



Intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans des outils d'aide à la décision organisationnels

Rapport final
Mars 2025

G R O U P E
AGÉCO


Ouranos

Intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans des outils d'aide à la décision organisationnels

Rapport final
Mars 2025

ÉQUIPE DE RÉALISATION :

Kristelle Audet, Groupe AGÉCO

Julien Beaulieu, Groupe AGÉCO

Julie-Anne Chayer, Groupe AGÉCO

Ursule Boyer-Villemaire, Ouranos

Clara Champalle, Ouranos

Titre du projet Ouranos: Intégration des changements climatiques dans les outils d'analyses socioéconomiques.

Numéro du projet Ouranos: 712400

Citation suggérée:

Audet, K., Beaulieu J, Boyer-Villemaire, U., Champalle, C., Chayer, J-A., Intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans des outils d'aide à la décision organisationnels. Rapport présenté à Ouranos. Montréal. Groupe AGÉCO. 2025. 49 p.

Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent pas Ouranos ni ses membres. Toute utilisation ultérieure du document sera au seul risque de l'utilisateur sans la responsabilité ou la poursuite juridique des auteurs.

Résumé

Ce rapport présente la synthèse d'un balisage des bonnes pratiques d'intégration de l'adaptation aux changements climatiques à sept outils d'aide à la décision utilisés notamment dans les organisations offrant des services essentiels (électricité, télécommunication, etc.) appuyés par des réseaux d'infrastructures nécessitant des investissements importants. Le rapport résulte d'une collaboration entre les experts d'Ouranos et du Groupe AGÉCO.

Les outils documentés sont les suivants :

- l'analyse de marché,
- l'appréciation des risques physiques,
- la valeur à risque climatique,
- l'analyse coûts-avantages,
- les courbes de dégradation,
- la réserve climatique
- ainsi que l'évaluation de la fiabilité du service.

Le rapport est accompagné d'un fichier Excel présentant de façon détaillée les bonnes pratiques identifiées pour chacun des outils d'aide à la décision. Ce fichier permet également à l'utilisateur de réaliser une analyse des écarts entre les pratiques en place au sein de l'organisation et les pratiques à mettre en œuvre pour appuyer l'intégration de l'adaptation aux changements climatiques.



Table des matières

Résumé.....	3
Table des matières	4
Liste des figures	5
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations, sigles et acronymes	6
1 Contexte et objectifs	7
1.1 Contexte.....	7
2 Méthodologie	8
1.1 Principes directeurs	8
2.2 Revue des outils	10
3 Revue des outils	12
3.1 Analyse de marché.....	12
3.2 Appréciation des risques physiques reliés aux changements climatiques.....	15
3.3 Valeur à risque climatique	18
3.4 Analyse coûts-avantages (ACA).....	20
3.5 Courbe de dégradation des actifs.....	22
3.6 Réserve climatique	25
3.7 Évaluation de la fiabilité du service.....	27
4 Discussion et recommandations.....	31
Références.....	33



Liste des figures

Figure 1. Liste des sept outils d'aide à la décision choisis selon le niveau de prise de décision correspondant	7
Figure 2. Synthèse des principes directeurs en adaptation aux CC identifiés dans les cadres de référence. Source : Groupe AGÉCO.....	9
Figure 3. Approche systémique pour évaluer les risques des changements climatiques pour des infrastructures, tiré de Dawson et al., 2018.	15
Figure 4. Illustration de la valeur à risque climatique, tirée de Prettenthaler et al., 2016.....	18
Figure 5. Intégration de l'adaptation aux changements climatiques dans l'Analyse coûts-avantages, inspiré de Ouranos, 2021.	20
Figure 6. Effets des changements climatiques sur la courbe de dégradation des actifs, tiré de BRF 2022	22
Figure 7. Cadre conceptuel de la résilience climatique des systèmes de production d'électricité, tiré de (IEA, 2020).....	27
Figure 8. Interactions entre les sept outils à l'étude.....	31

Liste des tableaux

Tableau 1 . Cadres de références utilisés pour l'identification des principes directeurs	8
Tableau 2. Principes directeurs et cadres de référence correspondants	9
Tableau 3. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'analyse de marché.....	13
Tableau 4. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'appréciation des risques physiques.....	16
Tableau 5. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à la valeur à risque climatique	19
Tableau 6. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'analyse coûts-avantages	20
Tableau 7. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à la courbe de dégradation des actifs	23
Tableau 8. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à la réserve climatique.....	25
Tableau 9. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'évaluation de la fiabilité	28

Liste des abréviations, sigles et acronymes

AACE	Association for the Advancement of Cost Engineering
ACA	Analyse coûts-avantages
BRF	Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario
CAPEX	Dépenses d'investissement (capital expenditures)
CC	Changements climatiques
F et E	Fonctionnement et entretien
IFRS	International Financial Reporting Standards
ISO	International Organization for Standardization
ITE	Intrant-Traitement-Extrant
MSCI	Morgan Stanley Capital International
SSP	Shared Socioeconomic Pathways
TCFD	Taskforce on Climate-related Financial Disclosures
TNFD	Taskforce on Nature-related Financial Disclosures
VaR	Valeur à risque
VOLL	Value of Loss Load

1 Contexte et objectifs

1.1 Contexte

L'adaptation aux changements climatiques n'est pas un domaine nouveau : par exemple, le sujet avait déjà été discuté lors de la première conférence des parties (COP1) en 1995. Toutefois, les méthodes et outils pour intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans les organisations sont en émergence.

Selon S&P Global, seulement une entreprise sur cinq s'est dotée d'un plan d'adaptation pour les risques physiques. De plus, les entreprises des secteurs offrant des services essentiels et détenant des infrastructures importantes sont en avance sur les autres secteurs par rapport à la publication d'un plan d'adaptation et à l'intégration des recommandations du TCFD. Cette avance est expliquée par la sensibilité de leurs infrastructures aux aléas et par la matérialité des changements climatiques (CC) pour leur secteur (Laidblaw et al., 2023).

Un des défis de la prise en compte des CC dans les grandes organisations est l'intégration de cette dimension dans les processus et les outils d'analyse existants, de façon cohérente à travers les chaînes de valeurs et alignée avec les bonnes pratiques en adaptation aux CC.

À la suite d'une revue de littérature, Ouranos a identifié plusieurs outils d'analyse s'adressant aux grandes organisations. En particulier, sept outils ont été sélectionnés en raison de leur potentiel d'intégration des considérations liées à l'adaptation aux CC de manière plus systématique (voir Figure 1).

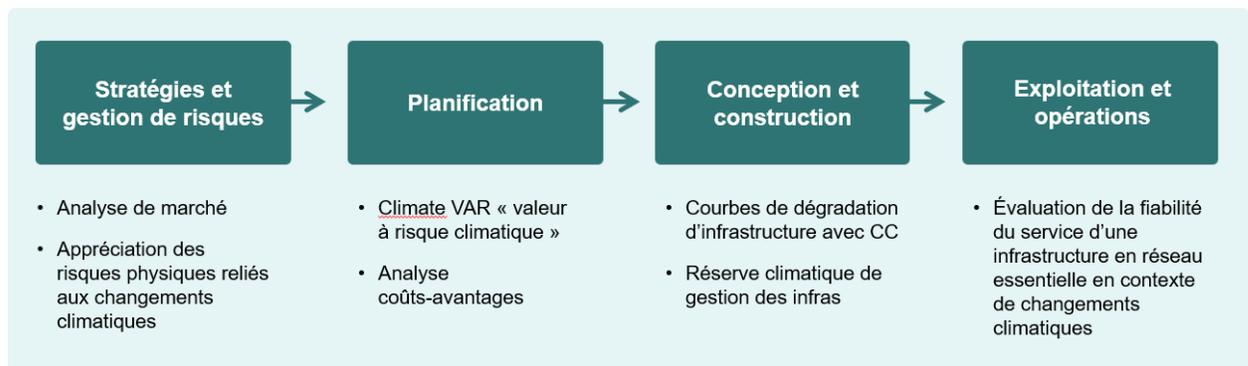


Figure 1. Liste des sept outils d'aide à la décision choisis selon le niveau de prise de décision correspondant

Pour creuser cette piste, Ouranos souhaitait réaliser un balisage des bonnes pratiques autour de ces sept outils. Cet exercice avait pour but de :

- Déterminer comment ces outils peuvent être utilisés dans l'évaluation et la gestion des risques climatiques en entreprise;
- Proposer des recommandations sur les bonnes pratiques d'utilisation afin d'en optimiser l'usage en contexte d'adaptation aux CC.

Pour l'appuyer, Ouranos a sollicité l'expertise du Groupe AGÉCO, un chef de file dans les domaines de l'analyse économique et de la responsabilité d'entreprise.

Le présent rapport détaille la méthodologie employée par Groupe AGÉCO et Ouranos pour documenter les bonnes pratiques reliées à chacun des outils présentés ci-dessus. Il présente une synthèse des bonnes pratiques recensées, lesquelles sont présentées de façon détaillée dans le document Excel qui accompagne ce rapport.

2 Méthodologie

La présente section passe en revue l'identification de principes directeurs en adaptation aux CC auxquels les bonnes pratiques identifiées dans le cadre de ce projet peuvent se rattacher. Ensuite, la méthodologie utilisée pour réaliser la revue des sept outils est expliquée plus en détail.

1.1 Principes directeurs

Les sept outils choisis pour le présent balisage diffèrent grandement quant à leur prise en compte de l'adaptation aux CC. Ainsi, avant de procéder au balisage, des principes directeurs en lien avec l'adaptation ont été identifiés. Ces principes proviennent de divers cadres de référence, dont le Plan pour une économie verte du Gouvernement du Québec, la Stratégie nationale d'adaptation du Canada, les recommandations du TCFD et du TNFD, etc.

L'identification de principes directeurs en adaptation avait deux principaux objectifs :

1. Catégoriser les bonnes pratiques identifiées selon différents thèmes liés à l'adaptation aux CC;
2. S'appuyer sur des principes directeurs afin de proposer des pratiques permettant d'amorcer l'intégration de l'adaptation dans le cas d'outils pour lesquels peu de bonnes pratiques ne pouvaient être identifiées.

Les publications utilisées comme cadres de références sont présentées dans le Tableau 1. Le choix des publications à prendre en compte a été réalisé en collaboration avec Ouranos.

Tableau 1. Cadres de références utilisés pour l'identification des principes directeurs

Publications	Identifiant
Gouvernement du Québec (2023), Plan pour une économie verte 2023-2028	QC
Gouvernement du Canada (2023), Stratégie nationale d'adaptation du Canada	SN
Gouvernement de la Colombie-Britannique (2022), B.C Climate Preparedness and Adaptation Strategy	BC
Recommendations of the Taskforce on Climate-related Financial Disclosures (2017)	TCFD
Recommendations of the Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (2023)	TNFD
ICLEI Canada (2022), The Cost of Doing Nothing	ICLEI
Association canadienne de l'électricité (2021), Guide de planification de l'adaptation destiné aux entreprises d'électricité au Canada	AÉ
UNEP (2022), Adaptation GAP Report 2022	UNEP
European Commission (2023), EU Taxonomy	EU
Assessing Low Carbon Transition (2023), ACT Adaptation Methodology	ACT
G15+, Feuille de route	G15
One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP) (2022), One Health: A New Definition for a Sustainable and Healthy Future	OH

Une synthèse des principes directeurs identifiés dans les cadres de référence est présentée dans la Figure 2. L'objectif ici n'est pas de présenter des définitions intégrées pour chacun des principes, mais plutôt d'attirer l'attention du lecteur sur le fait que des formulations de ces principes sont reprises par plusieurs cadres de références.

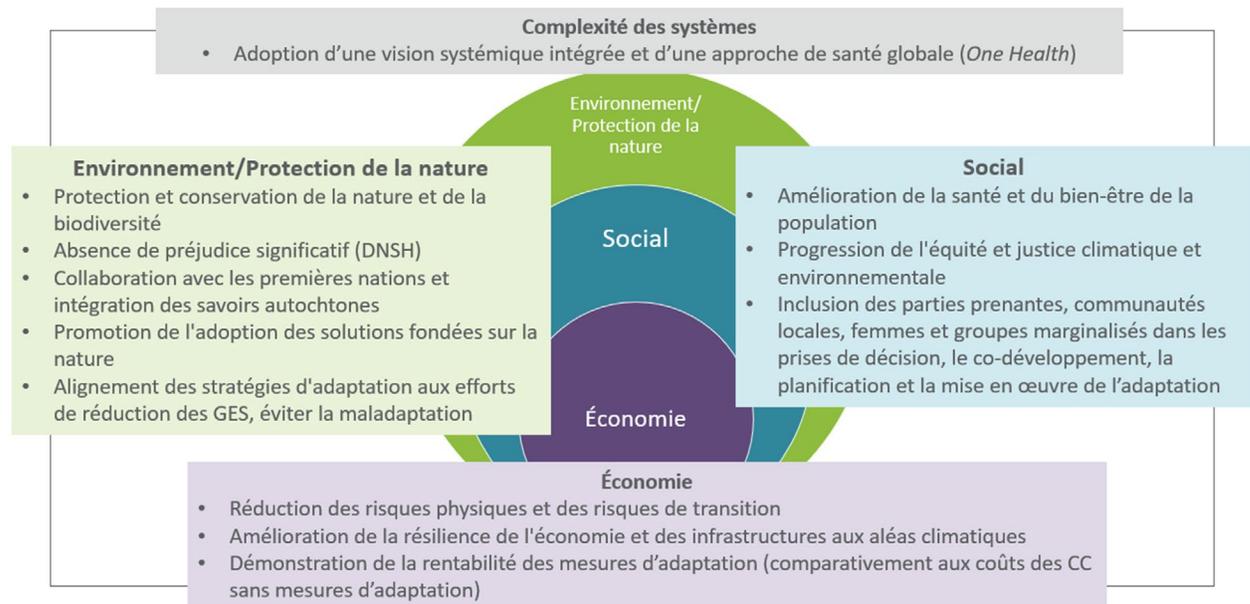


Figure 2. Synthèse des principes directeurs en adaptation aux CC identifiés dans les cadres de référence. Source : Groupe AGÉCO.

Pour obtenir plus d'information sur chacun des principes identifiés, le lecteur est invité à consulter les cadres de références desquels ils sont tirés, tel que présenté dans le Tableau 2.

Tableau 2. Principes directeurs et cadres de référence correspondants

Principes directeurs	Cadres de référence
Complexité des systèmes	
Adoption d'une vision systémique intégrée et d'une approche « une seule santé »	ICLEI, EU, OH
Environnement/protection de la nature	
Protection et conservation de la nature et de la biodiversité	SN, BC, TNFD, EU, ACT, G15
Collaboration avec les Premières Nations et intégration des savoirs autochtones	SN, BC, ICLEI, UNEP, G15
Absence de préjudice significatif* (DNSH)	EU, ACT
Promotion de l'adoption des solutions fondées sur la nature	BC
Alignement des stratégies d'adaptation aux efforts de réduction des GES (éviter la maladaptation)	QC, SN, BC, UNEP, EU, ACT
Social	
Amélioration de la santé et du bien-être de la population	SN, BC, UNEP, G15, OH
Progression de l'équité et de la justice climatique	SN, BC, UNEP
Inclusion des parties prenantes, communautés locales, femmes et groupes marginalisés dans les prises de décision, le co-développement, la planification et la mise en œuvre de l'adaptation	SN, BC, UNEP, G15

Principes directeurs	Cadres de référence
Économie	
Réduction des risques physiques et des risques de transition	SN, BC, AÉ, TCFD, TNFD, ACT
Amélioration de la résilience de l'économie et des infrastructures aux aléas climatiques	QC, SN, BC, AÉ, UNEP
Démonstration de la rentabilité des mesures d'adaptation (comparativement aux coûts des CC sans mesures d'adaptation)	SN, BC, B-V, ICLEI, AÉ

2.2 Revue des outils

Pour ce projet, une recherche documentaire a été employée. Cette méthodologie de recherche repose sur l'analyse de documents pour dégager des connaissances. Puisque le sujet d'étude concerne l'utilisation d'outils, tant des articles scientifiques que des documents de la littérature grise (rapports, guides, normes et sites web) ont été consultés. Une recherche bibliographique réalisée par Ouranos ainsi que d'autres sources suggérées par ses chercheurs ont servi de point de départ pour certains outils.

L'équipe du projet a procédé à une revue de littérature ciblée. Cette méthode se distingue d'une revue de littérature systématique, qui repose sur des critères de recherche définis et qui s'appuie sur des lignes directrices claires (ex. : PRISMA). Le choix de la méthode ciblée se justifie en fonction des objectifs de la présente étude ainsi que de la maturité du sujet d'étude. Notamment, le projet se veut un recensement rapide des bonnes pratiques et ne cherche pas à répondre à une question de recherche particulière. Également, l'intégration de l'adaptation aux CC au sein de chaque outil est en émergence et le nombre d'articles pertinents n'est pas susceptible d'être élevé. Les moteurs de recherche Google et Google Scholar ont été utilisés. Les références des sources consultées ont permis d'ajouter d'autres documents pertinents.

Pour chaque source consultée, des extraits en lien avec de bonnes pratiques ont été recensés. Pour plusieurs articles scientifiques, ces citations se retrouvaient en introduction, dans la section méthodologique ou dans la discussion des limites de l'étude.

La recherche documentaire s'est poursuivie jusqu'à atteindre une certaine saturation. Autrement dit, elle s'est arrêtée au moment où l'ajout de nouvelles sources n'amenait plus de nouveaux éléments à prendre en compte.

Le modèle intrant-traitement-extrant (en anglais : input-process-output) est une technique utilisée en analyse des systèmes pour décrire un processus simple. (Grady, 1995). Lorsqu'appliqué à un outil d'aide à la décision, le modèle intrant-traitement-extrant (ITE) se décompose en trois éléments : les intrants, le traitement et les extrants.

L'étape des intrants détaille les informations à recueillir ainsi que les étapes à entreprendre avant de commencer l'évaluation. Des données peuvent provenir de sources internes ou externes. Certains éléments à préciser concernent les objectifs de l'étude, les hypothèses choisies, les scénarios utilisés et la méthodologie à employer.

Le traitement concerne l'étape d'évaluation et d'analyse de l'outil. Différentes méthodes quantitatives ou qualitatives peuvent être employées : modélisation, calculs, analyse d'impact, etc. Pour certains outils, certaines pistes d'action (ex. : réponses aux risques) peuvent également être analysées.

L'étape des extrants cible les résultats principaux de l'outil et leur diffusion à l'interne et à l'externe. C'est à cette étape que des recommandations peuvent être émises. À noter que l'extrant d'un outil peut servir d'intrant à un autre.

Pour fin d'analyse, chaque outil a été abordé selon le modèle ITE et les extraits ont été séparés selon s'ils concernent principalement les intrants, leur traitement ou les extrants. Au besoin, les extraits ont été regroupés de manière à formuler de bonnes pratiques. Chaque bonne pratique a été liée à un ou plusieurs des principes directeurs mentionnés plus haut. De plus, l'examen des principes directeurs a permis de proposer d'autres bonnes pratiques n'ayant pas été recensées dans la recherche documentaire.

Enfin, un niveau de priorité a été assigné pour chaque bonne pratique. L'échelle de priorité s'inspire de la méthode MoSCoW en fonction des échelons suivants :

- Indispensable (must-have) : doit être fait.
- Essentiel (should-have) : devrait être fait, mais n'est pas critique au fonctionnement de l'outil.
- Souhaitable (could-have) : pourrait être fait, si l'entreprise souhaite améliorer l'outil.
- Non prioritaire : pourrait éventuellement être fait, mais n'est pas jugé prioritaire.



3 Revue des outils

La section suivante présente chaque outil selon le modèle ITE. Par la suite, les bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC sont énumérées. À noter qu'un document Excel accompagnant ce rapport présente de manière plus détaillée chaque bonne pratique, indique les principes directeurs qui y sont reliés et précise le niveau de priorité qui s'y rattache.

3.1 Analyse de marché

L'analyse de marché vise à soutenir l'élaboration des stratégies d'entreprise, en s'appuyant sur des balisages et l'intelligence de marché. Elle constitue une base pour des recommandations au comité de gestion et ces choix figureront ultimement dans le plan stratégique de l'organisation. Ces stratégies constitueront par la suite des intrants pour la planification annuelle. Les retombées de ces décisions sont l'appropriation et le suivi du plan stratégique.

L'intégration de l'adaptation aux CC à l'étape d'intrant de l'analyse de marché implique la révision de documentation et de données secondaires pour comprendre les impacts des (CC) sur l'environnement d'affaires de l'organisation, y compris l'offre et la demande de biens et services, la santé et la justice climatique, et les impacts sur les Premières Nations et la biodiversité. Cette étape se concentre également sur la collecte d'informations sur les risques et opportunités liés à l'adaptation aux CC, y compris les mesures d'adaptation, les économies de ressources, et l'impact de la transition et de l'adoption de mesures d'adaptation.

Ensuite, le traitement des informations collectées se concentre sur l'analyse des impacts des CC sur différentes sphères. Cette étape inclut la collecte de données primaires pour compléter la documentation sur les risques et opportunités liés à l'adaptation aux aléas climatiques.

Par la suite, les extrants de l'analyse de marché sont partagés en interne pour informer la stratégie d'adaptation aux CC de l'organisation et contribuer à la divulgation externe, notamment en ce qui concerne les exigences de divulgation telles que le TCFD (Task Force on Climate-related Financial Disclosures) et le TNFD (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures).

Les bonnes pratiques pour l'outil d'analyse de marché sont présentées au Tableau 3. Celles-ci sont regroupées selon si elles concernent les intrants, leur traitement ou les extrants. Davantage d'informations sont disponibles dans l'outil Excel accompagnant ce rapport.

Tableau 3. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'analyse de marché

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Intrant		
Collecte d'information 1) Reconnaître les enjeux : Collecte d'information (revue de la documentation et données secondaires) sur les impacts des CC sur l'environnement d'affaires de l'organisation	Impacts des CC sur l'environnement d'affaires	Documenter les impacts des CC sur l'offre et la demande de biens et services.
	Scénarios climatiques multiples	Assurer la prise en compte de plusieurs scénarios différents issus de différents modèles de projections climatiques (ex. : scénarios SSP).
	Scénarios de transition québécois ou canadiens	Prendre en compte des scénarios de transition spécifiques au Québec ou au Canada et leurs implications sur l'offre et la demande de biens et services.
	Données sur les coûts associés aux aléas climatiques	Tenir compte des données internes et externes pertinentes pour documenter les impacts des CC sur l'offre et la demande.
	Impacts des CC sur la santé et la justice climatique	Documenter les impacts des chocs, stress et modification des écosystèmes sur la santé, la justice climatique et environnementale.
	Impacts des CC sur les Premières Nations	Documenter les impacts des phénomènes extrêmes, stress climatique et modifications des écosystèmes sur l'accès et le coût des biens et services pour les Premières Nations.
	Impacts des CC sur les écosystèmes et la biodiversité	Documenter les impacts (positifs ou négatifs) des chocs, stress et modification des écosystèmes et de la biodiversité près des sites où des actifs importants sont situés.
	Impacts sur la réputation de l'organisation	Documenter les impacts potentiels des CC sur la réputation de l'organisation (ex. : revue de presse).
Collecte d'information 2) Se préparer (Identifier les opportunités, analyser les options) : Collecte d'information sur les risques et opportunités en lien avec l'adaptation aux CC	Plan d'adaptation	Identifier les mesures du plan d'adaptation aux CC de l'organisation pouvant avoir un impact sur l'offre et la demande.
	Économies des ressources	Documenter les potentielles avenues pour économiser la consommation d'énergie, dans un effort de transition et d'adaptation.
	Impacts de la transition et de l'adoption de mesures d'adaptation	Documenter les impacts de la transition et de l'adoption de mesures d'adaptation sur l'offre et la demande.
	Solutions fondées sur la nature	Réaliser une veille sur les solutions inspirées par la nature pouvant améliorer la résilience des infrastructures de l'organisation.
	Nouvelles technologies	Réaliser une veille sur les nouvelles technologies et solutions innovantes visant à améliorer la résilience des réseaux énergétiques en contexte de CC.
	Changements réglementaires en appui à la transition et l'adaptation	Réaliser une veille des changements réglementaires (d'ici et d'ailleurs) pouvant appuyer la transition énergétique et l'adaptation aux CC.
	Intégration des savoirs autochtones pour identifier des mesures d'adaptation	Documenter les savoirs autochtones qui pourraient appuyer l'identification de nouvelles mesures d'adaptation.
	Intégration des savoirs locaux pour identifier les mesures d'adaptation	Documenter les savoirs locaux pouvant appuyer l'identification de nouvelles mesures d'adaptation.
	Analyse de rentabilité des mesures d'adaptation	Documenter les coûts potentiels pouvant être évités via l'adoption de mesures d'adaptation.

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Traitement		
Collecte d'information 1) Reconnaître les enjeux : Compléter la documentation des impacts des CC sur l'environnement d'affaires via la collecte de données primaires	Impacts des CC sur l'environnement d'affaires	Collecter des données primaires et réaliser des analyses des données internes de l'organisation pour documenter les impacts des CC sur l'offre et la demande de biens et services.
	Impacts des CC sur la santé et la justice climatique	Collecter des données primaires et réaliser des analyses des données internes sur les impacts des chocs, stress et modifications des écosystèmes sur la santé et la justice climatique et environnementale.
	Impacts des CC sur les Premières Nations	Collecter et analyser des données internes sur les impacts des phénomènes extrêmes, stress climatique et modifications des écosystèmes sur l'accès et le coût des biens et services pour les Premières Nations.
	Impacts des CC sur les écosystèmes et la biodiversité	Collecter et analyser des données primaires et des données internes sur les impacts des chocs, stress et modification des écosystèmes et de la biodiversité près des sites où des actifs importants sont situés.
	Impacts sur la réputation de l'organisation	Collecter des données primaires et analyser des données internes sur les impacts potentiels des CC sur la réputation de l'organisation.
Collecte d'information 2) Se préparer (analyser les options) : Compléter la documentation sur les risques et opportunités en lien avec l'adaptation aux aléas climatiques via la collecte de données primaires	Impacts de la transition et de l'adoption de mesures d'adaptation	Collecter des données primaires sur les impacts de la transition et de l'adoption de mesures d'adaptation sur l'offre et la demande.
	Savoirs et savoir-faire autochtones pour identifier des mesures d'adaptation	Partager des connaissances et établir des partenariats avec les Premières Nations pour appuyer l'identification de mesures d'adaptation.
	Savoirs et savoir-faire locaux pour identifier les mesures d'adaptation	Partager des connaissances et établir des partenariats étroits avec les populations locales pour identifier les mesures d'adaptation.
	Rentabilité des mesures et opportunités d'adaptation	Collecter des données primaires pour documenter les coûts potentiels évités et évaluer la rentabilité des mesures d'adaptation.
Extrants		
Gouvernance : Partage de l'analyse à l'interne et pour alimenter la divulgation externe (ex. TCFD, TNFD)	Partage de l'information	Partager l'information recueillie via l'analyse de marché aux autres équipes de l'organisation.
	Stratégie d'adaptation	Intégrer l'information recueillie via l'analyse de marché pour informer la stratégie d'adaptation de l'organisation et la divulgation d'information pertinentes (ex. TCFD).
	Appréciation des risques	Utiliser les extrants de l'analyse de marché pour nourrir les réflexions de l'outil "appréciation des risques".

Source : Groupe AGÉCO. Légende : **Indispensable**, **Essentiel**, **Souhaitable**, **Non prioritaire**

3.2 Appréciation des risques physiques liés aux changements climatiques

L'appréciation des risques physiques comprend l'évaluation des conséquences d'un ensemble d'intériorités et d'externalités relatives aux infrastructures à la perte de service, à l'estimation des coûts de ces conséquences pour l'entreprise et/ou pour la société et/ou pour des services critiques (voir Figure 3). Cet outil s'appuie généralement sur des matrices de risques représentant l'intersection entre le niveau de vraisemblance et de conséquences afin de déterminer si le risque requiert un contrôle urgent ou non.

Le modèle ITE de l'outil s'inspire largement de la norme ISO 14091. Les principaux intrants de l'outil permettent d'établir le contexte de l'évaluation : systèmes à risque, processus à risque, aléas climatiques applicables, échelles de risque à utiliser, etc. L'étape de traitement vise d'une part à identifier, analyser et évaluer les risques et d'une autre à identifier des actions permettant de réduire le risque ou de s'adapter à celui-ci. Les extrants de l'outil, soit les résultats de l'analyse, peuvent être communiqués aux parties prenantes.

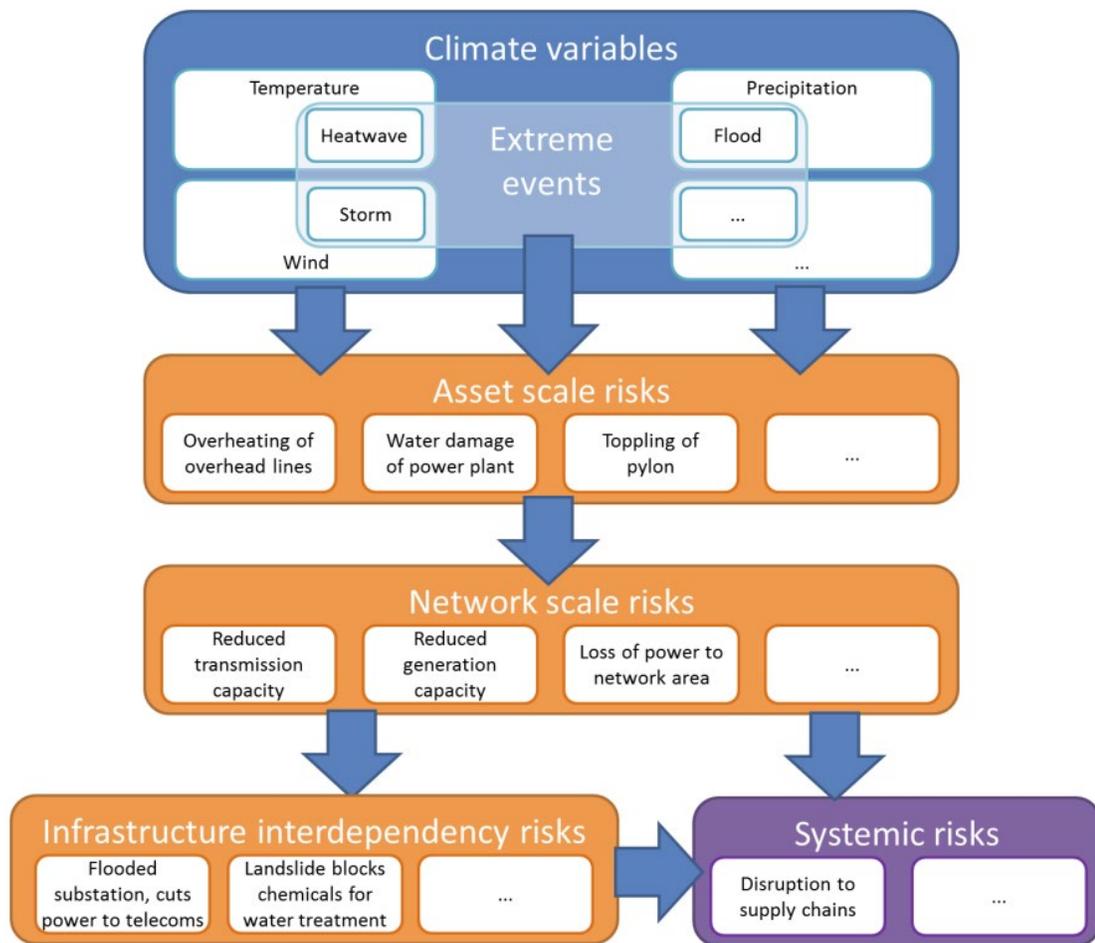


Figure 3. Approche systémique pour évaluer les risques des changements climatiques pour des infrastructures, tiré de Dawson et al., 2018.

Les bonnes pratiques pour l'outil d'appréciation des risques physiques sont présentées au Tableau 4. Celles-ci sont regroupées selon si elles concernent les intrants, leur traitement ou les extrants. Davantage d'informations sont disponibles dans l'outil Excel accompagnant ce rapport.

Tableau 4. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'appréciation des risques physiques

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Intrant		
Établissement du contexte : Définir le contexte d'évaluation des risques.	Cadrage sur mesure	S'appuyer sur le cadre de gestion des risques de l'organisation et adapter les approches d'appréciation des risques au contexte de l'organisation.
	Système(s) à risque	Lister, cartographier et hiérarchiser les systèmes à risque selon leur importance au bon fonctionnement de l'entreprise.
	Processus à risque	Identifier les processus à risque pour chacun des systèmes et sites à risque précédemment identifié.
	Aléas climatiques (extrêmes et graduels)	Identifier les aléas extrêmes et les aléas graduels susceptibles d'affecter l'organisation.
	Engagement des parties prenantes	Impliquer les parties prenantes dans le processus d'appréciation des risques.
	Échelles	Mettre en place des échelles pouvant servir pour l'évaluation.
	Scénarios climatiques multiples	Assurer la prise en compte de plusieurs scénarios différents issus de différents modèles de projections climatiques.
	Temporalité	Définir l'horizon temporel en tenant compte des éléments précisés dans la norme ISO14091.
	Ressources nécessaires à l'évaluation des risques	Évaluer les ressources nécessaires pour réaliser l'appréciation des risques physiques.
	Règlementations et responsabilités	Identifier les obligations réglementaires et autres responsabilités envers les parties prenantes pouvant influencer le processus ou les extrants de l'appréciation des risques physiques.
Extrants d'autres outils	Utiliser les extrants de l'outil Analyse de marché, Courbe de dégradation et Évaluation de la fiabilité du service.	
Traitement		
Identification, analyse et évaluation des risques : L'identification des risques vise à cibler les risques pertinents pour l'organisation. L'appréciation des risques vise à comprendre la nature et les caractéristiques des risques identifiés. L'évaluation des risques vise à comprendre leurs effets sur l'organisation et ses parties prenantes directes et indirectes en amont ou en aval.	Risques climatiques et systémiques	Identifier les risques sur toute la chaîne de valeur.
	Capacités d'adaptation	Identifier les capacités d'adaptation du système et de l'organisation en lien avec les risques identifiés.
	Chaînes d'impact	Développer les chaînes d'impacts reliant les aléas, systèmes et processus identifiés.
	Risques climatiques comme amplificateur d'autres risques	Évaluer les impacts et interactions des risques climatiques sur les autres risques de l'organisation (financiers, opérationnels, réglementaires, etc.).
	Conjonctions d'aléas et effets en cascades	Évaluer les risques selon des scénarios de choc climatique de manière à prendre en compte les effets combinés des aléas et les possibles effets en cascade.
	Interdépendances intersectorielles	Prendre en compte les interactions et interdépendances sectorielles et géographiques dans l'analyse et l'évaluation du risque.
	Combinaison de techniques	Utiliser des techniques variées pour analyser les risques plus fréquents et moins fréquents.

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
	Combinaison de techniques	Utiliser des techniques variées pour analyser les risques plus fréquents et moins fréquents.
	Système(s) à risque	Lister, cartographier et hiérarchiser les systèmes à risque selon leur importance au bon fonctionnement de l'entreprise.
Traitement du risque : Le traitement du risque vise à identifier et mettre en place des actions pour réduire le risque et/ou s'adapter à celui-ci.	Engagement des parties prenantes	Prendre en compte les parties prenantes pour déterminer la réponse aux risques.
	Interprétation des résultats de l'évaluation et hiérarchisation des risques identifiés	Hiérarchiser les risques identifiés afin d'identifier les priorités d'adaptation.
	Leviers d'adaptation	Identifier les actions d'adaptation permettant d'agir sur un ou plusieurs de ces trois leviers : la robustesse, la redondance et la réduction de la dépendance.
	Effet de verrouillage	Prendre en compte les effets de verrouillage dans l'adaptation aux risques climatiques.
	Plan d'adaptation	Utiliser les extraits de l'analyse de risque pour informer le plan de résilience et d'adaptation.
Extraits		
Suivi et revue : Suivre et réviser le cadre de gestion des risques.	Norme sur la durabilité de l'ISSB (IFRS S2)	Répondre aux exigences de la norme IFRS S2, documenter les deux aspects suivants : - De quelle façon les risques liés au climat sont-ils surveillés (en lien avec la divulgation nécessaire) ?- Comment l'entreprise a-t-elle modifié les processus qu'elle utilise par rapport à la période de divulgation précédente ?
Communication et divulgation : Communiquer et divulguer sur le cadre de gestion des risques ainsi que sur les résultats des analyses.	Norme sur la durabilité de l'ISSB (IFRS S2)	En réponse aux exigences de la norme IFRS S2, divulguer les informations sur les éléments exigés dans la norme (ces exigences sont similaires aux recommandations du TCFD).
	Présentation des risques climatiques dans le rapport annuel	Divulguer clairement les interrelations entre les risques climatiques et les autres catégories de risques pour l'organisation (les risques climatiques ayant le potentiel d'amplifier d'autres risques existants).
	Présentation des résultats	Varié les visuels pour présenter les résultats.
	Intrant pour d'autres outils	Utiliser les résultats de l'appréciation des risques comme intrants aux outils de valeur à risque climatique et de Réserve climatique.
	Priorités d'action	Présenter des informations par rapport au traitement du risque: priorisation des risques climatiques, mesures de traitement, recommandations, etc.

Source : Groupe AGÉCO. Légende : Indispensable, Essentiel, Souhaitable, Non prioritaire

3.3 Valeur à risque climatique

La valeur à risque climatique (climate VaR en anglais) est une estimation économique de la perte potentielle de valeur des actifs d'une entreprise sur une période donnée (horizon climatique) en raison des CC. À l'instar de la valeur à risque (VaR) standard, la valeur à risque climatique vise à capturer une estimation approximative des pertes financières liées au climat. Elle inclut à la fois les risques de transition, les risques physiques ainsi que des données économiques et des données au niveau de l'entreprise (Voir Figure 4). Le risque climatique, tant du côté de la transition que du côté physique, est calculé comme une combinaison de dangers, de vulnérabilité et d'exposition, converti en montants monétaires à l'aide d'un modèle de valorisation financière.

La valeur à risque climatique est calculée à partir d'intrants de sources internes ou externes. Les sources internes incluent des informations climatiques produites par l'organisation ou liées aux coûts et investissements de l'organisation, tandis que les sources externes incluent notamment des informations et projections climatiques ainsi que des statistiques provenant de sources publiques.

Dans la littérature, deux types de traitement sont généralement employés. Une méthode semi-quantitative, telle qu'employée par le MSCI, utilise des échelles de risque pour évaluer la valeur à risque relative de chaque actif (Akhter & Badrinarayanan, 2023). L'approche quantitative se base plutôt sur un modèle économétrique pour estimer l'influence météorologique ou l'impact des CC sur une variable socio-économique (ex.: revenus). La valeur des pertes futures est généralement ramenée en valeur d'aujourd'hui par l'actualisation.

Le principal extrant de l'outil est la valeur à risque climatique. Elle soutient la prise de décisions de niveau stratégique. Ainsi, elle constitue par la suite un intrant pour l'analyse des retombées économiques de certains scénarios d'impacts des CC, certains scénarios de développement de l'entreprise ou la conformité à certaines exigences de divulgation.

La figure 4 présente une illustration de valeur climatique (libellé 'centred VAR') comme l'écart entre la valeur espérée $E(X)$ et une valeur à un seuil de probabilité α pour un indicateur socio-économique donné. Les lignes hachurées illustrent les variations entre un scénario catastrophique ($1-\alpha$), un scénario moyen (0,5) et un scénario idéaliste (1).

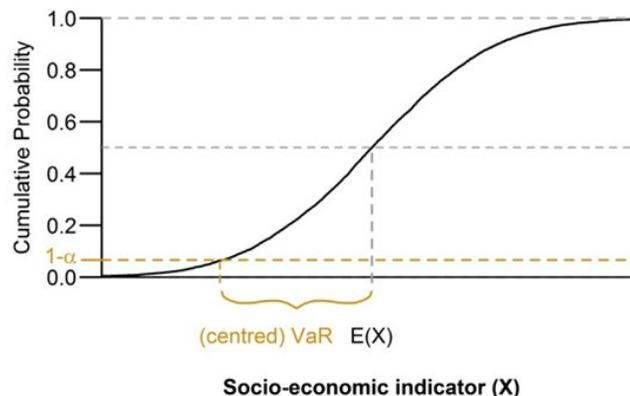


Figure 4. Illustration de la valeur à risque climatique, tirée de Prettenthaler et al., 2016.

Les bonnes pratiques pour l'outil de valeur à risque climatique sont présentées au Tableau 5. Celles-ci sont regroupées selon si elles concernent les intrants, leur traitement ou les extrants. Davantage d'informations sont disponibles dans l'outil Excel accompagnant ce rapport.

Tableau 5. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à la valeur à risque climatique

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Intrant		
Sources internes : Données financières et opérationnelles spécifiques à l'entreprise.	Granularité élevée des données	Utiliser des données spécifiques à chaque investissement ou à chaque actif.
	Intrants d'autres outils sur l'état des actifs (actuel et projeté) et les risques physiques	Utiliser comme intrant les résultats d'autres outils: courbe de dégradation, appréciation des risques, fiabilité du réseau, etc.
	Autres sources internes	Explorer si d'autres sources de données à l'interne peuvent être exploitées.
Sources externes : Hypothèses et narratifs par rapport à l'augmentation des émissions de GES, leurs effets et leurs réponses.	Scénarios climatiques multiples	Assurer la prise en compte de plusieurs scénarios différents issus de différents modèles de projections climatiques (par exemple, scénarios SSP).
	Scénarios de transition québécois ou canadiens	Lier à des scénarios de transition spécifiques au Québec ou au Canada, selon la région à l'étude.
Traitement		
Approche semi-quantitative : Utilisation d'échelles de risque (exposition -> vulnérabilité -> valeur) pour évaluer la vulnérabilité des actifs pour chaque risque climatique.	Acceptabilité sociale	Intégrer l'acceptabilité sociale et les enjeux autochtones pour les risques.
	Modèle spécifique	Développer un modèle adapté à l'entreprise plutôt que de se référer aux évaluations de tierces parties (ex.: MSCI).
	Infrastructures énergétiques	Développer des approches spécifiques aux infrastructures énergétiques.
Approche quantitative : Modèle économétrique estimant l'influence météorologique ou l'impact des CC sur une variable socio-économique (ex: revenus).	Taux d'actualisation	Utiliser un taux d'actualisation faible et dégressif.
	Période	Calculer la valeur à risque pour différentes périodes.
	Probabilité utilisée	Calculer la valeur à risque selon différentes probabilités.
	Modèle dynamique	Développer un modèle dynamique, qui prend en compte des changements dans le temps des paramètres de l'étude.
	Incertitudes	Évaluer l'incertitude de la valeur à risque.
	Valeur à risque	S'inspirer des bonnes pratiques identifiées pour la VaR traditionnelle.
Extrants		
Valeur à risque climatique : Impact des CC ou sensibilité météorologique d'une variable financière (ex: revenus), pour des scénarios de stress ou de choc.	Actifs vs projets	Évaluer la VaR des investissements futurs et des projets à venir.
	Réserve climatique	Utiliser les extrants pour l'outil "Réserve climatique".
	Incertitudes	Communiquer clairement sur les sources d'incertitudes du modèle.
	Coûts des mesures d'adaptation	Prendre en compte les mesures d'adaptation.
	Assurances en cas d'événements météorologiques extrêmes	Utiliser les résultats de la valeur à risque pour adapter les assurances et les autres mécanismes de transfert de risques financiers.
	Notion de valeur	Évaluer la valeur à risque sur la valeur extrafinancière de l'entreprise.

Source : Groupe AGÉCO. Légende : **Indispensable**, **Essentiel**, **Souhaitable**, **Non prioritaire**

3.4 Analyse coûts-avantages (ACA)

L'Analyse coûts-avantages (ACA) est une évaluation économique d'un projet, programme ou politique. Comme son nom l'indique, l'ACA vise à comparer les avantages et les coûts directs et indirects financiers, sociaux et environnementaux en valeurs actualisées afin d'en déterminer la rentabilité pour l'ensemble de la société. Ses principales étapes sont présentées à la Figure 5.



Figure 5. Intégration de l'adaptation aux changements climatiques dans l'Analyse coûts-avantages, inspiré de Ouranos, 2021.

Les principaux intrants de l'outil visent à cadrer l'étude en précisant les options comparées, les impacts étudiés, la méthodologie employée, etc. En contexte d'analyse des CC, une attention particulière doit être portée sur les incertitudes reliées aux modélisations.

À l'étape de traitement, une appréciation des risques est réalisée et les coûts et avantages sont évalués. La valeur des services écosystémiques ou encore les impacts sur la santé sont quelques-uns des éléments qui pourraient être considérés.

Les extrants de l'outil, soit les résultats de l'analyse, permettent de guider les décisions par rapport à des options de projet ou d'investissement. Un transfert et une communication des résultats de l'étude vers les parties prenantes du projet sont souhaitables.

Les bonnes pratiques pour l'outil d'Analyse coûts-avantages sont présentées au Tableau 6. Celles-ci sont regroupés selon si elles concernent les intrants, leur traitement ou les extrants. Davantage d'informations sont disponibles dans l'outil Excel accompagnant ce rapport.

Tableau 6. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'analyse coûts-avantages

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Intrant		
Définition de la portée de l'ACA : Cadrage et intégration des CC dans l'ACA	Cadrage de réalisation de l'ACA	Cadrer l'ACA et établir sa portée (action, scénario de statu quo, options envisagées, calendrier, parties prenantes, frontières des impacts, etc.)
	Évaluation préliminaire de la sensibilité du projet aux CC	Réaliser une appréciation des risques climatiques préliminaires en lien avec le projet sous étude.
	Temporalité	Définir l'horizon temporel en tenant compte des éléments précisés dans la norme ISO14091.
	Identification et participation des parties prenantes	Identifier les parties prenantes et mobiliser leur participation tout au long de la réalisation de l'ACA.
	Choix des paramètres climatiques et outils de modélisation	Identifier les paramètres climatiques devant faire l'objet de projections et les outils de modélisation qui seront utilisés pour réaliser les projections.

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
	Évaluation de la fiabilité du service	Valider si les résultats de l'outil Fiabilité peuvent être pris en compte dans l'analyse des avantages du projet.
Gestion de l'incertitude dans l'ACA : Sélection des outils méthodologiques pour tenir compte de l'incertitude associée aux CC	Incertitude des impacts physiques des CC	Déterminer de quelle façon l'incertitude en lien avec les CC et leurs impacts seront pris en compte par l'ACA.
	Scénarios climatiques multiples	Assurer la prise en compte de plusieurs scénarios issus de différents modèles de projections climatiques (par exemple, scénarios SSP).
	Scénarios de transition québécois ou canadiens	Lier à des scénarios de transition spécifiques au Québec ou au Canada, dépendamment de la région à l'étude.
	Effets distributifs et équité	Déterminer de quelle façon l'incertitude en lien avec les effets distributifs et l'équité (intragénérationnelle et intergénérationnelle) sera prise en compte.
Traitement		
Projection des CC et appréciation des risques : Tenir compte des projections climatiques en lien avec les scénarios et aléas identifiés pour réaliser l'appréciation des risques sur les actifs et activités concernés	Appréciation des risques	Identifier les impacts possibles des projections climatiques et aléas sur les actifs et activités à risque.
Évaluation des coûts et des avantages : Évaluation monétaire des coûts et avantages du projet visé par l'ACA en intégrant des considérations reliées à l'adaptation aux CC	Impacts du projet visé par l'ACA sur les services écosystémiques	Évaluer la valeur économique des services écosystémiques qui seraient affectés par le projet visé par l'ACA.
	Impacts du projet visé par l'ACA sur la santé	Quantifier les impacts potentiels du projet à étude sur la santé humaine en contexte de CC.
	Impacts du projet visé par l'ACA sur les Premières Nations	S'assurer de prendre en compte et de quantifier les impacts possibles sur les Premières Nations pouvant être affectées par le projet.
	Coût social du carbone du projet visé par l'ACA	Quantifier les coûts et avantages économiques associés à l'émission ou à la séquestration/évitement des GES via l'utilisation d'un coût social du carbone (CSC).
	Taux d'actualisation	Utiliser un taux d'actualisation faible et dégressif.
	Analyse de sensibilité reliée aux CC	Réaliser les analyses de sensibilité des paramètres de l'étude selon les méthodes identifiées au préalable.
Extrants		
Recommandations et transfert : Recommandations et transfert des résultats	Conclusions de l'ACA	Utiliser les résultats de l'ACA pour répondre aux objectifs de l'étude (voir plus haut).
	Transfert et communication des résultats	Rendre compte à l'ensemble des parties prenantes des résultats complets, des rapports et des présentations associées. Identifier les opportunités de diffusion dans le cadre de présentations techniques ou large public.

Légende : **Indispensable**, **Essentiel**, **Souhaitable**, **Non prioritaire**

3.5 Courbe de dégradation des actifs

Les courbes de dégradation des actifs, aussi nommées courbes de vieillissement ou d'obsolescence, selon les contextes, permettent de modéliser la durée de vie des actifs et/ou la perte de service anticipée selon le temps. Dans le contexte de l'adaptation, elles sont paramétrées pour tenir compte d'intrants (paramètres ou variables) qui reflètent les effets des CC sur la détérioration de l'actif (voir Figure 6). Elles sont notamment utilisées dans la planification de l'allocation du capital (par zones, par types d'actifs), l'estimation de la valeur monétaire des actifs (actuelle et future) et de leur durée de vie comptable ainsi que dans l'appréciation des risques liés à la gestion d'actifs.

Les principaux intrants de cet outil sont des informations permettant d'évaluer l'état actuel des infrastructures de l'organisation : inventaire des biens et des actifs, évaluation de leur condition (valeur, âge, état, etc.), données historiques sur leur dégradation, etc. Des sources externes de données sont également utiles : hypothèses et narratifs par rapport aux CC, autres indices reliés à la dégradation utilisés au Canada, etc.

Le traitement de cet outil consiste à modéliser la dégradation des infrastructures selon différents scénarios climatiques. Par la suite, les impacts financiers reliés à la dégradation hâtive des infrastructures sont évalués.

L'extrant principal de cet outil sont des courbes de dégradation prenant en compte les effets des CC (voir Figure 6). Celles-ci peuvent être utilisées pour planifier la maintenance ou le remplacement des infrastructures.

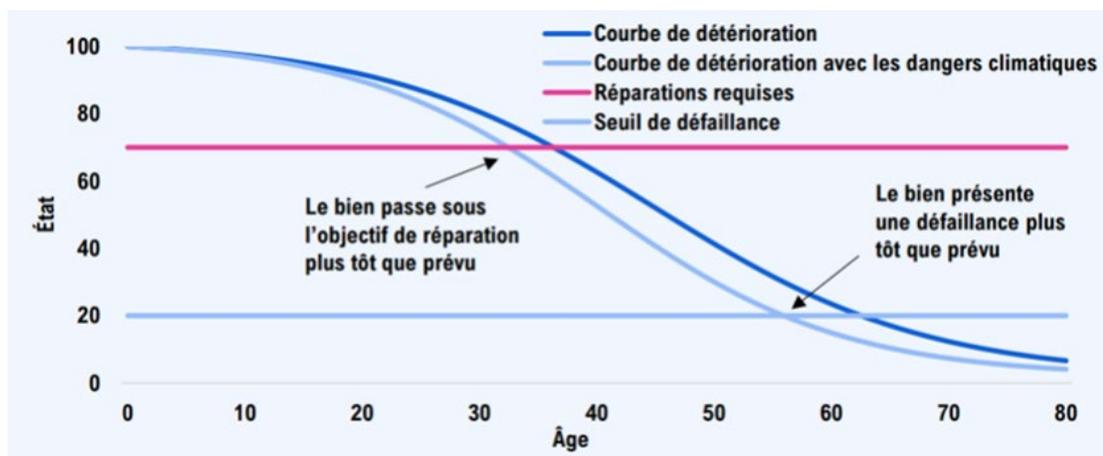


Figure 6. Effets des changements climatiques sur la courbe de dégradation des actifs, tiré de BRF 2022

Les bonnes pratiques pour l'outil de courbe de dégradation des actifs sont présentées au Tableau 7. Celles-ci sont regroupées selon si elles concernent les intrants, leur traitement ou les extrants. Davantage d'informations sont disponibles dans l'outil Excel accompagnant ce rapport.

Tableau 7. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à la courbe de dégradation des actifs

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Intrant		
État actuel des infrastructures : Inventaire des biens et des actifs, évaluation de leur condition (valeur, âge, état, etc.) et données historiques sur leur dégradation	Gestion d'actifs de l'organisation	Prendre en compte les processus de gestion des actifs de l'entreprise (voir : ISO 55 000).
	Coût de remplacement des infrastructures	Lorsque le coût de remplacement n'a pas été évalué, l'estimer selon la valeur assurée ou selon les coûts historiques.
	Données historiques ou en continu sur l'intégrité des infrastructures	Colliger des données sur l'évolution de la dégradation des infrastructures.
	Collecte de données sur la dégradation des infrastructures	Recourir à différentes méthodes (inspection visuelle par des inspecteurs, utilisation de drone) pour documenter la dégradation actuelle.
	Paramètres clés de la dégradation des infrastructures	Identifier les facteurs clés influençant la durée de vie des infrastructures.
Sources externes : Hypothèses et narratifs par rapport à l'augmentation des émissions de GES, leurs effets et leurs réponses. Autres indices reliés à la dégradation utilisés au Canada.	Paramètres de courbe de dégradation	Utiliser des paramètres de courbe de dégradation par défaut pour chaque type d'infrastructure.
	Sélection de variables climatiques	Prendre en compte l'évaluation de variables climatiques spécifiques à chaque type d'infrastructure.
	Scénarios climatiques multiples	Assurer la prise en compte de plusieurs scénarios différents issus de différents modèles de projections climatiques (ex. : scénarios SSP).
	Scénarios de transition québécois ou canadiens	Lier à des scénarios de transition spécifiques au Québec ou au Canada, dépendamment de la région à l'étude.
	Indice d'état gouvernemental	Se référer à l'échelle de l'indice d'état gouvernemental (note de A à E) pour qualifier l'état des infrastructures.
Traitement		
Modélisation de la dégradation des infrastructures : Modélisation de la détérioration de chaque actif selon le temps.	Modélisation de la dégradation actuelle des infrastructures	Développer des modèles de dégradation des infrastructures.
	Impact des CC sur la courbe de dégradation des actifs.	Comparer les courbes de dégradation des infrastructures sans et avec CC.
	Dépréciation réelle	Modéliser la dépréciation réelle des infrastructures plutôt que de recourir à leur dépréciation financière.
	Interactions entre les aléas climatiques et les infrastructures	Parmi les différents aléas climatiques, ne retenir que ceux qui auraient un impact sur la dégradation de chaque type d'infrastructure.
	Effet des CC sur la dégradation des infrastructures	Ajuster les paramètres de courbe de dégradation pour modéliser explicitement l'effet des CC sur la détérioration des infrastructures.
	Effet des réfections sur la dégradation	Estimer l'efficacité de différentes mesures adaptatives qui permettront de réduire la vitesse de dégradation des infrastructures.
	Intégrité des infrastructures futures	Modéliser la dégradation des infrastructures conçues et construites dans un horizon futur.

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
	Effet de l'adaptation sur les infrastructures futures	Prendre en compte que les infrastructures construites dans le futur sont susceptibles d'être conçues pour être plus résilientes aux intempéries.
	Co-occurrence et effets cascades	Analyser de manière combinée les risques climatiques.
	Solutions fondées sur la nature	Modéliser les effets (positifs et négatifs) des solutions fondées sur la nature sur la dégradation.
	Opportunités et augmentation de la durée de vie	Documenter les cas où les CC pourraient améliorer la résilience des infrastructures.
Impacts financiers de la dégradation : Modélisation des impacts financiers de la dégradation des infrastructures	Impact des changements de courbe de dégradation sur les coûts.	Calculer les coûts reliés à la dégradation hâtive des infrastructures.
	Coût de défaillance des infrastructures	Calculer les coûts reliés à la défaillance des infrastructures.
	Taux d'actualisation	Utiliser un taux d'actualisation faible et dégressif.
Extrants		
Courbes de dégradation : Extrant pour CAPEX, remplacement, planification de la maintenance	Indice de vétusté physique (IVP)	S'inspirer de l'IVP, qui compare le déficit d'entretien projeté (DEP) à la valeur actuelle de remplacement.
	Extrants vers d'autres outils	Utiliser les courbes de dégradation comme intrants à d'autres outils: valeur à risque climatique, appréciation des risques, évaluation de la fiabilité du service.
	Approche intégrée	Utiliser les courbes de dégradation à toutes les étapes du cycle de vie de l'infrastructure.
	Coût total de propriété (CTP)	Les informations sur la courbe de dégradation peuvent servir d'intrant pour une analyse selon l'approche de CTP.
	Priorisation des mesures d'adaptation	Prioriser les mesures d'adaptation qui auront un impact plus important sur les coûts de dégradation.

Légende : Indispensable, Essentiel, Souhaitable, Non prioritaire

3.6 Réserve climatique

L'outil «Réserve Climatique» vise à répondre à la nécessité de planifier la contingence dans la gestion des infrastructures face aux CC. En réservant des fonds pour des enjeux touchant à l'adaptation aux changements, l'organisation peut mobiliser rapidement des ressources opérationnelles pour faire face aux chocs ou stress climatiques. Les fonds peuvent également servir à la détection précoce de signaux faibles indiquant des vulnérabilités potentielles.

Les principaux intrants de l'outil sont des informations sur les coûts historiques de fonctionnement et d'entretien des infrastructures, des projections sur la dégradation de ces infrastructures.

L'étape de traitement permet d'appliquer les bonnes pratiques en planification de projet pour évaluer la contingence des activités (AAE, 2021). La particularité de l'outil est que la contingence est évaluée par rapport aux incertitudes et risques reliés aux CC. Par exemple, une analyse de l'impact des CC sur les frais de fonctionnement et d'entretien peut être réalisée. Ceci permet de calculer les réserves financières nécessaires pour la planification à long terme des infrastructures.

Les extrants de l'outil permettent de mettre en place ou de réévaluer les fonds de réserve ainsi que les fonds de prévoyance prévus pour les CC. Les risques identifiés peuvent également alimenter la stratégie d'adaptation de l'organisation.

Les bonnes pratiques pour l'outil de réserve climatique sont présentées au Tableau 8. Celles-ci sont regroupées selon si elles concernent les intrants, leur traitement ou les extrants. Davantage d'informations sont disponibles dans l'outil Excel accompagnant ce rapport.

Tableau 8. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à la réserve climatique

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Intrant		
Collecte de données : Données sur les frais historiques de fonctionnement et d'entretien (F et E), projections sur la dégradation des infrastructures et choix méthodologiques pour l'étude (ex.: année de référence).	Courbe de dégradation	Utiliser les extrants de l'outil "Courbe de dégradation".
	Appréciation des risques	Utiliser les extrants de l'outil "Appréciation des risques".
	Analyse de la fiabilité	Utiliser les extrants de l'outil "Évaluation de la fiabilité".
	Coûts de contingence (AAE)	Se référer à l'AAE pour les meilleures pratiques concernant l'estimation des coûts, incluant l'évaluation des coûts de contingence.
	Coûts de fonctionnement et d'entretien (BRF)	Se référer aux valeurs par défaut du BRF pour la proportion de frais de Fonctionnement et d'Entretien par rapport à la valeur de l'actif.
	Valeurs comparatives québécoises	Se référer à des organisations telles que la SQI, le MSSS ou la Ville de Montréal pour le balisage des budgets d'entretien des immeubles.
	Spécificité de chaque infrastructure	Prendre en compte les caractéristiques de chaque infrastructure (taille, localisation, âge, configuration, équipements, etc.) pour établir les budgets de fonctionnement et d'entretien.
Traitement		
Évaluation des frais de F et E : Analyse de l'impact des CC sur les frais de fonctionnement et d'entretien (F et E) et leurs variations annuelles pour différents types d'actif et selon différents scénarios climatiques.	Déterminer la contingence à partir de l'analyse de risque et de l'évaluation de la fiabilité	S'appuyer sur une analyse de risque pour déterminer le budget de contingence d'un projet.
	Contingence pour la planification à long terme.	Pour estimer la contingence reliée à des projets à long terme, éviter d'utiliser des fourchettes de contingence standards, mais plutôt estimer les coûts de contingence selon les spécificités du projet

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
	Impact des CC sur les coûts de F et E	Comparer les coûts de F et E sans et avec CC.
	Sensibilité des frais de F et E	Prendre en compte la proportion des frais de F et E qui sont sensibles à chaque aléa climatique.
	Impact de l'adaptation sur les frais de F et E	Considérer que les actifs adaptés et rénovés auront par la suite un coût de F et E plus faibles.
	Combinaison de risques	Prendre en compte les effets d'interaction des risques sur les coûts.
	Effet d'apprentissage	Prendre en compte les effets d'apprentissage et les effets d'échelles sur les coûts de fonctionnement et d'entretien.
	Lacune dans la littérature	Reconnaître que la littérature sur les effets des CC sur l'entretien est limitée.
Extrants		
Réserve climatique : Déterminer la réserve climatique, soit un budget à prévoir pour pallier l'augmentation des coûts ou de la variabilité des coûts dus aux CC.	Fonds de prévoyance vs fonds de réserve	Recourir à des fonds de prévoyance (contingency funds) pour les aléas à forte probabilité d'occurrence et conséquences faibles. Recourir à des fonds ou de réserve d'épargne (qui s'accumulent) pour les aléas à faible probabilité d'occurrence et conséquences élevées.
	Transfert de risque	Considérer des mécanismes de transfert de risque (ex.: assurances) pour les chocs climatiques à faible probabilité d'occurrence et conséquences élevées.
	Mécanisme de suivi et révision	Mettre en place des mécanismes de suivi et de révision pour la réserve climatique.

Légende : Indispensable, Essentiel, Souhaitable, Non prioritaire

3.7 Évaluation de la fiabilité du service

L'évaluation de la fiabilité du service d'une infrastructure linéaire en réseau essentielle en contexte de CC sert à mieux planifier les investissements pour assurer la résilience du réseau tout en informant sur les risques de l'entreprise. L'outil établit le coût sociétal des interruptions de service de chacun des maillons, mais aussi pour les bénéficiaires de l'infrastructure.

Le modèle ITE de l'outil ressemble à celui de l'outil Appréciation des risques, à la différence que l'évaluation de la fiabilité s'attarde plus particulièrement au rétablissement du réseau pour différents risques climatiques.

Les principaux intrants de l'outil permettent d'établir le contexte de l'évaluation : systèmes à risque, processus à risque, aléas climatiques applicables, etc.

L'étape de traitement évalue la résilience des infrastructures (voir la Figure 7). Elle vise d'une part à identifier des interactions entre les aléas et les composantes de l'infrastructure, et d'une autre à chiffrer les conséquences reliées à une perte de la fiabilité. La démarche générale s'appuie sur l'identification des interactions entre les aléas et les composantes de l'infrastructure, mais aussi une matrice des impacts à considérer. Plusieurs niveaux d'efforts sont possibles pour réaliser cette évaluation, mais une compréhension des chaînes d'impacts climat-infrastructure-conséquence sur les bénéficiaires est centrale. Ainsi, les techniques peuvent varier d'une appréciation qualitative entre experts jusqu'à une modélisation avancée des impacts sur l'infrastructure soumise à diverses conditions climatiques (ex. : test de stress climatique),

Les extrants de l'outil, soit les résultats de l'analyse, fournissent donc des informations sur la résilience de certains maillons ou sur les maillons plus vulnérables et sur les coûts d'interruption de service de réseau en s'appuyant sur une vision systémique intégrée et basée sur l'efficacité à long terme. Ils permettent ainsi d'identifier des pistes ou recommandations pour la réduction des risques en tenant compte du climat futur, et peuvent aussi susciter des réflexions sur l'acceptabilité de certains risques à l'échelle de la société.

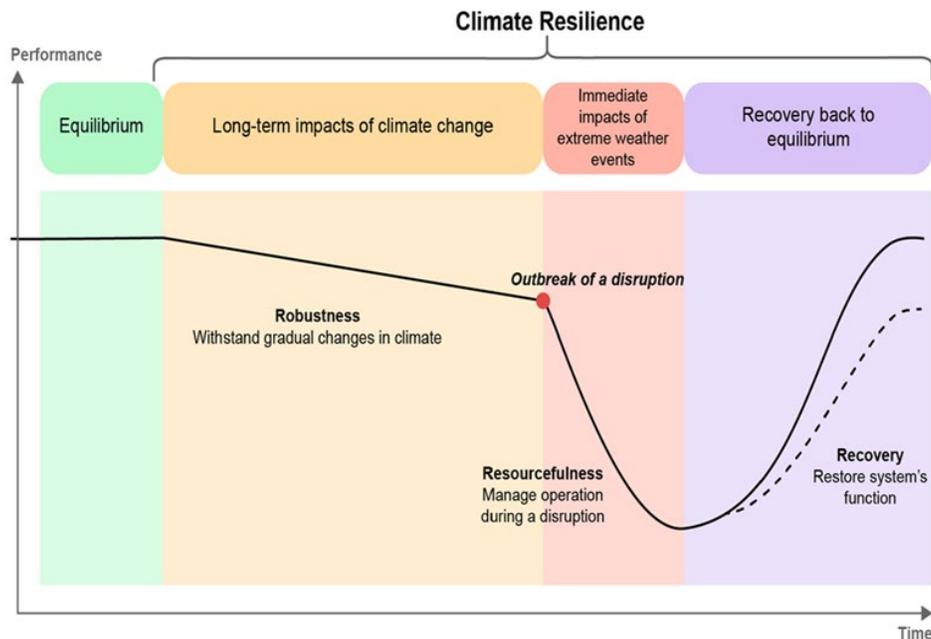


Figure 7. Cadre conceptuel de la résilience climatique des systèmes de production d'électricité, tiré de (IEA, 2020)

Les bonnes pratiques pour l'outil d'évaluation de la fiabilité sont présentées au Tableau 9. Celles-ci sont regroupées selon si elles concernent les intrants, leur traitement ou les extrants. Davantage d'informations sont disponibles dans l'outil Excel accompagnant ce rapport.

Tableau 9. Bonnes pratiques identifiées pour intégrer l'adaptation aux CC à l'évaluation de la fiabilité

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Intrants		
Collecte de données : Données portant sur les aléas climatiques et leurs impacts sur la fiabilité du réseau (production, transport et distribution). Choix méthodologiques pour l'étude.	De fiabilité à résilience	Penser à la fiabilité dans un concept plus large de résilience des infrastructures.
	Extrants d'autres outils	Utiliser les extrants de l'outil "Courbe de dégradation".
	Système(s) à risque	Lister, cartographier et hiérarchiser les systèmes et infrastructures à risque selon leur importance au bon fonctionnement de l'entreprise.
	Processus à risque	Identifier les processus à risque pour chacun des systèmes et sites à risque précédemment identifié.
	Aléas climatiques (extrêmes et graduels)	Identifier les aléas extrêmes et les aléas graduels susceptibles d'affecter l'organisation. Identifier et décrire des événements et tendances climatiques dommageables déjà observés.
	Temporalité	Définir l'horizon temporel en tenant compte des éléments précisés dans la norme ISO14091.
	Données sur les opérations et sur la capacité d'action	Collecter des données portant sur les opérations: exploitation et l'entretien des infrastructures, capacité actuelle de réponse, rétablissement prévu face aux imprévus, intermodalité, etc.
	Implications des parties prenantes	Impliquer les parties prenantes pour guider les choix méthodologiques de l'étude.
	Scénarios climatiques multiples	Assurer la prise en compte de plusieurs scénarios différents issus de différents modèles de projections climatiques.
	Scénarios de transition québécois ou canadiens	Prendre en considération les informations tirées de scénarios de transition spécifiques au Québec ou au Canada, dépendamment de la région à l'étude.
	Limites des données historiques	Collecter des données météorologiques spécifiques à chaque site étudié.
	Échelle géographique et granularité des données	Adapter la résolution spatiale et temporelle de l'étude selon les besoins de l'étude.
	Données sur les conséquences pour la clientèle et sur les services essentiels	Obtenir des données sur les services essentiels dans différentes régions.
	Données sur les conséquences pour des communautés vulnérables	Identifier et collecter des données sur les groupes vulnérables dans les diverses régions.
Données sur les écosystèmes	Collecter des données sur les écosystèmes entourant les infrastructures.	

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
Traitement		
Évaluation de la fiabilité : Évaluation de l'impact des CC sur la fiabilité du réseau selon différents scénarios. Évaluation du niveau de risque de la fiabilité du réseau.	Risques climatiques et systémiques	Identifier les risques sur toute la chaîne de valeur (voir les périmètres A, B, et C et processus associés suggérés par l'approche d'OCARA).
	Capacités d'adaptation	Identifier les capacités d'adaptation du système et de l'organisation en lien avec les risques identifiés.
	Chaînes d'impact	Développer les chaînes d'impacts reliant les aléas, systèmes et processus identifiés.
	Construction de scénarios	Construire des scénarios de stress et de chocs climatiques (climate stress tests).
	Combiner scénarios qualitatifs et quantitatifs	Considérer l'utilisation de scénarios qualitatifs (narratifs) lorsqu'il n'est pas réaliste (d'un point de vue technique ou économique) d'évaluer des scénarios quantitatifs.
	Adaptation de modèles climatiques à une échelle locale	Au besoin, adapter des données d'une échelle géotemporelle plus grande pour l'échelle à l'étude.
	Interdépendance des systèmes	Prendre en compte les interactions et interdépendances sectorielles et géographiques dans l'analyse et l'évaluation du risque.
	Risques climatiques comme amplificateur d'autres risques	Évaluer les impacts et interactions des risques climatiques sur la fiabilité et la résilience sur les autres risques de l'organisation.
Conséquences de la perte de fiabilité : Traduction des impacts sur la fiabilité identifiés plus haut en impacts économiques et sociétaux. Évaluation économique de la fiabilité (ex.: \$/clients-heures interrompus) selon différentes clientèles. Évaluation d'autres impacts socioéconomiques selon différentes clientèles.	Valeur de la perte de charge (Value of Loss Load, VoLL)	Utiliser une approche ascendante (bottom-up) ou descendante (top-down) pour évaluer les impacts économiques de la perte de fiabilité.
	Taux d'actualisation	Utiliser un taux d'actualisation faible et dégressif.
	Effet temporel	Prendre en compte une dimension de temps pour évaluer les impacts économiques associés aux pertes de fiabilité.
	Coûts d'adaptation	S'assurer que les estimations de coût prennent également en considération les coûts d'adaptation encourus par les clients.
	Plusieurs VoLL	Calculer des impacts économiques pour chaque type de clientèle.
	Impacts sur la santé et la sécurité	Évaluer les impacts de la perte de fiabilité sur la santé.
	Vulnérabilité socioéconomique	S'assurer que l'évaluation des conséquences prend en compte la vulnérabilité socioéconomique des populations marginalisées.
Traitement des risques : Évaluation des moyens pour éviter ou amoindrir les impacts sur la fiabilité du réseau.	Implication des parties prenantes	Prendre en compte les parties prenantes pour déterminer la réponse aux risques.
	Conception pour la résilience	Concevoir les infrastructures pour la résilience (Design for resilience).
	Solutions non techniques	Recourir également à des solutions non techniques pour améliorer la résilience.

Catégorie	Bonne pratique	Description courte
	Solutions fondées sur la nature	Modéliser les effets (positifs et négatifs) des solutions fondées sur la nature sur la fiabilité.
Extrants		
Communication et divulgation : Communiquer et divulguer sur les résultats de l'évaluation de la fiabilité	Norme sur la durabilité de l'ISSB (IFRS S2)	En réponse aux exigences de la norme IFRS S2, divulguer les informations sur les éléments exigés dans la norme.
	Présentation des risques climatiques dans le rapport annuel	Divulguer clairement les interrelations entre les risques climatiques et la fiabilité du service ainsi que les autres catégories de risques pour l'organisation.
Recommandations : Identification de recommandations pour améliorer la résilience du réseau.	Ressources financières	S'assurer de dégager des ressources financières pour améliorer la résilience du réseau.
	Recommandations en cas de panne	Transférer les connaissances apprises durant l'évaluation de la fiabilité de manière à ce qu'elles puissent être utilisées en temps réel en cas de pannes.
	Analyses coûts-avantages	Utiliser les extrants de l'outil pour des analyses coûts-avantages.
	Présentation des résultats	Varié les visuels pour présenter les résultats.
	Intrant pour d'autres outils	Utiliser les résultats de l'Évaluation de la fiabilité du service comme intrants aux autres outils
	Alignement	S'assurer que les décisions de l'organisation sont alignées avec le principe de résilience et prennent en considération les impacts sociaux et économiques sur la clientèle.

Légende : Indispensable, Essentiel, Souhaitable, Non prioritaire

4 Discussion et recommandations

Au terme de cette analyse, plusieurs constats et recommandations émergent quant à la prise en compte de l'adaptation aux CC dans les outils d'aide à la décision.

Tout d'abord, il est pertinent de discuter des points communs et des interactions entre les outils à l'étude. La Figure 8 illustre les intrants et extrants en commun à plusieurs outils et les possibles synergies entre eux. À noter que la figure se veut illustrative et que l'ensemble des informations plus détaillées sont disponibles dans le fichier Excel.

On constate ainsi que plusieurs informations internes et externes servent à la majorité des outils : scénarios climatiques physiques et de transition, données climatiques, données financières, données opérationnelles, etc. De plus, les extrants de chaque outil peuvent servir d'un point de départ pour d'autres outils en diffusant à l'interne les résultats des évaluations. Les diverses analyses réalisées dans le cadre de chaque outil permettent ensuite d'informer divers documents structurants de l'organisation: déclaration des risques climatiques, plan d'adaptation, plan stratégique, rapport annuel, etc.

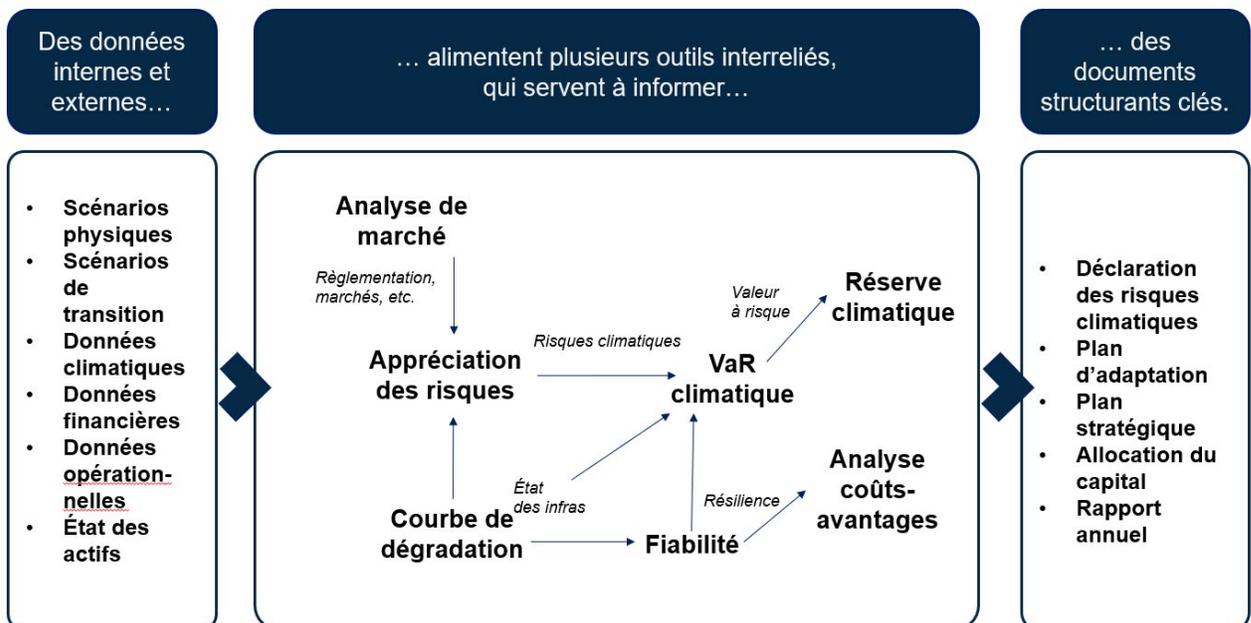


Figure 8. Interactions entre les sept outils à l'étude

Cinq recommandations se dégagent de cette revue des bonnes pratiques :

1. Comblent les lacunes importantes dans la littérature

Quelques outils intègrent déjà des considérations reliées à l'adaptation aux CC (ex. : courbe de dégradation, analyse coûts-avantages). Certains outils ont même été conçus spécifiquement dans ce contexte (ex. : Appréciation des risques, Valeur à risque climatique, Fiabilité). À l'inverse, il existe peu de lignes directrices sur l'intégration de l'adaptation aux CC pour d'autres outils (ex. : analyse de

marché, réserve climatique). Pour ces outils, les organisations doivent s'appuyer sur leur expertise interne afin d'adapter les différents outils à leur contexte. De plus, l'établissement de partenariats avec des organisations de recherche, des universités, et d'autres organisations pour partager de plus récentes connaissances et meilleures pratiques en matière d'adaptation aux CC devraient être envisagées. Ces collaborations pourraient accélérer le développement et l'implémentation de solutions d'adaptation innovantes et intégrées.

2. Utiliser un taux d'actualisation faible et dégressif

Plusieurs outils nécessitent l'actualisation des coûts futurs en valeur d'aujourd'hui (ex. : valeur à risque climatique, courbes de dégradation, fiabilité du réseau, analyse coûts-avantages). Les résultats de ces analyses sont donc sensibles au taux d'actualisation utilisé. À cet effet, l'utilisation d'un taux d'actualisation faible et dégressif est généralement recommandée. En effet, l'utilisation de ce type de taux permet notamment une meilleure équité intergénérationnelle.

3. Varier les données et méthodes utilisées pour chaque outil

Les différents outils opèrent à des échelles et des niveaux de précision différents. Par exemple, l'analyse de risques vise à évaluer les interactions entre un ensemble d'aléas climatiques sur les processus et actifs de l'organisation. À l'inverse, l'évaluation de la fiabilité peut quant à elle porter sur des scénarios de crise très spécifiques et sur une infrastructure typique.

Les données utilisées ainsi que les méthodes employées doivent donc être adaptées aux besoins et ressources disponibles pour chaque outil. L'utilisation d'archétype ou encore la priorisation des aléas à l'étude sont des méthodes communes à plusieurs outils permettant de réduire la complexité de l'analyse.

Enfin, pour l'ensemble des outils, une évaluation quantitative détaillée n'est pas toujours possible ni même nécessaire. En effet, il peut y avoir des coûts importants à acquérir ou traiter une donnée. De plus, les analyses quantitatives ne sont pas systématiquement à valeur ajoutée, particulièrement lorsque l'analyse est à un niveau plus stratégique. L'utilisation de méthodes qualitatives peut ainsi à la fois permettre de prendre en compte des aspects difficilement quantifiables et peut limiter les coûts de l'analyse. L'utilisation de méthodes qualitatives en absence de données probantes ou comme première étape est d'ailleurs suggérée par le TCFD (TCFD, 2017).

4. Assurer la collaboration entre les équipes de l'organisation

L'interdépendance des risques liés au climat et leur impact sur l'organisation mettent en lumière l'importance d'une collaboration étroite entre les différentes fonctions de l'organisation. Afin d'assurer le partage d'informations pertinentes sur les risques climatiques et coordonner les efforts d'adaptation, une gouvernance claire, appuyée par des processus de communication interne, est essentielle.

Une approche collaborative au sein de l'organisation peut également contribuer au développement d'une vision intégrée de l'adaptation aux CC. En s'appuyant sur des compétences et perspectives variées, l'organisation peut identifier et mettre en œuvre des stratégies d'adaptation plus robustes et innovantes, tout en améliorant son agilité et sa résilience face aux défis climatiques futurs.

5. Inclure les parties prenantes

Les CC ont des impacts disproportionnés sur les populations vulnérables, y compris les communautés des Premières Nations et les Inuits, en exacerbant les inégalités existantes. L'adaptation efficace aux CC nécessitera une approche inclusive qui reconnaît et intègre les perspectives et savoirs uniques des parties prenantes les plus affectées.

Appréciation des risques physiques reliés aux changements climatiques

Adger, W. N., Brown, I., & Surminski, S. (2018). Advances in risk assessment for climate change adaptation policy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2121). <https://doi.org/10.1098/RSTA.2018.0106>

Carbone4. (2023). OCARA. https://www.carbone4.com/files/Carbone_4_guide_OCARA_V1_4vf.pdf

Dawson, R. J., Thompson, D., Johns, D., Wood, R., Darch, G., Chapman, L., Hughes, P. N., Watson, G. V. R., Paulson, K., Bell, S., Gosling, S. N., Powrie, W., & Hall, J. W. (2018). A systems framework for national assessment of climate risks to infrastructure. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2121). <https://doi.org/10.1098/RSTA.2017.0298>

Gouvernement du Canada. (2022). Version préliminaire du guide technique relatif à l'évaluation stratégique des changements climatiques : évaluer la résilience aux changements climatiques - Canada.ca. <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/conservation/evaluation/evaluations-strategiques/version-preliminaire-deuxieme-guide-technique-relatif-evaluation-strategique-changements-climatiques.html>

Groen, L., Alexander, M., King, J. P., Jager, N. W., & Huitema, D. (2023). Re-examining policy stability in climate adaptation through a lock-in perspective. *Journal of European Public Policy*, 30(3), 488–512. <https://doi.org/10.1080/13501763.2022.2064535>

IFRS. (2023). IFRS S2 Climate-related Disclosures. <https://www.ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-standards-navigator/ifrs-s2-climate-related-disclosures/>

IPCC. (2022). IPCC 6th report - FAQ. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQ_Chapter_05.pdf

ISO. (2018). ISO 31000:2018(en), Risk management — Guidelines. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>

ISO. (2021). ISO 14091:2021 - Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment. <https://www.iso.org/standard/68508.html>

Quiggin, D., De Meyer, K., Hubble-Rose, L., & Froggatt, A. (2021). Climate change risk assessment 2021 The risks are compounding, and without immediate action the impacts will be devastating.

Simpson, N. P., Mach, K. J., Constable, A., Hess, J., Hogarth, R., Howden, M., Lawrence, J., Lempert, R. J., Muccione, V., Mackey, B., New, M. G., O'Neill, B., Otto, F., Pörtner, H. O., Reisinger, A., Roberts, D., Schmidt, D. N., Seneviratne, S., Strongin, S., ... Trisos, C. H. (2021). A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth*, 4(4), 489–501. <https://doi.org/10.1016/J.ONEEAR.2021.03.005>

Valeur à risque climatique

Akhter, Z., & Badrinarayanan, C. (2023). Understanding Climate Value-at-Risk (VaR) for Financial Risk Management. <https://blueskyhq.io/blog/understanding-climate-var-for-financial-risk-management>

Alexander, C., & Sarabia, J. M. (2012). Quantile Uncertainty and Value-at-Risk Model Risk. *Risk Analysis*, 32(8), 1293–1308. <https://doi.org/10.1111/J.1539-6924.2012.01824.X>

Arrow, K. J., Cropper, M. L., Gollier, C., Groom, B., Heal, G. M., Newell, R. G., Nordhaus, W. D., Pindyck, R. S., Pizer, W. A., Portney, P. R., Sterner, T., Tol, R. S. J., & Weitzman, M. L. (2014). Should Governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis? <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1093/reep/reu008>

Canada Energy Regulator. (2023). Canada's Energy Future 2023: CER's first long-term Outlook modeling Net-Zero by 2050. <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/canada-energy-future/2023/>

Gouvernement du Québec. (n.d.). Plan pour une économie verte 2030. Retrieved December 18, 2023, from <https://www.quebec.ca/gouvernement/politiques-orientations/plan-economie-verte>

Monasterolo, I., Zheng, J. I., & Battiston, S. (2018). Climate Transition Risk and Development Finance: A Carbon Risk Assessment of China's Overseas Energy Portfolios. *China & World Economy*, 26(6), 116–142. <https://doi.org/10.1111/CWE.12264>

Monge, J. J., & McDonald, G. W. (2020). The Economy-Wide Value-at-Risk from the Exposure of Natural Capital to Climate Change and Extreme Natural Events: The Case of Wind Damage and Forest Recreational Services in New Zealand. *Ecological Economics*, 176, 106747. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2020.106747>

Moyer, E. J., Woolley, M. D., Matteson, N. J., Glotter, M. J., & Weisbach, D. A. (2016). Climate value at risk of global financial assets. *LSE Research Online Documents on Economics*, 43(2), 401–425. <https://doi.org/10.1086/678140>

Prettenhaler, F., Köberl, J., & Bird, D. N. (2016). "Weather Value at Risk": A uniform approach to describe and compare sectoral income risks from climate change. *The Science of the Total Environment*, 543(Pt B), 1010–1018. <https://doi.org/10.1016/J.SCIOTENV.2015.04.035>

TCFD. (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures.

Analyse coûts-avantages

Arrow, K. J., Cropper, M. L., Gollier, C., Groom, B., Heal, G. M., Newell, R. G., Nordhaus, W. D., Pindyck, R. S., Pizer, W. A., Portney, P. R., Sterner, T., Tol, R. S. J., & Weitzman, M. L. (2014). Should Governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis? <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1093/reep/reu008>

Asian Development Bank. (2015). Economic analysis of climate-proofing investment projects. www.adb.org

Boyer-Villemaire, U. (2023). Pour un développement socioéconomique résilient : Prendre des décisions intégrant les risques climatiques.

Canada Energy Regulator. (2023). Canada's Energy Future 2023: CER's first long-term Outlook modeling Net-Zero by 2050. <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/canada-energy-future/2023/>

Environnement et Changement climatique Canada. (2023). Coût social des émissions de gaz à effet de serre - Canada.ca. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/recherche-donnees/cout-social-ges.html>

Gouvernement du Canada. (2022). Guide d'analyse coûts-avantages pour le Canada : propositions de réglementation. <https://publications.gc.ca/site/eng/9.910203/publication.html>

Gouvernement du Canada. (2023). Stratégie nationale d'adaptation du Canada. https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/eccc/en4/En4-544-2023-fra.pdf

Gouvernement du Québec. (n.d.). Plan pour une économie verte 2030. Retrieved December 18, 2023, from <https://www.quebec.ca/gouvernement/politiques-orientations/plan-economie-verte>

ISO. (2021). ISO 14091:2021 - Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment. <https://www.iso.org/standard/68508.html>

OCDE. (2019). Chapitre 2. Analyse coûts-avantages dans le domaine de l'environnement – fondements, étapes et nouveaux enjeux. In Analyse coûts-avantages et environnement - Avancées théoriques et utilisation par les pouvoirs publics. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/22463a03-fr/index.html?itemId=/content/component/22463a03-fr>

Ouranos. (2021). Guide méthodologique d'analyse coûts-avantages des options d'adaptation aux inondations et aléas fluviaux en contexte de changements climatiques. <https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-07/proj-201419-ge-boyerville/maire-guide.pdf>

Santé Canada. (2022). La santé des Canadiens et des Canadiennes dans un climat en changement. https://ftp.maps.canada.ca/pub/hrcan_rncan/publications/STPublications_PublicationsST/329/329546/gid_329546.pdf

Statistique Canada. (2022). Comptabiliser les changements écosystémiques au Canada. www.statcan.gc.ca

Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD). (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/10/FINAL-2017-TCFD-Report.pdf>

Courbe de dégradation des actifs

Arrow, K. J., Cropper, M. L., Gollier, C., Groom, B., Heal, G. M., Newell, R. G., Nordhaus, W. D., Pindyck, R. S., Pizer, W. A., Portney, P. R., Sterner, T., Tol, R. S. J., & Weitzman, M. L. (2014). Should Governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis? <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1093/reep/reu008>

BRF. (2022). Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique. <https://fao-on.org/wp-content/uploads/2024/08/CIPI-backgrounder-FR.pdf>

Debortoli, N. S., Pearse, T. D., & Ford, J. D. (2023). Estimating Future Costs for Infrastructure in the Proposed Canadian Northern Corridor at Risk From Climate Change. <https://journalhosting.ucalgary.ca/index.php/sppp/article/view/74925/56573>

Ellefson, S. M. (2020). Analysis of Infrastructure Corrosion using Real Property Portfolio Condition Assessment Data. <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/192642>

Gallosti, L. (n.d.). Degradation Modeling Applied to the Infrastructure and Transportation Industry. <https://www.wsp.com/-/media/insights/sweden/documents/2018/degradation-modeling-applied-to-the-infrastructure-and-transportation-industry.pdf>

Gouvernement du Québec. (2017). Plan québécois des infrastructures 2017 - 2027. https://www.tresor.gouv.qc.ca/fileadmin/PDF/budget_depenses/17-18/infrastructuresPubliquesQuebec.pdf

Gouvernement du Québec. (2023a). Guide des immeubles - Section 2, supplément 1 (indicateurs de l'état des immeubles). <https://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/documents/partenaires/guides/guide-immeuble-supplement1-section02.pdf>

Gouvernement du Québec. (2023b). Plan pour une économie verte 2030. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-mise-oeuvre-2023-2028.pdf>

ISO. (2024). ISO 55000:2024 - Gestion d'actifs — Aperçu général, principes et terminologie. <https://www.iso.org/fr/standard/83053.html>

Lamm, K. R., Delorit, J. D., Grussing, M. N., & Schuldt, S. J. (2022). Improving Data-Driven Infrastructure Degradation Forecast Skill with Stepwise Asset Condition Prediction Models. Buildings 2022, Vol. 12, Page 1288, 12(8), 1288. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12081288>

Larsen, P. H., Goldsmith, S., Smith, O., Wilson, M. L., Strzepek, K., Chinowsky, P., & Saylor, B. (2008). Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change. Global Environmental Change, 18(3), 442-457. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2008.03.005>

Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD). (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/10/FINAL-2017-TCFD-Report.pdf>

Réserve climatique

AACE. (2020). Cost estimate classification system - As applied in engineering, procurement, and construction for the building and general construction industries. https://web.aacei.org/docs/default-source/toc/toc_56r-08.pdf

AACE. (2021). Risk analysis and contingency determination using parametric estimating. https://web.aacei.org/docs/default-source/toc/toc_42r-08.pdf

Barreлас, J., Ren, Q., & Pereira, C. (2021). Implications of climate change in the implementation of maintenance planning and use of building inspection systems. Journal of Building Engineering, 40, 102777. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102777>

BRF. (2022). Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique. <https://fao-on.org/wp-content/uploads/2024/08/CIPI-backgrounder-FR.pdf>

Hollmann, J. K. (2007). The Monte-Carlo Challenge: A Better Approach. <http://www.aacei.org>

Hollmann, J. K. (2012). Estimate Accuracy: Dealing with Reality. AACE INTERNATIONAL TRANSACTIONS.

International Renewable Energy Agency. (2012). Hydropower. <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/138178/hydropower.pdf>

Kumar, K., & Saini, R. P. (2022). Economic analysis of operation and maintenance costs of hydropower plants. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 53, 102704. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102704>

Lawrence, G. R. (2007). Cost Estimate Contingency Use and Misuse of Capital Cost Estimate Contingency-Why Deleting it Makes Projects More Expensive, Not Less. Pharmaceutical Engineering, 27(5).

Ministère de la Santé et des Services sociaux. (2019). Cadre de gestion. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2019/19-610-03W.pdf>

Société québécoise des infrastructures. (2016). Rapport annuel 2015-2016. https://www.sqi.gouv.qc.ca/apropos/Documents/ra_SQI-2015-2016.pdf

Steffen, B., Beuse, M., Tautorat, P., & Schmidt, T. S. (2020). Experience Curves for Operations and Maintenance Costs of Renewable Energy Technologies. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.11.012>

United Nations. (2021). Climate and Disaster Risk Financing Instruments: An Overview. <https://climate-insurance.org/wp-content/uploads/2021/05/Climate-and-Disaster-Risk-Financing-Instruments.pdf>

Ville de Montréal. (2013). Cahier budgétaire - Programme triennal d'immobilisations 2014-2016. https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/COMMISSIONS_PERM_V2_FR/MEDIA/DOCUMENTS/CAHIER_SCRAM_20130904.PDF

World Bank. (2010). The Costs of Adapting to Climate Change for Infrastructure. https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/sites/ppp.worldbank.org/files/2022-05/DCCDP_2Infrastructure.pdf

Fiabilité

Adger, W. N., Brown, I., & Surminski, S. (2018). Advances in risk assessment for climate change adaptation policy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2121). <https://doi.org/10.1098/RSTA.2018.0106>

Albano, C. M., McCarthy, M. I., Dettinger, M. D., & McAfee, S. A. (2021). Techniques for constructing climate scenarios for stress test applications. *Climatic Change*, 164(3-4), 1-25. <https://doi.org/10.1007/S10584-021-02985-6/METRICS>

Anderson, K., Li, X., Dalvi, S., Ericson, S., Barrows, C., Murphy, C., & Hotchkiss, E. (2021). Integrating the Value of Electricity Resilience in Energy Planning and Operations Decisions. *IEEE Systems Journal*, 15(1), 204-214. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2019.2961298>

Argonne National Laboratory. (2012). Resilience: Theory and Applications. <https://publications.anl.gov/anlpubs/2012/02/72218.pdf>

Arrow, K. J., Cropper, M. L., Gollier, C., Groom, B., Heal, G. M., Newell, R. G., Nordhaus, W. D., Pindyck, R. S., Pizer, W. A., Portney, P. R., Sterner, T., Tol, R. S. J., & Weitzman, M. L. (2014). Should Governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis? [https://doi.org/10.1093/Reep/Reu008,8\(2\),145-163](https://doi.org/10.1093/Reep/Reu008,8(2),145-163). <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1093/reep/reu008>

Canada Energy Regulator. (2023). Canada's Energy Future 2023: CER's first long-term Outlook modeling Net-Zero by 2050. <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/canada-energy-future/2023/>

Carbone4. (2023). OCARA. https://www.carbone4.com/files/Carbone_4_guide_OCARA_V1_4vf.pdf

Dawson, R. J., Thompson, D., Johns, D., Wood, R., Darch, G., Chapman, L., Hughes, P. N., Watson, G. V. R., Paulson, K., Bell, S., Gosling, S. N., Powrie, W., & Hall, J. W. (2018). A systems framework for national assessment of climate risks to infrastructure. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2121). <https://doi.org/10.1098/RSTA.2017.0298>

Do, V., McBrien, H., Flores, N. M., Northrop, A. J., Schlegelmilch, J., Kiang, M. V., & Casey, J. A. (2023). Spatiotemporal distribution of power outages with climate events and social vulnerability in the USA. *Nature Communications* 2023 14:1, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38084-6>

Gorman, W. (2022). The quest to quantify the value of lost load: A critical review of the economics of power outages. *The Electricity Journal*, 35(8), 107187. <https://doi.org/10.1016/J.TEJ.2022.107187>

Gouvernement du Québec. (n.d.). Plan pour une économie verte 2030. Retrieved December 18, 2023, from <https://www.quebec.ca/gouvernement/politiques-orientations/plan-economie-verte>

IFRS - IFRS S2 Climate-related Disclosures. (n.d.). Retrieved January 29, 2024, from <https://www.ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-standards-navigator/ifrs-s2-climate-related-disclosures/>

INSPQ. (2021). Indice de défavorisation matérielle et sociale | Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/defavorisation/indice-de-defavorisation-materielle-et-sociale>

ISO. (2021). ISO 14091:2021 - Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment. <https://www.iso.org/standard/68508.html>

Journeay, M., LeSueur P., Chow, W., & Wagner, C. L. (2022). Physical exposure to natural hazards in Canada. https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/rncan-nrcan/m183-2/M183-2-8892-eng.pdf

Kwakkel, J. H., & Haasnoot, M. (2019). Supporting DMDU: A Taxonomy of Approaches and Tools. *Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice*, 355-374. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2_15/TABLES/2

Quiggin, D., De Meyer, K., Hubble-Rose, L., & Froggatt, A. (2021). Climate change risk assessment 2021 The risks are compounding, and without immediate action the impacts will be devastating.

Schweikert, A. E., & Deinert, M. R. (2021). Vulnerability and resilience of power systems infrastructure to natural hazards and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12(5), e724. <https://doi.org/10.1002/WCC.724>

Simpson, N. P., Mach, K. J., Constable, A., Hess, J., Hogarth, R., Howden, M., Lawrence, J., Lempert, R. J., Muccione, V., Mackey, B., New, M. G., O'Neill, B., Otto, F., Pörtner, H. O., Reisinger, A., Roberts, D., Schmidt, D. N., Seneviratne, S., Strongin, S., ... Trisos, C. H. (2021). A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth*, 4(4), 489-501. <https://doi.org/10.1016/J.ONEAR.2021.03.005>

Stanton, M. C. B., & Roelich, K. (2021). Decision making under deep uncertainties: A review of the applicability of methods in practice. *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 120939. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.120939>

Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD). (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/10/FINAL-2017-TCFD-Report.pdf>

UNDRR. (2022). Principles for resilient infrastructure. <https://www.undrr.org/publication/principles-resilient-infrastructure>