraient recommander aux décideurs de leur déléguer suffisamment de pouvoir pour le faire.

Les projets qui ne tiennent pas compte du climat dans leur portée peuvent sembler moins coûteux lors de l'approvisionnement initial. Cependant, dans le cas de ces projets, les coûts liés au renouvellement des éléments non résistants aux changements climatiques au cours de la durée de vie du projet sont susceptibles d'être beaucoup plus élevés. Le fait d'affecter plus de ressources au début, tout en mettant en place de bonnes pratiques d'exploitation et d'entretien, peut réduire ou éviter les coûts de réparation et de remplacement beaucoup plus élevés qui risquent de survenir plus tard au cours de la durée de vie.

Les ingénieurs civils ont toujours prévu une certaine « souplesse en fonction de la demande » dans les systèmes, par exemple en concevant un pont de façon à pouvoir ajouter une travée à mesure que la circulation s'intensifie. À présent, il devient nécessaire d'ajouter de la souplesse en fonction du climat.

3.9.2 Stratégies

Les stratégies suivantes peuvent aider les ingénieurs à anticiper les impacts des changements climatiques en envisageant des stratégies qui influent sur la durée de vie de l'infrastructure. La liste n'est pas exhaustive et les suggestions ne sont peut-être pas toutes appropriées à la situation en cause. On encourage les ingénieurs à examiner et à mettre en œuvre d'autres stratégies mieux adaptées aux risques cernés et à

communiquer toute nouvelle pratique ou amélioration à leur ordre respectif et à Ingénieurs Canada pour qu'elle puisse être insérée dans la prochaine édition de ce guide.

- Durant la phase de conception d'un projet, tenir un dossier de tous les examens d'évaluations climatiques et/ou météorologiques effectués lors de la conception du système d'ingénierie.
- Indiquer tout ajustement apporté à la conception en fonction de considérations climatiques.
- Indiquer le fondement de tout ajustement apporté à la conception en fonction des considérations climatiques.
- Définir l'impact économique des changements apportés à la conception en fonction des considérations climatiques.
- Indiquer de quelle manière les ajustements influent sur toute la durée de vie du système d'ingénierie.
- Pendant et après la phase de construction, fournir des dessins conformes à l'exécution afin de vérifier que le projet a été réalisé conformément à la conception afin de permettre l'exploitation et l'entretien permanents ainsi qu'évaluer le besoin de remises à neuf plus tard au cours du cycle de service et de les planifier.
- Au cours de la période d'exploitation et d'entretien du projet, tenir des dossiers des phénomènes climatiques qui ont provoqué des dommages ou des interruptions de service. Idéalement, cela devait comprendre la collecte régulière de données climatiques propres au site (p. ex., en utilisant les services d'une station météorologique sur place) qui orientera la conception des remises à neuf et remplacements futurs.
- Tenir un dossier de tous les examens d'évaluations climatiques et/ou météorologiques effectués dans le cadre de la phase de planification et de conception de la remise en état.
    - Indiquer tout ajustement apporté au plan et à la conception de la remise en état en fonction de considérations climatiques.
    - Indiquer le fondement de tout ajustement apporté au plan et à la conception de la remise en état en fonction de considérations climatiques.
    - Définir l'impact économique des changements apportés au plan et à la conception de la remise en état en fonction de considérations climatiques.
    - Indiquer de quelle manière les ajustements influent sur toute la durée de vie de la remise en état.
- Demander au spécialiste du climat de recommander une série de méthodes différentes pour la projection des informations climatiques pour le court terme, durée qui est utilisée pour les cycles de service de maintenance.
- Élaborer, établir, examiner et/ou réviser des politiques, des normes et des procédures d'exploitation et d'entretien pour permettre à l'infrastructure de fonctionner à la capacité pour laquelle elle a été conçue, y compris la capacité de résister à des charges imposées par les changements climatiques futurs.
- Prolonger la durée de vie au-delà de la vie théorique, ce qui signifie que le remplacement ou la rénovation peuvent être retardés et que les ressources humaines et financières peuvent être consacrées à d'autres priorités.
- Examiner et modifier les politiques et les normes de formation et de compétence améliorer les pratiques d'exploitation et d'entretien ainsi que la préparation et l'intervention en cas d'urgence.

Dans certains cas, les ingénieurs n'auront d'autre choix que de protéger les structures contre les phénomènes extrêmes rares, p. ex. le raz de marée de près de trois mètres que l'ouragan Sandy a provoqué sur le Lower Manhattan en 2012. Il est toutefois coûteux de se servir d'un raz-de-marée ou d'une tempête plutôt rare comme point de départ d'une conception étant donné que cela peut signifier la construction de nouvelles structures ou la remise à neuf de structures existantes pour leur conférer des caractéristiques de protection suffisantes pour résister à des contraintes susceptibles de se faire sentir une seule fois sur leur durée de vie.

Par ailleurs, la conception de projets pour les rendre « à sécurité intégrée » représente une option peut-être moins coûteuse et plus efficace. Ainsi, une communauté pourrait opter pour la construction d'un barrage conçu pour résister à une crue centennale, puis élaborer un plan global d'évacuation pour les alentours en cas d'inondations plus graves. Cette stratégie reconnaît que le barrage ne permettra peut-être pas de contrôler des inondations extrêmes, mais prévoit d'autres mesures de protection pour atteindre des degrés de sécurité plus élevés.

Il est possible de mettre en place progressivement après coup des stratégies d'adaptation pour des installations existantes à mesure que les impacts des changements climatiques se manifestent de façon évidente dans différents endroits. On peut penser, par exemple, à des ouvrages longitudinaux modulaires le long des côtes que l'on peut dresser au besoin, à des ponts routiers préfabriqués capables de s'élever à

mesure que le niveau des eaux grimpe et à des systèmes de prise d'eau flottants dans les usines de traitement des eaux conçus pour s'élever et redescendre au gré des fluctuations du niveau dans les réservoirs. Une approche progressive présente moins d'impacts sociaux et environnementaux que la construction d'immenses structures en une seule phase, à condition que l'exploitation puisse résister aux changements climatiques. Une adaptation souple représente une approche intéressante et adéquate dans certains cas. Lorsque les ingénieurs entreprennent la planification de mesures d'adaptation aux changements climatiques, les besoins varient d'un endroit à l'autre en fonction des résultats de l'évaluation de la vulnérabilité, de l'analyse des solutions de rechange et des échéanciers des projets.

3.10 Dixième principe : Appliquer les principes de gestion des risques pour tenir compte des incertitudes

Utiliser la gestion des risques pour tenir compte des incertitudes

Les ingénieurs devraient posséder un niveau de compétence raisonnable dans la gestion des risques pour évaluer les impacts des changements climatiques sur les systèmes d'ingénierie dont ils sont professionnellement responsables. Les ingénieurs qui ne possèdent pas le niveau d'expertise suffisant devraient s'assurer de faire valider leurs activités par des professionnels qui ont cette expertise.

3.10.1 Explications

L'évaluation de la résilience d'une infrastructure commence par « l'évaluation des risques » qui, dans le contexte de la gestion des risques, implique :

- La détermination et la définition de la menace,
- L'évaluation de la vulnérabilité,
- La détermination des risques et l'établissement de priorités entre ceux-ci,
- Le choix et la mise en application des remèdes,
- La surveillance des progrès et leur signalement.

Les risques/défaillances propres aux éléments (infrastructure, bâtiments et installations) peuvent être structurels (défaillance de l'élément ou de l'un de ses composants) ou opérationnels (capacité inférieure à la demande).

En raison de sa nature, l'évaluation des impacts des changements climatiques est un processus d'évaluation des risques. Dans le cadre de leur travail, les professionnels prévoient le climat futur et attribuent des mesures en ce qui a trait à la probabilité des futurs projetés et à l'importance des impacts de ces changements sur les systèmes dont ils sont responsables. C'est la définition même de l'évaluation du risque. D'autres éléments d'orientation sur les approches de gestion du risque sont disponibles dans le *Guide modèle : la gestion du risque* d'Ingénieurs Canada.

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a publié, dans la série 31000, les normes internationales suivantes en matière de gestion du risque :

1. ISO 31000:2009, *Management du risque ? Principes et lignes directrices* propose des principes, un cadre et un processus de gestion du risque. Tous les organismes peuvent y avoir recours indépendamment de leur taille, de leur activité ou de leur secteur.
2. ISO/IEC 31010: 2009, *Gestion des risques ? Techniques d'évaluation des risques* est axé sur l'évaluation des risques, plus précisément sur les concepts et processus d'évaluation des risques et le choix de techniques d'évaluation des risques.
3. ISO Guide 73:2009, *Management du risque ? Vocabulaire, le complément d'ISO 31000:2009*, renferme un choix de termes et de définitions portant sur la gestion du risque.

Ces normes font l'objet de révisions périodiques, et les ingénieurs devraient s'assurer à l'avenir de consulter leur plus récente édition pour orienter leur exercice.

Dans cette optique et pour tenir compte des impacts potentiels des changements climatiques, les professionnels devraient acquérir une connaissance des techniques d'évaluation du risque ou, au besoin, consulter des professionnels compétents dans ce domaine.

Conscient de cette réalité, Ingénieurs Canada a élaboré un outil à l'intention des ingénieurs pour les aider dans ces évaluations [4]. Le Protocole d'ingénierie du CVIIP (le Protocole) oriente les professionnels dans le processus d'évaluation du risque, de la conception du projet à l'évaluation des options d'adaptation, d'une manière qui tienne compte des facteurs sociaux, environnementaux et économiques. Le Protocole fait partie des outils et des méthodologies élaborés pour aider les professionnels à évaluer les impacts des changements climatiques dans le cadre de l'évaluation du risque. Il se peut que certains ingénieurs ne soient

pas bien au fait de ces méthodologies d'évaluation du risque. Le cas échéant, ils sont invités à consulter des professionnels ayant une expertise en évaluation du risque pour qu'ils les guident à l'aide d'une évaluation rigoureuse de leur travail.

Les ingénieurs qui envisagent d'utiliser des méthodologies d'évaluation du risque dans le cadre de la gestion des impacts des changements climatiques sur les systèmes d'ingénierie doivent respecter les lois fédérales et/ou provinciales/territoriales qui régissent la réalisation de ces évaluations.

L'objectif du présent principe est d'appliquer les techniques courantes d'évaluation des risques aux questions touchant les changements climatiques. La profession d'ingénieur a élaboré un corpus d'information pouvant guider cette activité (https://www.pievc.ca/fr). Il appartient aux ingénieurs de consulter ces connaissances et de les appliquer.

3.10.2 Stratégies

Les stratégies suivantes peuvent aider les ingénieurs à appliquer les principes et les pratiques de gestion des risques climatiques à leur travail afin de tenir compte des impacts du climat actuel et futur.

La liste n'est pas exhaustive et les stratégies ne sont peut-être pas toutes appropriées à la situation en cause. On encourage les ingénieurs à examiner et à mettre en œuvre d'autres stratégies mieux adaptées à la gestion des risques cernés et à communiquer toute nouvelle pratique ou amélioration à leur ordre respectif et à Ingénieurs Canada pour qu'elle puisse être insérée dans la prochaine édition de ce guide national.

- Premièrement, acquérir des compétences en évaluation des risques.
- Prendre conscience et connaissance de l'étendue et de l'applicabilité des outils d'évaluation des risques.
- S'il y a lieu, suivre des cours de formation et de perfectionnement professionnel sur les outils et les approches d'évaluation des risques qui s'appliquent à l'exercice professionnel.
- En cas d'expertise insuffisante en évaluation du risque, demander l'aide de praticiens compétents en la matière.
- S'il y a lieu, avoir recours aux services de praticiens possédant une expertise en évaluation du risque pour obtenir des conseils ou de l'aide concernant l'examen des risques climatiques.
- Envisager d'intégrer l'évaluation du risque dans toutes les étapes du processus – la conception, l'exploitation, l'entretien, la planification, l'approvisionnement, la gestion, etc.
- Différents outils seront applicables à différentes étapes et les ingénieurs devraient s'informer des approches d'évaluation du risque appropriées pour chacune des étapes d'un projet ou d'une tâche d'ingénierie.
- Consulter un large éventail d'intervenants/utilisateurs du système d'ingénierie pour évaluer leur niveau global de tolérance au risque.

Il est très important d'établir la tolérance au risque afin de déterminer si l'intervenant/le propriétaire est prêt à faire un compromis entre accepter un certain niveau de risque ou réduire ce niveau de risque en augmentant les coûts et la complexité (c'est-à-dire prévoir des travaux d'ingénierie et de construction supplémentaires) pour avoir un coefficient de sécurité plus élevé. Il est recommandé d'évaluer avec les intervenants différentes options qui tiennent compte des compromis économiques, environnementaux et sociaux. De cette façon, le soutien de toutes les parties à la solution finale sera assuré.

3.11 Onzième principe : Surveiller l'évolution des responsabilités juridiques

Être au fait des responsabilités juridiques potentielles

Les ingénieurs devraient être au fait des responsabilités juridiques liées à l'utilisation des informations climatiques et météorologiques historiques dans l'exercice de leur profession.

3.11.1 Explications

La jurisprudence est actuellement en pleine évolution en ce qui a trait à cette question.

Les ingénieurs exercent en vertu d'un permis d'exercice, mais aussi en vertu d'un contrat social. Le permis d'exercice est régi par d'autres ingénieurs ainsi que par les organismes de réglementation qui délivrent les permis. Le contrat social est tout aussi important. Les ingénieurs devraient tenir compte des questions qui concernent les intervenants qui leur ont donné le contrat social d'exercer. Dans ce cas, si les changements climatiques sont une préoccupation sociale importante, c'est à ses risques et périls que la profession néglige

cette question. S’ils n’en tiennent pas compte, les ingénieurs devront répondre de leurs actes devant la société et ils risquent, en définitive, d’être écartés au profit d’autres professionnels.

Les ingénieurs ont toujours été tenus responsables des effets de leurs ouvrages sur la santé et la sécurité du public. Compte tenu de la compréhension accrue de la portée et des impacts des changements climatiques, les professionnels peuvent être tenus responsables de prévoir les impacts des changements climatiques dans le cadre de leur travail.

Il est possible que le recours à des codes, des normes et des lignes directrices professionnels qui ne reflètent pas une bonne perception de l’impact des changements climatiques ne soit pas suffisant pour réduire la responsabilité liée à la gestion de ces impacts sur le travail professionnel. Ceci est particulièrement vrai lorsqu’on sait mieux, maintenant, que les informations climatiques historiques ne reflètent probablement pas les conditions climatiques futures. Il sera difficile pour un ingénieur au fait de cette question de prétendre qu’un professionnel travaillant dans sa discipline ne savait pas que les changements climatiques pouvaient avoir des impacts sur son travail. La norme d’exercice raisonnable évolue au rythme de la sensibilisation de la société et de la compréhension des impacts potentiels des changements climatiques de même que de la reconnaissance par les organismes de réglementation du génie du besoin d’établir des normes d’exercice défendables. Il en résulte une évolution correspondante de l’obligation des ingénieurs d’évaluer ces impacts potentiels et d’en tenir compte dans leur travail.

Les ingénieurs ont une bien meilleure compréhension des codes, des normes et des lignes directrices professionnels qui régissent leur exercice professionnel que les non-ingénieurs. À cet égard, ils sont beaucoup mieux placés pour évaluer les incidences des impacts potentiels des changements climatiques sur les informations climatiques et météorologiques et sur les hypothèses intégrées dans leurs outils professionnels. Le fait de ne pas tenir compte de ces incidences peut être interprété comme de la négligence professionnelle et pourrait exposer les ingénieurs à des sanctions professionnelles et/ou des poursuites. Comme une norme peut être déficiente, le simple fait de respecter cette norme périmée pourrait être considéré comme une violation de la norme de diligence des ingénieurs. Dans certaines circonstances, le fait d’appliquer dès la conception les exigences minimales des codes peut quand même être considéré comme de la négligence si les circonstances et la norme de diligence applicable imposent une solution de conception qui va manifestement plus loin que les codes.

Comme il s’agit d’une question en constante évolution, il est important pour les ingénieurs et les organismes de réglementation du génie de se tenir au courant des décisions professionnelles et de la jurisprudence relative aux attentes sociétales en matière d’exercice professionnel. Ne serait-ce que par intérêt personnel, les professionnels devraient communiquer régulièrement avec leur organisme de réglementation afin de déterminer s’il y a eu des changements importants de la jurisprudence en matière de responsabilité dans ce domaine ou si d’autres lignes directrices relatives à la réduction du risque pour les ingénieurs sont en cours d’élaboration. Ainsi, ils prendront conscience de ce que la profession et la société attendent d’eux et prendront les mesures appropriées pour répondre à ces demandes dans l’exercice de leur profession.

3.11.2 Stratégies

Les ingénieurs devraient prendre des mesures raisonnables pour garantir la compréhension de la responsabilité juridique potentielle de leur exercice en général et à l’égard des travaux d’ingénierie. Ils doivent s’assurer que les mesures prennent en compte le climat actuel et futur et adapter les travaux d’ingénierie pour y faire face, de même que documenter toute étape suivie à cet égard. Certaines des stratégies qu’ils pourraient mettre en œuvre sont proposées ci-dessous.

La liste n’est pas exhaustive et les suggestions ne sont peut-être pas toutes appropriées à la situation en cause. On encourage les ingénieurs à les examiner et à chercher d’autres stratégies répondant à la nécessité de faire preuve de diligence raisonnable en ce qui concerne les questions en cause. Ces documents aideront les ingénieurs à s’acquitter de leur responsabilité professionnelle en ce qui concerne cet aspect de l’exercice.

- Consulter l’organisme de réglementation au sujet de toute jurisprudence pertinente pouvant s’appliquer à l’étendue générale des responsabilités en tant qu’ingénieur, y compris les projets, les travaux d’ingénierie ou les tâches pouvant être touchés par des considérations climatiques.
    - Les organismes de réglementation communiquent régulièrement les cas de mesures disciplinaires et feront part de ces cas lorsqu’ils se présentent.
    - Les organismes de réglementation peuvent élaborer des guides d’exercice axés sur le climat ou qui y font référence dans le contexte de domaines de pratique plus spécifiques.
- Tenir un registre des stratégies mises en œuvre pour tenir compte des enjeux des changements climatiques dans le cadre de l’exercice quotidien, au besoin ou dans le cadre de la documentation des tâches ou du projet terminé.
- Suivre suffisamment de formations professionnelles sur les changements climatiques et la météorologie pour acquérir une meilleure connaissance de la climatologie, des mesures, des données et des définitions afin d’être en mesure d’examiner les analyses climatiques et les conseils des

climatologues et des spécialistes du climat.

- Selon le besoin, consulter des spécialistes du climat pour contribuer à l’élaboration des mesures d’adaptation aux changements climatiques.
- Dans les documents et les dossiers de travail, consigner la documentation écrite sur la formation et la consultation sur les changements climatiques et la météorologie.

4. Autres ressources

En 2015, l’American Society of Civil Engineers (ASCE) a publié un livre blanc renfermant des informations très détaillées sur l’adaptation des infrastructures et de l’exercice du génie civil aux changements climatiques (https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784479193). Le résumé décrit l’objectif et la portée du document en ces termes (traduction libre) :

« Ce livre blanc a pour but :

- de favoriser la compréhension et la transparence des méthodes analytiques nécessaires pour mettre à jour les informations climatiques et décrire le climat, y compris les changements pouvant survenir dans la fréquence et l’intensité des phénomènes météorologiques et extrêmes, et pour planifier et concevoir l’ingénierie des milieux bâtis et naturels;
- de déterminer (et d’évaluer) des méthodes d’évaluation des impacts et des vulnérabilités provoqués par les conditions climatiques changeantes sur les milieux bâtis et naturels;
- de faire la promotion de la communication de pratiques exemplaires dans l’exercice du génie civil pour aborder les incertitudes liées au développement et aux conditions qui changent à l’échelle des projets, notamment sur les plans du climat, des conditions météorologiques, des environnements extrêmes et de la nature et de la portée des milieux bâtis et naturels. »

Il comprend les sections suivantes :

- La section 2, *Review of climate science for engineering practice*, donne un aperçu des connaissances actuelles de la climatologie et de la météorologie, ainsi que de leurs limites et de leur pertinence pour l’exercice du génie.
- La section 3, *Incorporating climate science into engineering practice*, présente les difficultés liées à l’intégration de la climatologie et de la météorologie à l’exercice du génie.
- La section 4, *Civil engineering sectors*, examine les impacts des changements climatiques sur certains secteurs, y compris les codes et les normes susceptibles d’être touchés, et renferme des recommandations de mesures.
- La section 5, *Research, Development and Demonstration needs*, propose de la recherche et d’autres activités pour faire progresser les pratiques et les normes du génie civil afin de répondre adéquatement aux impacts des changements climatiques.
- La section 6, *Summary, Conclusions and Recommendations*, fait une analyse de la prise de décision à court terme et des recommandations de recherche, de développement et de mise en application de pratiques améliorées.

Les ingénieurs prenant part à des stratégies d’adaptation de la planification et de la mise en œuvre sont invités à consulter ce livre blanc pour avoir de l’information de base sur la climatologie et mieux comprendre les difficultés auxquelles ils sont confrontés et comment y répondre.

Bibliographie

American Society of Civil Engineers, « Adapting Infrastructure and Civil Engineering Practice to a Changing Climate », Committee on Adaptation to a Changing Climate; J. Rolf Olsen, Ph.D. (dir.), 2015, ISBN (version imprimée) : 9780784479193

Ingénieurs Canada, Bureau canadien des conditions d'admission en génie, *Guide modèle : la gestion du risque*, août 2012

Ingénieurs Canada, Bureau canadien des conditions d'admission en génie, *Guide sur le Code de déontologie*, avril 2012

Ingénieurs Canada, *Protocole d'ingénierie du CVIIP pour l'évaluation de la vulnérabilité des infrastructures et l'adaptation au changement climatique – Principes et lignes directrices*, révision PG-10.1, mars 2013

Ingénieurs Canada, Bureau canadien des conditions d'admission en génie, « Guide national sur le développement durable et la gérance environnementale », octobre 2016

Ouranos, « Guide sur les scénarios climatiques ? Utilisation de l'Information climatique pour guider la recherche et la prise de décision en matière d'adaptation », édition 2016

Annexe A – Définitions

Pour les besoins du présent guide, les définitions et les termes suivants s'appliquent.

Adaptation aux changements climatiques : Ajustement dans les systèmes naturels ou humains en réaction à des changements climatiques réels ou prévus, qui atténue les effets négatifs ou exploite des occasions favorables

Atténuation : Dans le contexte du présent guide, l'atténuation désigne le changement technologique et les changements dans les activités qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre, atténuant par le fait même les émissions anthropogéniques responsables des changements climatiques.

Atténuation des risques climatiques : Mesures prises pour atténuer le niveau de risque associé aux changements dans les conditions climatiques. Ces mesures peuvent comprendre des modifications de la conception des systèmes ou d'autres adaptations procédurales, opérationnelles ou de gestion visant à atténuer les impacts des risques établis.

Changements climatiques : Variations significatives sur le plan statistique, soit dans l'état moyen du climat soit dans sa variabilité, persistant sur longue période (en général, plusieurs décennies ou davantage). Les changements climatiques peuvent être la conséquence de processus internes naturels ou de contraintes externes, ou de changements attribués à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère ou l'utilisation des terres.

Climat : Statistiques des événements météorologiques sur une longue période. Les événements météorologiques, eux, décrivent des événements distincts à un moment précis et en un point précis.

Climatologue : Personne chargée de l'élaboration ou de l'exécution de projections climatiques fondées sur un ou plusieurs modèles climatiques.

Développement durable : Développement qui répond aux besoins sociaux, économiques et environnementaux du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs [14].

Diligence raisonnable : Prudence raisonnable dont une personne doit faire preuve, dans les circonstances, pour éviter de causer du tort à d'autres personnes, à la propriété et à l'environnement. Dans l'exercice de la profession, les ingénieurs doivent consigner les mesures qu'ils ont prises pour démontrer qu'ils ont fait preuve de diligence raisonnable.

Durabilité : Capacité à répondre aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins, par l'application équilibrée d'une planification intégrée et la combinaison de processus décisionnels environnementaux, sociaux et économiques.

Effets cumulatifs : Effets individuels progressifs, additifs et synergiques à tel point qu'ils doivent être considérés de manière collective et au fil du temps, et ce, afin d'obtenir une mesure réelle des effets totaux et des coûts environnementaux associés à une activité.

Effet négatif : Atteinte ou dommage causé à l'environnement, ainsi qu'à la santé, la sécurité ou la propriété humaine.

Information climatique : Données et projections et tout autre type de facteur ou d'hypothèse climatique ou autre. Dans d'autres ouvrages, cette information peut être appelée facteurs ou paramètres climatiques.

Ingénieur : Titre réservé donné à une personne titulaire d'un permis d'exercice du génie en vertu de la loi sur les ingénieurs applicable dans une province ou un territoire du Canada. Les ingénieurs utilisent la désignation « **ing.** » ou « **Eng.** » au Québec, « **ing.** » ou « **P.Eng.** » au Nouveau-Brunswick, et « **P.Eng.** » dans les autres provinces et territoires du Canada.

Intervenant : Personne ou organisme directement concerné ou touché par un aménagement, un produit ou une activité, ou qui a un intérêt dans celui-ci.

Jugement professionnel : Niveau de compétence et de connaissance des normes techniques acquis après de nombreuses années de formation et d'exercice professionnel sous la direction de praticiens chevronnés et de nombreuses années d'exercice dans un domaine particulier du génie. En règle générale, il faut quatre ans d'université, cinq ans d'exercice sous la direction d'ingénieurs titulaires de permis, puis de nombreuses années de travail en tant qu'ingénieur avant que la profession ne juge qu'une personne possède toutes les qualités requises pour exercer un jugement professionnel de façon autonome.

Loi : La loi sur les ingénieurs applicable dans la province ou le territoire. Certaines lois englobent les « géoscientifiques » ou les « géologues et géophysiciens ».

Ordres constituants : Les douze ordres provinciaux et territoriaux qui réglementent l'exercice de la profession d'ingénieur dans leur zone de compétence respective. Désormais désignés sous l'appellation « organismes de réglementation ».

Résilience : Capacité d'un système à résister aux contraintes, à s'adapter, à récupérer d'une crise ou d'une catastrophe et à continuer de fonctionner. La résilience est l'avantage social d'efforts collectifs en vue de renforcer la capacité collective et la capacité à résister aux contraintes, y compris celles causées par les changements climatiques.

Résilience écologique : Stratégies permettant d'augmenter la résilience des projets face aux phénomènes météorologiques extrêmes et aux changements climatiques tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre des projets.

Responsabilité : Responsabilité juridique envers une personne ou une société, exécutoire par recours civil ou sanction pénale.

Spécialiste du climat : Toute personne qui compile, analyse et/ou interprète des données météorologiques et/ou climatologiques, qui produit ou interprète des prévisions météorologiques et toute autre personne qui peut interpréter des informations climatiques. Les termes « météorologue » ou « spécialiste des prévisions météorologiques » désignent les personnes qui fournissent des informations climatiques fondées sur des données mesurées. Dans le présent document, le terme « spécialiste du climat » englobe toutes ces personnes.

Système d'ingénierie : Toute infrastructure civile, y compris les bâtiments ou les ouvrages d'ingénierie, qui interagit avec le climat ou peut en subir les impacts.

Temps : Événements spécifiques qui ont lieu à l'intérieur d'un ensemble de données météorologiques. Le terme temps est utilisé pour décrire des événements distincts à un moment précis et en un point précis. Données uniques qui contribuent à un sommaire statistique global.

Tolérance au risque : Degré de risque lié aux changements climatiques que le client est prêt à accepter.

Vulnérabilité de l'ingénierie : Différence entre la capacité d'un système d'ingénierie et les charges qu'il est prévu que le système devra supporter.

Vulnérabilité : Degré auquel un système est capable ou non de faire face aux effets climatiques néfastes, incluant les variations climatiques extrêmes ou tout autre événement naturel ou découlant d'activités humaines.

Notes de fin de document

[1] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2012 : « Gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique ». Rapport des Groupes de travail I et II du GIEC, Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor et P.M. Midgley (dir.), Cambridge University Press, Cambridge, R.-U., et New York, NY, É.-U., 582 p. (version anglaise).

[2] Communiqué de presse du GIEC. http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/IPCC_Press_Release_SREX.pdf

[3] Bureau canadien des conditions d’admission en génie, *Guide sur le Code de déontologie,* Ingénieurs Canada, 2012

[4] Ingénieurs Canada, *Protocole d’ingénierie du CVIIP pour l’évaluation de la vulnérabilité des infrastructures et l’adaptation au changement climatique*, version 10.1, juin 2016 https://pievc.ca/srv/drupal-engineerscanada-website/src/sites/default/files/pievc-protocol-principles-guidelines-june-2016-part_1-e.pdf

[5] Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC), 2007, Summary for Policymakers. Dans Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (dir.), Cambridge University Press, Cambridge, R.-U., p. 7-22.

[6] GIEC, Summary for Policymakers, Climate Change 2007, Working Group III, Mitigation of Climate Change, 2007

[7] Climate Change: Engineers are More Important Than Governments, Professor Geoff Maitland, Institution of Chemical Engineers (IChemE), avril 2014

[8] The Need for Mitigation, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Novembre 2006

[9] Low Carbon Energy Futures: A Review of National Scenarios, Trottier Energy Futures Project, 2013

[10] Cool it: The Climate Issue, *National Geographic,* novembre 2015

[11] After Oil: Powering the Future, *National Geographic,* août 2005

[12] Construire des alliances puissantes - priorités et orientations en sciences et en technologies énergétiques au Canada, Groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l’énergie durable, 2006

[13] The Need for Mitigation, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), November, 2006

[14] Définition tirée du Rapport de la Commission Brundtland