



Canadian Council of Ministers  
of the Environment      Le Conseil canadien  
des ministres  
de l'environnement

**CADRE DE MISE EN OEUVRE POUR LA PLANIFICATION DE  
L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES À  
L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT**

**PN 1530  
ISBN 978-1-77202-012-0**

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Table des matières</b> .....	<b>ii</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>iii</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>iv</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>v</b>
<b>Préface</b> .....	<b>vi</b>
<b>Remerciements</b> .....	<b>vi</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>7</b>
Adaptation à l'échelle du bassin versant .....	10
Public cible.....	10
Approches descendantes et ascendantes de l'adaptation aux changements climatiques .....	10
Gestion adaptative.....	12
Méthodologie .....	13
<b>Étape 1 – Amorcer le processus d'adaptation</b> .....	<b>15</b>
Examiner et établir le contexte.....	15
Conscientiser.....	18
Identifier un responsable ou un leader .....	19
Définir et former une ou des équipe(s) .....	19
Mettre à contribution des experts.....	21
Mettre au point un système d'archivage.....	21
<b>Étape 2 – Accroître les connaissances et recueillir des données</b> .....	<b>22</b>
Évaluer et accroître les connaissances sur les changements climatiques.....	22
Rassembler des données historiques .....	23
Développer des données de référence et des indicateurs .....	23
Obtenir des projections climatiques.....	27
Établir un inventaire des impacts des changements climatiques .....	28
<b>Étape 3 – Évaluer la vulnérabilité actuelle</b> .....	<b>30</b>
Déterminer le degré de sensibilité et d'exposition du bassin versant au climat .....	31
Déterminer la capacité d'adaptation des systèmes aux impacts passés et présents des changements climatiques .....	35
Évaluer la vulnérabilité .....	37
Examiner les résultats et communiquer les conclusions .....	38
Mettre à jour le système d'archivage.....	38
<b>Étape 4 – Évaluer le risque futur</b> .....	<b>39</b>
Effectuer une analyse du risque .....	40
Effectuer une évaluation du risque.....	42

Communiquer les résultats.....	43
Examiner les résultats .....	43
<b>Étape 5 – Élaborer des solutions d'adaptation .....</b>	<b>45</b>
Établir des buts et des objectifs.....	45
Identifier des options d'adaptation .....	46
Évaluer les options d'adaptation.....	49
Examiner et communiquer les résultats .....	50
Mettre à jour le système d'archivage.....	50
Élaborer un plan d'adaptation.....	50
<b>Étape 6 – Mettre en oeuvre les solutions d'adaptation .....</b>	<b>51</b>
Élaborer le plan de mise en œuvre .....	51
Amorcer la mise en œuvre .....	52
Mettre à jour le système d'archivage.....	53
Communiquer les résultats.....	53
<b>Étape 7 – Faire le suivi et réviser .....</b>	<b>54</b>
Élaborer un plan de suivi et d'évaluation .....	54
Évaluer les nouveaux éléments d'information .....	55
Mettre à jour le plan d'adaptation.....	56
Communiquer les réalisations .....	56
Mettre à jour le système d'archivage.....	56
<b>Conclusion .....</b>	<b>57</b>
<b>Notes de Fin .....</b>	<b>58</b>
<b>Annexe A .....</b>	<b>61</b>
<b>Annexe B .....</b>	<b>63</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Illustration graphique du Cadre de mise en œuvre pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant.....	9
Figure 2 : Approches ascendante et descendante de l'adaptation aux changements climatiques. Source : Dessai et Hulme (3) .....	11
Figure 3 : Matrice de sensibilité et d'exposition .....	33
Figure 4 : Classement des vulnérabilités selon la sensibilité/l'exposition et la capacité d'adaptation .....	37
Figure 5 : Matrice d'évaluation du risque global.....	44
Figure 6 : Utilisation de la politique Delphi dans l'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du lac Simcoe pour générer des options d'adaptation.....	48

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Différences entre les approches descendante et ascendante de la planification de l'adaptation aux changements climatiques – sources : Dessai et Hulme; Burton <i>et coll.</i> ; van Aalst <i>et coll.</i> (3, 4, 6) ....	12
Tableau 2 : Exemples d'indicateurs de la vulnérabilité.....	26
Tableau 3 : Feuille de travail pour l'évaluation de la sensibilité et de l'exposition.....	32
Tableau 4 : Vue d'ensemble des modèles et outils à utiliser pour évaluer l'exposition (40).....	34
Tableau 5 : Vue d'ensemble des outils disponibles pour évaluer la sensibilité (40).....	35
Tableau 6 : Exemples d'indicateurs de la capacité d'adaptation des collectivités humaines et de la résilience des écosystèmes d'eau douce (40).....	35
Tableau 7 : Évaluation de la capacité d'adaptation .....	36
Tableau 8 : Évaluation globale de la vulnérabilité.....	37
Tableau 9 : Feuille de travail pour l'estimation de la probabilité.....	41
Tableau 10 : Feuille de travail pour l'estimation des conséquences.....	42

## RÉSUMÉ

Le *Cadre de mise en œuvre pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant* (ci-après le « Cadre ») a été élaboré par l'équipe du projet sur la surveillance de l'eau et les changements climatiques du Comité de gestion de l'eau (CGE) du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). L'objectif du Cadre est d'offrir aux gestionnaires de bassins versants un processus structuré pour détecter et réduire les vulnérabilités et les risques d'ordre climatique et pour accroître la résilience à l'intérieur du bassin versant. Le Cadre présente une méthode permettant à un groupe de personnes d'unir leurs efforts pour évaluer et gérer les vulnérabilités et les risques qui émanent des changements climatiques à l'échelle du bassin versant. Il s'inspire des cadres d'adaptation aux changements climatiques en vigueur au pays et ailleurs dans le monde et recensés dans la littérature ainsi que d'un sondage effectué auprès de spécialistes de l'adaptation aux changements climatiques des quatre coins du Canada. Le Cadre présente un processus en sept étapes clés, chaque étape étant assortie d'une série de tâches et de résultats. La volonté d'assurer une gestion adaptative fait partie intégrante de ce processus. La gestion adaptative est, en effet, une méthode appropriée lorsqu'il faut composer avec l'incertitude liée aux changements climatiques et avec la nécessité d'identifier, de suivre et d'évaluer les mesures d'adaptation destinées à réduire les risques climatiques.

Le Cadre couvre des aspects de la planification descendante et de la planification ascendante, la majorité des étapes étant communes aux deux processus de planification de l'adaptation.

- Étape 1 : former l'équipe de planification de l'adaptation aux changements climatiques et déterminer la portée du projet.
- Étape 2 : recueillir l'information nécessaire au processus et accroître les connaissances de l'équipe de planification de l'adaptation.
- Étapes 3 et 4 : utiliser les données et les connaissances rassemblées à l'étape 2 pour évaluer divers aspects de la vulnérabilité et des risques liés aux changements climatiques à l'intérieur du bassin versant.
- Étape 5 : donner suite aux évaluations de la vulnérabilité et des risques en préparant un ensemble de mesures d'adaptation destinées à réduire les risques climatiques.
- Étapes 6 et 7 : terminer le processus en mettant en œuvre les mesures de réduction des risques ainsi qu'en assurant le suivi et en évaluant l'efficacité de ces mesures.

## **PRÉFACE**

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) est le principal forum intergouvernemental qui, sous la direction des ministres, mène une action concertée dans des dossiers environnementaux d'intérêt national et international. Les 14 gouvernements membres travaillent en partenariat à l'élaboration de normes et de pratiques environnementales cohérentes à l'échelle nationale.

## **REMERCIEMENTS**

Le présent document a été préparé par l'équipe du projet sur la surveillance de l'eau et les changements climatiques du Comité de gestion de l'eau (CGE) du CCME. Le CCME remercie chaleureusement l'Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources (MIRARCO/Université laurienne) pour sa contribution au présent document.

## INTRODUCTION

Selon les prévisions, les changements climatiques continueront d'avoir des répercussions sur la quantité d'eau et la qualité de l'eau (cycle hydrologique), répercussions dont la nature demeure cependant incertaine. La probabilité et la fréquence des événements météorologiques extrêmes, notamment les fortes précipitations, les inondations, les sécheresses et les vagues de chaleur, devraient encore augmenter dans divers endroits au Canada. Le défi pour les gestionnaires de l'eau est de déterminer la variabilité naturelle de la quantité d'eau et de la qualité de l'eau alors que les modèles antérieurs sont en plein changement. Pour y arriver, les gestionnaires devront adapter leurs programmes pour répondre aux besoins d'un avenir incertain.

Il est préférable d'assurer la gestion de la quantité d'eau et de la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant; cependant, un changement dans une partie d'un bassin versant peut avoir des conséquences dans d'autres parties de ce même bassin versant. Un plan d'adaptation aux changements climatiques axé sur la quantité d'eau et la qualité de l'eau pourra servir de base à l'établissement de mesures d'adaptation aux changements climatiques pour les autres systèmes écologiques et activités économiques qui dépendent de l'eau.

Le Cadre s'inspire d'une revue de la littérature portant sur les cadres d'adaptation aux changements climatiques, d'évaluation des risques et d'évaluation de la vulnérabilité de divers secteurs (p. ex., bassins versants, régions, municipalités, collectivités, gouvernements fédéral et provinciaux, ressources naturelles). Conçu pour être appliqué dans un contexte canadien, le Cadre s'inspire également d'un sondage effectué auprès des gouvernements sur les cadres de mise en œuvre de mesures d'adaptation en cours d'élaboration ou en usage au Canada. Le Cadre comporte sept étapes, chacune assortie de tâches ou d'activités qui poursuivent des buts ou des résultats déterminés au fil du processus. Chaque étape renvoie à des documents du Canada ou d'ailleurs qui font mention d'étapes et/ou de tâches similaires à réaliser pour mettre en œuvre un plan d'adaptation.

La figure 1 donne un aperçu du Cadre. Ce dernier, qui couvre des aspects de la planification descendante et de la planification ascendante de l'adaptation, est conçu pour être un processus autonome ou pour que certains de ses éléments soient intégrés à des politiques, des procédures ou des fonctions de gestion existantes. Il s'agit également d'un processus itératif, qui permet à ses utilisateurs de revoir certaines ou l'ensemble des étapes à la lumière de nouveaux éléments d'information ou des réactions du bassin versant aux mesures d'adaptation mises en œuvre. Le processus se veut flexible pour que ses utilisateurs puissent déterminer quelles étapes ou quels éléments de chaque étape sont le mieux indiqués et produiront les résultats voulus pour leur projet. L'objectif général du Cadre est d'offrir aux gestionnaires de bassins versants un processus structuré pour identifier et réduire les vulnérabilités et les risques climatiques et pour favoriser la résilience à l'intérieur du bassin versant. Bien que les étapes du Cadre soient générales et identiques aux étapes des cadres de planification de l'adaptation d'autres secteurs (p. ex., collectivité), la flexibilité du processus, certains aspects de la planification descendante et ascendante et les apports au processus particuliers à l'eau rendent le Cadre applicable à la planification de l'adaptation à l'échelle du bassin versant.

Étapes du Cadre de mise en œuvre pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant :

Les principales étapes du Cadre sont les suivantes :

Étape 1 - Amorcer le processus d'adaptation

Étape 2 - Accroître les connaissances et recueillir des données

Étape 3 - Évaluer la vulnérabilité actuelle

Étape 4 - Évaluer le risque futur

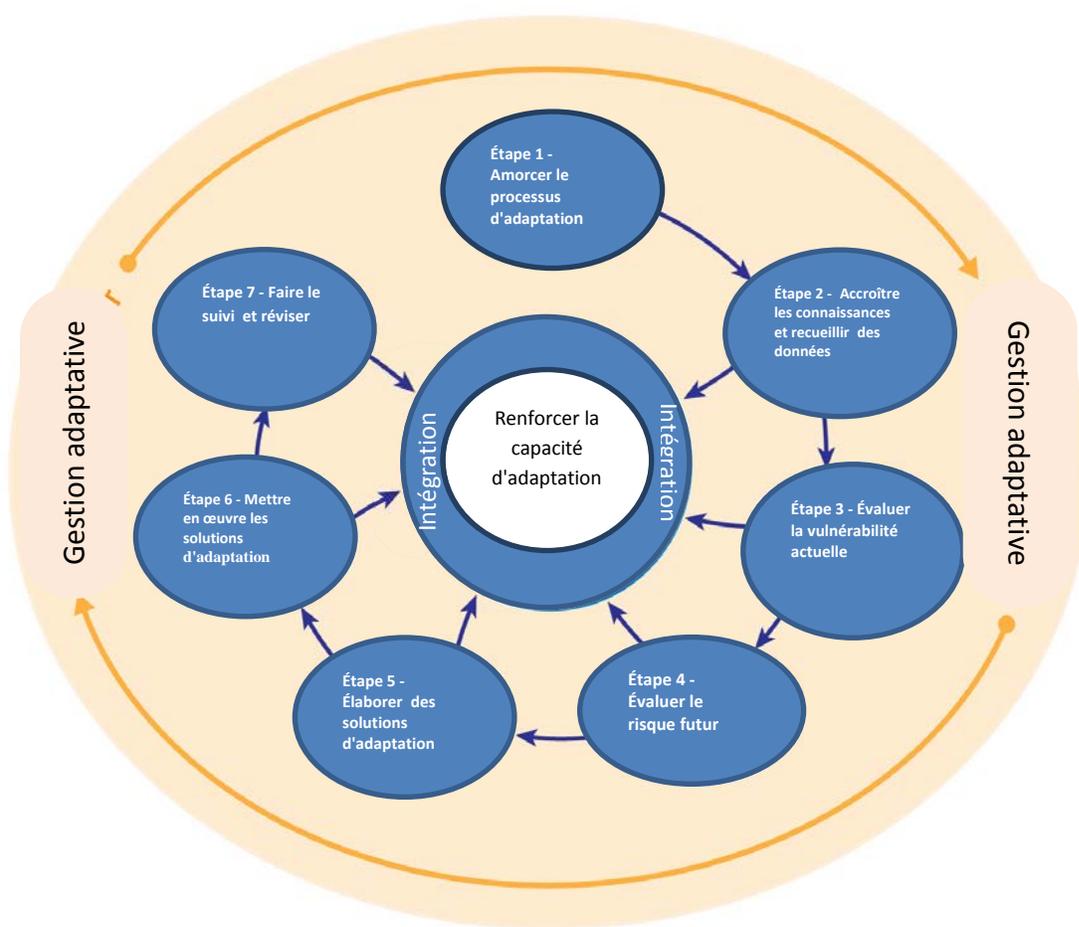
Étape 5 - Élaborer des solutions d'adaptation

Étape 6 - Mettre en œuvre les solutions d'adaptation

Étape 7 - Faire le suivi et réviser

**Figure 1 : Illustration graphique du Cadre de mise en œuvre pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant.**

Ce processus peut être utilisé comme un cadre d'adaptation autonome ou être intégré à des cadres de planification déjà en place. Le Cadre avance d'une étape à l'autre dans le sens des aiguilles d'une montre. La progression est unidirectionnelle, mais les utilisateurs sont encouragés à revoir au besoin les étapes antérieures à la lumière de nouveaux faits ou de nouvelles contributions. Les flèches qui pointent vers le cercle d'intégration montrent que les résultats de chaque étape peuvent contribuer aux mesures d'adaptation prévues dans les politiques, les procédures et les fonctions de gestion existantes. Le concept général de gestion adaptative favorise la réitération du processus 1) à la lumière de nouvelles contributions (p. ex., information scientifique, données ou connaissances); 2) à la lumière de vulnérabilités ou de risques nouveaux ou modifiés; 3) pour modifier les réponses adaptatives en fonction de l'évaluation de l'efficacité des mesures d'adaptation.



## Adaptation à l'échelle du bassin versant

L'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant exige la prise en compte de nombreux facteurs. Le climat influence directement le cycle hydrologique, ce qui a des conséquences pour les systèmes et les secteurs qui dépendent de l'eau, notamment les écosystèmes, l'agriculture, les infrastructures, la production d'électricité, les pêches et les forêts. Il faut donc évaluer tous les aspects habituels du bassin versant comme les crues, les sécheresses, l'érosion, les eaux de ruissellement et les pêches, puis identifier des mesures d'adaptation solides, mais flexibles.

Compte tenu de l'interdépendance des composantes du bassin versant et du large éventail d'enjeux scientifiques, sociaux, culturels et économiques dont s'occupent les gestionnaires de l'eau, la planification de l'adaptation requiert une approche par bassin versant. Les plans et les activités d'adaptation devront cibler la nature générale des bassins versants et les défis qui leur sont associés, mais des mesures d'adaptation particulières seront également nécessaires pour remédier aux impacts qui touchent certaines composantes des écosystèmes. De plus, lors de l'évaluation des mesures d'adaptation, les agents de planification devraient voir à ce qu'une réponse adaptative qui réduit le risque dans une région donnée n'accroisse pas le risque dans une autre région.

Le processus d'adaptation dans son ensemble, incluant la mise en œuvre des mesures d'adaptation, peut prendre plusieurs années. L'ampleur du projet aidera à déterminer la durée du processus. Par exemple, l'échéancier d'un processus technique et scientifique très détaillé serait différent de celui d'un processus participatif qui tient compte des observations des intervenants locaux.

## Public cible

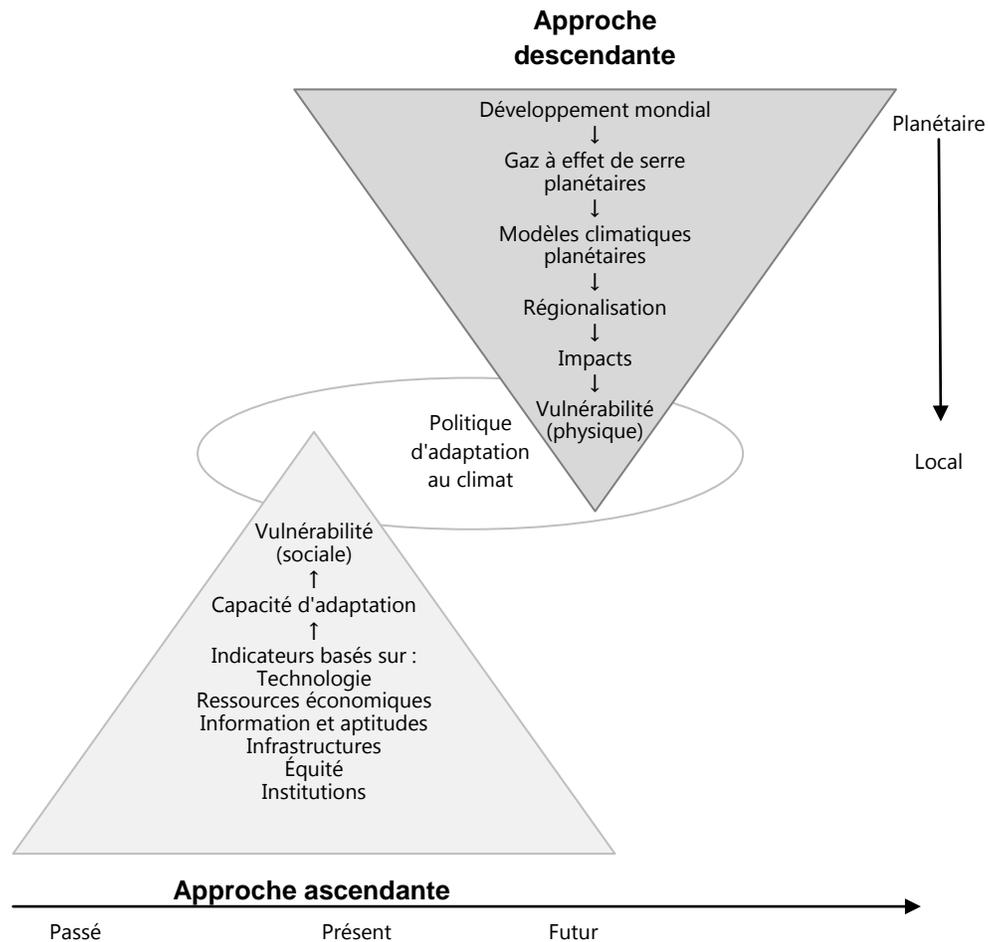
Le Cadre s'adresse à des gestionnaires de l'eau bien informés, mais non spécialistes, et aux responsables de la planification de l'adaptation aux changements climatiques. Le Cadre aidera les autorités compétentes à élaborer des stratégies ou des plans d'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant, qui seront axés sur des questions d'adaptation relatives à la quantité d'eau et à la qualité de l'eau.

## Approches descendantes et ascendantes de l'adaptation aux changements climatiques

La planification de l'adaptation aux changements climatiques peut suivre deux approches générales – ascendante ou descendante (3) (figure 2). L'approche ascendante est considérée participative parce qu'elle repose sur les connaissances et le savoir-faire des intervenants locaux et qu'au lieu de faire appel à des modèles climatiques pour se projeter dans l'avenir, les évaluations portent sur la vulnérabilité au climat actuel (4, 5). Cette approche peut également tenir compte des efforts déployés par le passé pour faire face ou réagir aux impacts liés à la variabilité du climat et aux changements climatiques. Elle suppose que, vu l'incertitude qui entoure les projections et les impacts des changements climatiques, l'adaptation à la variabilité du climat ou

aux changements climatiques actuels est un bon indicateur des changements climatiques à court terme (3). Technique et scientifique, l'approche descendante est axée sur des scénarios. Pour évaluer les risques associés aux changements climatiques futurs, cette approche se fonde sur la recherche scientifique et sur des projections de changements climatiques effectuées à partir de modèles climatiques. Dessai et Hulme (3) affirment que les deux approches ne sont pas nécessairement contradictoires. Elles peuvent, en fait, être complémentaires, mais exigent des données climatiques différentes (p. ex., projections climatiques par opp. à données historiques sur le climat). Les objectifs de chaque projet ainsi que le temps et les ressources disponibles pour le réaliser détermineront en définitive l'approche qu'il convient d'utiliser (tableau 1).

**Figure 2 : Approches ascendante et descendante de l'adaptation aux changements climatiques. Source : Dessai et Hulme (3)**



**Tableau 1 : Différences entre les approches descendante et ascendante de la planification de l'adaptation aux changements climatiques – sources : Dessai et Hulme; Burton *et coll.*; van Aalst *et coll.* (3, 4, 6)**

<b>Approche descendante</b>	<b>Approche ascendante</b>
Vulnérabilité biophysique	Vulnérabilité sociale
Unités d'exposition physique ou naturelle (p. ex., bassins versants, écosystèmes)	Unités d'exposition sociale (p. ex., ménages collectifs)
Ignore les humains	Tient compte des humains
Encadrée par les lois et règlements fédéraux ou provinciaux	Dirigée par des intervenants ou organismes locaux
Décideurs de haut niveau, analystes techniques	Vaste participation des intervenants
Utilise des projections climatiques	Utilise des données historiques sur le climat
Centrée sur l'avenir à moyen et à long terme (p. ex., les années 2050 ou 2080)	Centrée sur les conditions passées et présentes pour guider l'élaboration des politiques aujourd'hui et à court terme
Ressources financières et humaines en place	Ressources financières et humaines limitées

Le Cadre comprend des éléments des deux approches – ascendante et descendante – et est conçu de telle manière que chaque étape contient des mesures pouvant être utilisées dans chaque approche. La participation des intervenants d'un bout à l'autre du processus et l'évaluation de la vulnérabilité actuelle sont des mesures généralement associées à l'approche ascendante. L'évaluation de la vulnérabilité actuelle peut être considérée comme une « mesure descendante » s'il y a participation de chercheurs et réalisation d'une recherche scientifique sur les vulnérabilités. Le recours à des experts techniques tout au long du processus et l'utilisation de projections climatiques pour l'évaluation des risques futurs témoignent souvent d'une approche descendante.

Lorsqu'on utilise ce cadre pour établir des plans d'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant, la majeure partie des étapes sont pertinentes que l'approche utilisée soit ascendante ou descendante. Si la planification de l'adaptation à l'échelle du bassin versant est sous la direction d'intervenants locaux, l'approche est considérée ascendante et fait appel à des éléments comme les connaissances des intervenants locaux ou des données historiques sur le climat pour évaluer la vulnérabilité au climat actuel. Ces éléments sont décrits aux étapes 1 et 2 respectivement. En revanche, une approche descendante mettrait davantage l'accent sur l'étape 2 (collecte de données sur les projections climatiques) et l'étape 4 (évaluation des risques climatiques futurs).

## Gestion adaptative

Utiliser une approche axée sur la gestion adaptative pour planifier l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant permet aux décideurs de faire face aux situations d'incertitude. La gestion adaptative permet de prendre des décisions souples et rapides en réponse

aux retombées des mesures de gestion, aux nouvelles données scientifiques ou climatiques ou aux changements observés dans les facteurs non climatiques (7). La gestion adaptative vise à améliorer les connaissances scientifiques et à mettre au point des régimes de gestion qui prennent en considération un éventail de retombées possibles et qui vont même jusqu'à tirer profit d'événements imprévus (7). La gestion adaptative est une approche itérative structurée qui promeut le suivi, la modélisation et l'évaluation à long terme. Dans le contexte de la planification de l'adaptation aux changements climatiques, la gestion adaptative favorise un suivi cohérent et ciblé de la mise en œuvre, des résultats et de l'efficacité des mesures d'adaptation. Les résultats aident à mieux comprendre la situation et à déterminer les modifications à apporter au plan d'adaptation dans le cadre de ce processus d'apprentissage itératif – qui n'est pas un processus « essai-erreur », mais plutôt un processus d'apprentissage par la pratique (7).

## Méthodologie

Deux travaux de recherche ont guidé l'élaboration du Cadre : une revue de la littérature portant sur les cadres de planification de l'adaptation en vigueur à l'échelle nationale et internationale; et un sondage effectué auprès des autorités compétentes du Canada pour identifier des cadres de planification de l'adaptation à l'échelle du bassin versant en cours d'élaboration ou en usage. Le Cadre s'inspire également de l'expérience de l'Ontario en planification de l'adaptation à l'échelle du bassin versant.

### Revue de la littérature

Nous avons effectué un examen de la documentation en ligne sur les changements climatiques et des bases de données internes existantes afin d'établir une liste de références sur les cadres de mise en œuvre pour l'adaptation aux changements climatiques. Ces recherches ont permis de trouver des exemples de cadres utilisés au pays et ailleurs dans le monde pour élaborer et mettre en œuvre des plans et des stratégies d'adaptation au sein de divers ordres de gouvernement et de secteurs (p. ex., collectivités, foresterie, pays en développement). En accordant une place plus importante aux exemples canadiens, nous avons utilisé ces cadres pour réaliser un sondage auprès des autorités compétentes du Canada sur l'existence, la connaissance et l'utilisation de différents cadres de mise en œuvre et sur l'élaboration du présent cadre. Nous avons ensuite réalisé une deuxième revue de la littérature pour soutenir chaque étape du Cadre.

### Sondage auprès des gouvernements

Pour guider l'élaboration du Cadre, des sondages ont été effectués auprès de toutes les autorités compétentes du Canada. Les sondages ont été faits par téléphone et par téléconférence au moyen d'entrevues individuelles et d'entrevues de groupe respectivement. Les entrevues ont aidé à jauger l'existence, l'utilisation et les avantages des cadres d'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant. Les répondants ont fait beaucoup d'observations identiques, dont celles énumérées ci-dessous. Ces observations, fruits de l'expérience des répondants ayant utilisé différentes formes de cadres d'adaptation aux changements climatiques à

l'échelle du bassin versant ou à l'échelle de la collectivité, ont été prises en compte lors de l'élaboration du Cadre.

- Le niveau de capacité d'adaptation diffère beaucoup d'une autorité compétente à l'autre, ce qui peut se refléter dans le niveau d'activités d'adaptation.
- Les autorités compétentes n'ont pas toutes une structure de gestion organisée et dotée de financement, ce qui peut décourager ou favoriser la prise en compte des impacts des changements climatiques à l'échelle du bassin versant.
- Prendre des mesures pour incorporer les changements climatiques aux outils, cadres et processus de planification existants (intégration) tant à l'échelle du bassin versant qu'à l'échelle municipale est vu comme un moyen efficace de gérer les risques liés aux changements climatiques. Ce genre d'activités est pratiqué partout au Canada.
- Presque toutes les autorités compétentes au Canada utilisent les deux types d'approches de planification de l'adaptation aux changements climatiques – ascendante (fondée sur la collectivité, dirigée par des intervenants locaux) et descendante (modèles, projections et scénarios climatiques). Chaque approche a ses forces et ses faiblesses.
- Les données et les connaissances scientifiques sur le climat qui font partie d'un processus de planification de l'adaptation doivent faire l'objet d'une certaine interprétation pour être mieux comprises des décideurs locaux. Il est également important de pouvoir expliquer comment utiliser l'information sur les changements climatiques aux fins de planification de l'adaptation à l'échelle du bassin versant.
- Les répondants ont cité peu d'exemples de processus de planification qui sont passés de l'étape de l'évaluation des impacts, des risques et de la vulnérabilité à celle de l'élaboration de mesures, de plans et/ou de stratégies d'adaptation. Les exemples de mise en œuvre et d'évaluation de l'efficacité des mesures d'adaptation sont encore moins nombreux.
- De nombreuses autorités compétentes établissent le contexte de la planification de l'adaptation en discutant des changements observés dans les conditions météorologiques et le climat ainsi que des mécanismes d'ajustement existants. Les impacts des changements climatiques et les projections de changements futurs sont ultérieurement incorporés à la discussion.

## ÉTAPE 1 – AMORCER LE PROCESSUS D'ADAPTATION

### But

L'objectif de l'étape 1 est de former l'équipe de planification de l'adaptation aux changements climatiques (ci-après l'« équipe de planification ») et de définir le contexte du processus de planification de l'adaptation.

### Tâches

- Examiner et établir le contexte.
- Conscientiser.
- Identifier un responsable ou un leader.
- Définir et former une ou des équipe(s).
- Mettre à contribution des experts.
- Mettre au point un système d'archivage.

### Résultats

- Contexte défini, mandat établi, budgets et plans de travail en place.
- Vue d'ensemble des changements climatiques et des impacts des changements climatiques à l'intérieur du bassin versant élaborée.
- Responsable ou leader identifié et engagé dans le projet.
- Équipe(s) composée(s) et en place.
- Liste d'experts pouvant éventuellement être mis à contribution.
- Système d'archivage choisi et mis au point.

### À l'échelle du bassin versant

Les activités de l'étape 1 sont communes à la planification de l'adaptation par bassin versant et aux autres types de planification. Qu'il s'agisse d'une approche descendante ou ascendante, il convient de former l'équipe de planification en tenant compte du savoir-faire technique, opérationnel et administratif disponible en ce qui a trait à différents attributs à l'intérieur du bassin versant. Dans une approche ascendante, une plus grande importance pourrait être accordée à la participation d'intervenants qui connaissent bien le bassin versant.

### **Examiner et établir le contexte**

Établir le contexte est important pour le processus de planification, car cette tâche jette les bases à partir desquelles s'enchaîneront les étapes subséquentes. Pour établir le contexte, il faut définir la portée du projet (c.-à-d. portée spatiale et temporelle) par souci de clarté pour l'équipe de planification, puis établir les buts et objectifs du projet et préparer un plan de communication (8,

9, 10, 11, 12). Au bout du compte, l'objectif est de mettre en place un plan de projet efficace qui permettra de mettre en œuvre des stratégies, des politiques et des mesures d'adaptation (6).

### Définir la portée

Les changements climatiques auront des répercussions sur de nombreux bassins versants au Canada, et les gestionnaires des différents bassins auront chacun leurs raisons de considérer la planification de l'adaptation aux changements climatiques. Pour définir la portée des travaux, il faudra établir les limites géographiques du projet, des horizons de planification précis, le mode de gouvernance à l'intérieur du bassin versant (ce qui pourrait inclure des enjeux transfrontaliers), des limites sectorielles/thématiques et toutes autres limites nécessaires. La connaissance de ces limites permettra à tous les participants au projet de partir des mêmes prémisses pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques.

Il est important de déterminer les différents facteurs qui favorisent la mise en œuvre du processus. Parmi les facteurs possibles figurent les récents événements climatiques et météorologiques ayant causé des dommages; les pressions exercées par les intervenants dans le bassin versant; la situation législative ou réglementaire; ou, simplement, une conscience accrue de la nécessité de faire preuve d'une diligence raisonnable. La connaissance des principaux facteurs d'influence facilitera l'établissement des objectifs et buts du processus. De plus, l'élaboration d'un mandat permettra de définir les rôles, les responsabilités et les pouvoirs des membres de l'équipe de planification (11). Il est également important de définir les rôles et responsabilités des membres de l'équipe de planification dès le début du processus pour éviter d'accuser des retards tout au long du processus. Dans le cas d'un exercice de planification de l'adaptation à l'échelle du bassin versant, les membres de l'équipe de planification issus de divers organismes peuvent avoir des rôles à jouer à différentes étapes du processus (p. ex., certains aspects du processus exigeront l'intervention de spécialistes de l'eau, tandis que le développement de solutions d'adaptation et la mise en œuvre demanderont la participation de planificateurs municipaux et d'ingénieurs).

Il est bon d'effectuer des recherches de base pour produire une description du bassin versant. Cette description pourrait contenir un emplacement et des limites géographiques (p. ex., collectivité, bassin versant, sous-bassin versant); le mode de gouvernance et les enjeux transfrontaliers; les dangers existants; les principaux moteurs économiques; le cadre de développement et le cadre social; l'échéancier du projet; et l'horizon de planification à prendre en considération (p. ex., années 2050) (9, 10, 11, 13, 14, 15).

S'il y a lieu, il faudrait mentionner, dans la description du projet, les systèmes (ou thèmes) qui seront évalués à l'intérieur du bassin versant en prenant soin de privilégier les questions touchant la quantité d'eau et la qualité de l'eau. Gleeson *et coll.* suggèrent de considérer la disponibilité et la qualité des données, l'accès à des experts, le temps disponible ou l'intérêt particulier que présente le choix de certains systèmes (ou thèmes). L'emplacement, les stressés existants, les facteurs économiques et la diversité des usagers du bassin versant aideront également à définir les zones à évaluer. Par exemple, une évaluation de la vulnérabilité portant sur l'écodistrict 3E-1 du nord-est de l'Ontario a été réalisée en lien avec neuf systèmes (ou thèmes environnementaux) différents : l'habitat aquatique, le chablis, les feux de forêt, la productivité et la composition des

forêts, l'hydrologie, les tourbières, la paludification, les facteurs socio-économiques et la faune (16). Comme la foresterie revêt une importance économique particulière pour le nord-est de l'Ontario, l'accent a davantage été mis sur certains aspects de la vulnérabilité des arbres aux changements climatiques à l'intérieur du bassin versant. Un exercice de planification de l'adaptation similaire effectué dans le bassin versant du lac Simcoe en Ontario a pour sa part évalué la vulnérabilité en lien avec onze thèmes : l'hydrologie, l'habitat aquatique, la faune, les insectes, les espèces en péril, les espèces envahissantes, la couverture végétale, les aires de patrimoine naturel, l'agriculture, le tourisme et les loisirs ainsi que les infrastructures (17). Le bassin versant du lac Simcoe est densément peuplé et, selon les projections, poursuivra sa croissance. En outre, le bassin est très recherché pour des raisons récréatives, et près de la moitié de sa superficie est actuellement à vocation agricole. Les raisons qui motivent le choix de certains systèmes (ou thèmes environnementaux) peuvent être claires au début du processus, alors qu'une séance de remue-méninges sera parfois nécessaire pour déterminer et prioriser d'autres thèmes (9). Il est important de garder un registre des raisons qui motivent le choix des thèmes à évaluer dans le bassin versant.

Un processus de planification de l'adaptation aux changements climatiques peut être entrepris seul ou dans le cadre d'un processus existant (p. ex., planification intégrée par bassin versant) (14). Il pourrait arriver que d'autres processus de planification par bassin versant soient en cours et offrent aux parties concernées la possibilité d'unir leurs efforts, notamment pour tirer parti d'un savoir-faire déjà mobilisé. La description du projet doit également préciser la durée du projet (p. ex., deux ou cinq ans), la fréquence à laquelle le projet sera examiné (p. ex., à tous les cinq ans après la fin du projet, au gré de l'obtention de nouvelles données) et l'horizon de planification qui sera pris en considération (p. ex., années 2020 ou 2050). Il peut être utile de faire coïncider l'horizon de planification avec les périodes de projection des modèles climatiques.

### Établir des buts et des objectifs

L'établissement d'objectifs aide à répondre à diverses questions sur le processus de planification de l'adaptation (p. ex., quoi, quand, où, et combien) (18). Des buts et des objectifs clairs, assortis des résultats attendus du processus, aideront l'équipe de planification à centrer ses efforts sur des cibles communes (19, 20). Par exemple, le but pourrait être de conserver un lieu de pêche en eau froide. Un objectif qui pourrait favoriser l'atteinte de ce but serait de réduire l'apport d'éléments nutritifs dans le lac ou la rivière en cause – une mesure « sans regrets », car elle présenterait des avantages pour le bassin versant indépendamment de l'évolution du climat. Ranger *et coll.* (21) indiquent que les objectifs n'ont pas nécessairement besoin d'être axés sur l'adaptation – des objectifs plus généraux peuvent faciliter l'intégration de l'adaptation au processus décisionnel de l'organisation; ils doivent cependant être réalisables dans les limites du projet (p. ex., fonds disponibles) (22).

Une approche descendante, ascendante ou combinée de la planification de l'adaptation aux changements climatiques peut être envisagée à ce stade-ci. Le choix de l'approche dépendra des buts visés ainsi que du savoir-faire, des données, du temps et des ressources disponibles pour le projet.

## Préparer un plan de communication

Pour réussir, un processus de planification de l'adaptation requiert une communication efficace des résultats aux intervenants, aux décideurs et au grand public (22). Certains aspects complexes de l'environnement et des compétences des gouvernements exigeront d'intenses communications entre les divers intervenants. Une bonne façon de voir au développement et à la diffusion en temps opportun d'informations justes et pertinentes est de préparer un plan de communication. Le plan doit clairement souligner l'importance de l'adaptation aux changements climatiques et préciser les principales activités qui favoriseront la participation des intervenants à l'élaboration du plan d'adaptation et la communication des rapports du projet au public et à d'autres parties intéressées. Le plan de communication devrait également préciser qui sera responsable du processus de communication, les publics cibles, comment sera communiquée l'information et comment sera évalué le processus de communication (22).

Le Conseil international pour les initiatives écologiques locales (ICLEI) Canada a produit un document qui propose une bonne façon de communiquer l'information sur les changements climatiques (23). Même si le document s'adresse aux employés municipaux, bon nombre des idées qu'il contient sont applicables à l'échelle du bassin versant. En répondant aux questions essentielles (pourquoi, qui, quoi, quand et comment), le document explique comment communiquer l'information sur les changements climatiques pour bien informer et sensibiliser les intervenants locaux de la collectivité. Il traite également des difficultés que présente la communication de cette information et des moyens pour les surmonter.

## **Conscientiser**

La personne qui amorce le processus de planification de l'adaptation devrait être au fait des types de changements météorologiques et climatiques qu'a connus la région visée (11, 24, 25) et de l'influence de ces changements sur le bassin versant. La tenue de discussions préliminaires sur l'évolution des conditions météorologiques avec des membres potentiels de l'équipe de planification et d'autres intervenants pourrait stimuler l'intérêt et mobiliser les gens/organisations. Cette information peut également contribuer à accroître la sensibilisation aux changements climatiques et à leurs impacts à l'intérieur du bassin versant.

Une fois que seront déterminés les membres de l'équipe de planification, il faudra évaluer leurs connaissances sur les impacts des changements climatiques et l'adaptation ainsi que leur perception de l'influence actuelle ou future des changements climatiques sur le bassin versant; cette démarche aidera à identifier le type de ressources requises pour accroître les niveaux de connaissance.

## Identifier un<sup>1</sup> responsable ou un leader

La désignation d'un leader ou d'un responsable pour coordonner et faire avancer le processus est chose courante (9, 24, 26, 27). Le responsable peut être un instigateur (d'ordinaire, une personnalité politique qui reconnaît l'importance de l'adaptation et parraine la cause pour démarrer le processus) ou un véritable moteur, qui amorce et dirige la planification d'un bout à l'autre du processus. Le responsable des changements climatiques aura notamment pour fonction d'identifier et de surmonter les obstacles, de mobiliser plusieurs intervenants, de communiquer les succès et, par-dessus tout, de favoriser l'interaction entre les différents groupes. Pendant le processus, le responsable peut également faire appel, au besoin, à des experts techniques.

## Définir et former une ou des équipe(s)

### Équipe de planification de l'adaptation aux changements climatiques

La réalisation d'un processus de planification de l'adaptation à l'échelle du bassin versant peut exiger un éventail d'aptitudes, de points de vue et de connaissances spécialisées (9, 12, 22), et il convient donc d'en tenir compte en formant l'équipe de planification (8, 9, 11, 12, 24, 25, 28, 29). L'équipe de planification peut être composée d'employés internes représentant divers niveaux et fonctions, d'experts de l'extérieur, d'employés d'administrations locales et d'autres intervenants. À mesure que s'accroissent l'ampleur et la complexité du projet, d'autres experts ou équipes peuvent s'ajouter à ces effectifs, si besoin est (p. ex., experts techniques ou équipes techniques) (8, 9, 12). Il faut également choisir un chef d'équipe, souvent le responsable décrit plus haut, qui est chargé de rassembler la ou les équipe(s) et d'en diriger les travaux (24).

---

<sup>1</sup> Dans le présent document, le masculin englobe les deux genres et a pour seule fonction d'alléger le texte.

Les rôles et responsabilités de l'équipe de planification pourraient être précisés dans le cadre de référence du projet. Ils doivent être communiqués et bien compris par tous les membres de l'équipe de planification (12). Il faudra aussi s'assurer que les membres de l'équipe de planification qui participent bénévolement soient bien au fait du temps qu'ils devront investir dans le processus. En général, l'équipe de planification est responsable de superviser, de coordonner et d'exécuter le processus d'adaptation aux changements climatiques depuis son lancement jusqu'à sa mise en œuvre, en plus d'être responsable du suivi et de l'examen des résultats. À chacune des étapes du processus d'adaptation, l'équipe de planification peut se demander si les personnes, les compétences techniques et les ressources adéquates sont investies dans le processus (12). Si l'équipe de planification constate qu'il lui manque un important ensemble de compétences, elle peut prendre des mesures pour recruter des membres ayant les qualifications requises.

### Comité directeur

La participation de la collectivité est un élément essentiel à la réussite d'un processus de planification de l'adaptation (30). Les approches ascendantes typiques de la planification de l'adaptation aux changements climatiques utilisent et transfèrent les connaissances acquises sur les risques climatiques à l'échelle du bassin versant (30). L'établissement d'un comité directeur local peut aider à guider le processus, à intégrer les connaissances locales dans le processus et à lier le soutien apporté au bassin versant aux retombées du projet et à sa mise en œuvre (8, 9, 19, 30). La nécessité ou non d'établir un comité directeur

### **Participation des intervenants**

Selon Conde et Lonsdale (32), les intervenants sont des personnes ou des groupes qui, forcés de vivre avec des conditions climatiques variables et extrêmes, ont dû ou doivent s'adapter à ces conditions. Les connaissances de ces intervenants peuvent s'avérer très utiles pour le processus de planification de l'adaptation. Le mode de participation des intervenants dépend de la complexité du projet et du but de leur participation, deux points déterminés à l'étape 1 du processus.

Les intervenants peuvent participer simplement en fournissant de l'information au processus d'adaptation ou, à l'autre extrême, ils peuvent amorcer et concevoir eux-mêmes le processus. La participation des intervenants locaux au processus de planification de l'adaptation permet non seulement de tirer parti des connaissances locales, mais aussi de faire en sorte que les participants considèrent les prises de décisions comme étant les leurs, ce qui les rend plus enclins à se conformer à ces décisions. À l'échelle du bassin versant, les agriculteurs locaux peuvent jouer un rôle important dans le processus, aussi bien en fournissant de l'information qu'en se conformant à des mesures d'adaptation qui les forcent à changer leurs pratiques agricoles.

Parmi les points à considérer pour assurer une participation efficace, mentionnons :

- établir des objectifs et des buts clairs
- comprendre la place qu'occupe cette participation dans le processus
- fournir de l'information dans un langage simple
- prévoir des séances de formation, si nécessaire
- faire preuve de transparence
- accorder de l'importance à l'opinion de chaque participant et la respecter
- allouer du temps au processus
- recevoir des commentaires et changer de technique au besoin.

dépendra du type de projet entrepris. Par exemple, si les retombées du projet ont un impact sur certains aspects du mode de vie, de la culture, des loisirs ou d'autres éléments locaux, un comité directeur composé des parties concernées permettrait de tenir compte de ces besoins ou de ces valeurs.

### **Mettre à contribution des experts**

Au moment de définir la portée du projet, l'équipe de planification devrait déterminer quand et comment engager les experts locaux, les intervenants et autres partenaires qui ont un travail lié à l'adaptation et qui pourraient s'avérer une bonne source d'information et de soutien (9, 15, 17, 24, 26, 31). L'adaptation aux changements climatiques est d'une efficacité optimale lorsqu'elle prend la forme d'un processus de gestion participatif, itératif et adaptatif, qui établit de solides relations de travail avec des partenaires et des intervenants (9). D'ordinaire, les experts sont des spécialistes de questions particulières, mais il arrive souvent que les intervenants locaux puissent eux aussi fournir un avis d'expert sur les impacts qu'ont les changements climatiques sur le bassin versant. Au fond, ce sont ces intervenants qui risquent d'être touchés ou qui seront touchés par l'application des décisions en matière d'adaptation; ce sont eux aussi qui peuvent agir comme comité consultatif ou coordonnateur pendant l'exercice de planification (19, 26). Les experts et les intervenants peuvent contribuer directement au projet d'adaptation en fournissant des données, une capacité d'analyse, des idées et une vision des problèmes en cause (22). C'est à l'étape 1 que l'on détermine quels sont les experts et/ou les intervenants susceptibles de s'intéresser au projet et de quelle façon ils participeront au processus. Les deux types d'experts peuvent apporter une contribution utile lors de l'évaluation de la vulnérabilité et des divers aspects de l'adaptation (9).

### **Mettre au point un système d'archivage**

Il est important de documenter le processus de planification de l'adaptation. Localiser, citer et documenter la provenance des données et de l'information utilisées ainsi que des décisions qui émanent de l'utilisation de ces ressources confère de la transparence au processus et facilitera l'accès à la documentation dans l'avenir (12, 19). Les divers documents, notamment les cadres de référence, les attributions, les procès-verbaux des réunions internes, les lettres, les courriels, les notes de service, les documents de recherche, les documents de communication, les listes de personnes ressources, les documents de planification, les résultats d'analyse, les méthodologies, les plans de travail, les données sur les risques, les comptes rendus de décisions et les opinions des gens ou des groupes participant au processus, doivent être archivés au fur et à mesure à chaque étape. Il sera ainsi facile, pour l'équipe de planification, de vérifier la logique derrière les prises de décisions et de réviser le processus lorsque de l'information supplémentaire sera disponible (19, 33). Un système d'archivage peut être simple (p. ex., un wiki dédié à l'échange d'information de base et à l'archivage de documents) (19) ou plus complexe, comme la méthode en huit étapes des Nations Unies (Design and Implementation of Recordkeeping Systems ou DIRKS), servant à concevoir des systèmes qui créent, saisissent et tiennent à jour des données (34).

## ÉTAPE 2 – ACCROÎTRE LES CONNAISSANCES ET RECUEILLIR DES DONNÉES

### But

Le but de cette étape est d'accroître les connaissances des membres de l'équipe de planification ou des intervenants à l'intérieur du bassin versant sur les changements climatiques, et de commencer à recueillir toutes les données disponibles qui contribueront à guider les étapes subséquentes du processus.

### Tâches

- Évaluer et accroître les connaissances sur les changements climatiques.
- Rassembler des données historiques.
- Développer des données de référence et des indicateurs.
- Obtenir des projections climatiques.
- Établir un inventaire des impacts des changements climatiques.

### Résultats

- Connaissance accrue des changements climatiques chez les membres de l'équipe de planification et les autres personnes participant au projet ou concernées par le projet.
- Un ensemble de données historiques qui servira à guider les étapes subséquentes du processus.
- Des données de référence sur le bassin versant et une liste d'indicateurs qui témoignent de l'état de vulnérabilité aux changements climatiques.
- Un inventaire des impacts des changements climatiques à l'intérieur du bassin versant.
- Des projections régionales ou globales concernant les changements climatiques pour la zone à l'étude.

#### À l'échelle du bassin versant

Les activités de l'étape 2 sont propres à la planification de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant. Qu'il s'agisse d'une approche descendante ou ascendante, la collecte de données historiques et les projections concernant le climat et l'hydrologie fournissent de l'information essentielle sur la trajectoire et l'ampleur des changements. Les indicateurs utilisés pour évaluer les impacts des changements climatiques se rapportent à des caractéristiques particulières du bassin versant, tandis que l'état de santé de base est mesuré à l'échelle du bassin versant.

### **Évaluer et accroître les connaissances sur les changements climatiques**

À l'étape 1, l'objectif était de déterminer le niveau de connaissances des membres de l'équipe de planification en matière de changements climatiques pour s'assurer que ces derniers avaient le

savoir-faire nécessaire pour participer au processus de planification de l'adaptation. L'étape 2 permet de prendre des mesures supplémentaires pour accroître les connaissances des membres de l'équipe de planification et des autres intervenants qui sont touchés par le processus de planification ou y participent. Des séances spéciales d'information, des lectures obligatoires ou des webinaires tenus par des experts des impacts des changements climatiques ou de l'adaptation peuvent accroître les connaissances des parties concernées sur la question générale de l'adaptation ou les conscientiser davantage à des impacts plus spécifiques liés au climat à l'intérieur du bassin versant (24). Un recueil de ressources pourrait être créé et mis à la disposition des membres de l'équipe de planification pour accroître leur connaissance et leur compréhension du sujet (8, 24, 35, 36,12). Par exemple, le site *Web Climate Insights 101*, créé par le Pacific Institute for Climate Solutions (PICS) de la Colombie-Britannique, offre une série de leçons sur les impacts des changements climatiques et l'adaptation sous forme de brefs vidéos (8).

## **Rassembler des données historiques**

Il est possible de réunir une quantité considérable d'information sur l'évolution du climat à l'intérieur d'un bassin versant donné en analysant les données climatiques et hydrologiques historiques. Il est conseillé de chercher et de rassembler toute l'information et toutes les données historiques disponibles. Il est possible de se procurer des données historiques sur le climat (c.-à-d. des données historiques sur la température et les précipitations) dans les Archives nationales d'information et de données climatologiques d'Environnement Canada ou auprès de sources locales comme des groupes de conservation ou des universités.

Outre les données historiques sur les conditions météorologiques et climatiques, d'autres données historiques peuvent aider à déterminer les changements survenus dans le bassin versant. Mentionnons, à ce titre, l'hydrologie; la couverture terrestre; l'information sur les utilisateurs d'eau (p. ex., résidentiels, récréatifs) et sur les secteurs utilisateurs d'eau (p. ex., foresterie, hydroélectricité, agriculture); les données sur la qualité de l'eau ainsi que les données démographiques et socioéconomiques; les projections concernant les besoins en eau; les données sur la croissance de la population et le développement économique; les données paléoenvironnementales; l'information sur les effets cumulatifs. Certaines des données susmentionnées peuvent être obtenues des réseaux de surveillance de l'eau en place à l'intérieur du bassin versant, ce qui montre l'importance de conserver des ensembles de données à long terme pour établir des données de référence et déterminer les impacts des changements climatiques.

Les données peuvent être recueillies par des méthodes de recherche standards ou par des échanges avec la collectivité locale du bassin versant (8, 19, 26, 37). La collectivité nordique de Dawson, au Yukon, a comblé des lacunes dans son plan d'adaptation en y ajoutant des informations locales et des bilans des changements climatiques antérieurs (24).

## **Développer des données de référence et des indicateurs**

L'état de santé du bassin versant peut être évalué à l'aide d'indicateurs qui mesurent les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du bassin versant. Pour évaluer la santé du

bassin versant, on peut mesurer les conditions de base en fonction de normes, de critères ou de lignes directrices connus; de plus, les conditions de base fournissent souvent un objectif de résilience. Les conditions de base sont les conditions actuelles observables (31) ou un aperçu instantané du système sur une période de temps donné. Les conditions de base illustrent le degré d'adaptation du bassin versant aux conditions climatiques actuelles (22), information qui est souvent utilisée pour faciliter le suivi et l'évaluation des options d'adaptation et pour mesurer les succès obtenus globalement (9, 29, 31, 36). Selon les systèmes (ou thèmes) définis à l'étape 1, l'équipe de planification devrait établir un inventaire des données de référence. À partir de ces données, les gestionnaires du bassin versant et autres personnes intéressées peuvent déterminer le degré de variabilité naturelle à l'intérieur des systèmes pour la période de mesure. La bonne exécution de cette tâche dépendra de la quantité de données disponibles à l'échelle du bassin versant.

Les indicateurs destinés à évaluer la vulnérabilité des bassins versants aux changements climatiques peuvent mesurer divers aspects des systèmes naturels (basés sur les écosystèmes) et des systèmes bâtis (basés sur les infrastructures). De nombreux thèmes, de même que des éléments particuliers (indicateurs) de ces thèmes, sont susceptibles d'être évalués en fonction des changements climatiques. Par exemple, afin d'évaluer la vulnérabilité de la qualité de l'eau et de la quantité d'eau aux changements climatiques pour le lac Simcoe et ses bassins versants, neuf indicateurs ont été utilisés : l'utilisation/la disponibilité de l'eau, l'indice de débit de base, la superficie des terres humides, la vulnérabilité des eaux souterraines, la couverture forestière, la charge en phosphore, la variabilité du débit, la superficie des plaines inondables et la dérivation des eaux usées (38). Mortsch et Hebb (39) ont utilisé des données de recensement canadiennes pour évaluer la capacité d'adaptation aux inondations dans le bassin de la Haute-Thames. Dans ce cas précis, les indicateurs utilisés étaient la capacité d'adaptation et de réaction; l'accès variable aux ressources; le degré d'exposition à la situation à l'étude. Les indicateurs non climatiques incluaient pour leur part le nombre de personnes de plus de 65 ans; le nombre de personnes de moins de 19 ans; le nombre de ménages à faible revenu; le type d'habitations; la période de construction (39). Ces deux études donnent des exemples de différents types d'indicateurs utilisés pour évaluer la vulnérabilité sous différents angles à l'intérieur de certains bassins versants.

En général, on utilise des indicateurs dans les évaluations de la vulnérabilité pour :

- aider à quantifier l'état de différentes caractéristiques du bassin versant;
- évaluer l'exposition et la sensibilité du bassin versant aux impacts des changements climatiques;
- évaluer la capacité d'adaptation du bassin versant (40).

Dans le cadre d'un projet d'adaptation aux changements climatiques portant sur les besoins en données de surveillance de l'eau et sur les indicateurs, on a dressé une liste d'indicateurs de la sensibilité aux changements climatiques qui exigeaient spécifiquement des données hydrologiques (41). Pour identifier ces indicateurs, des recherches ont été réalisées dans les catégories suivantes :

- la vulnérabilité des ressources en eau
- la santé/les écosystèmes du bassin versant

- la pérennité
- les services écosystémiques
- l'utilisation de l'eau.

On a trouvé de nombreux indicateurs dans chacune des cinq grandes catégories, mais très peu d'indicateurs exigeant des données hydrologiques, sauf dans la première catégorie.

Une liste d'indicateurs de la sensibilité aux changements climatiques est présentée à l'annexe B. Le tableau contient une description de la méthode de calcul de chaque indicateur, identifie les autorités compétentes ou les organismes qui utilisent ces indicateurs et contient des références.

La majeure partie des indicateurs identifiés ciblent les précipitations, la neige, les débits, la température, l'humidité du sol et le niveau d'eau. Toutefois, certains indicateurs peuvent également servir à quantifier de l'information sur d'autres paramètres (p. ex., la fréquence des inondations provoquées par des embâcles). Le tableau 2 contient des exemples d'indicateurs tirés de l'annexe B.

**Tableau 2 : Exemples d'indicateurs de la vulnérabilité**

Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis
Glace	Variation des dates de gel/de fonte	Première date de glace permanente/date de gel complet/épaisseur maximale/date de la première fonte/date à laquelle le plan d'eau est libre de glace	Sans objet
Précipitations	Précipitations moyennes sur 30 ans	Précipitations totales	Sans objet
Température	Distribution du pergélisol	Température du sol	Zone de pergélisol continu, zone de pergélisol discontinu et terre sans pergélisol
Neige	Saison d'enneigement	Superficie de la couverture de neige	Sans objet
Qualité de l'eau souterraine	Indice de problèmes de qualité pour l'eau souterraine soumise à des pressions humaines	Paramètres de qualité de l'eau souterraine	Zone de l'aquifère à l'étude
Humidité du sol	Changement de percentile d'humidité du sol	Pourcentage d'humidité dans le sol	Sans objet
Niveau d'eau	Ressources en eau de surface	Superficie totale d'eau de surface	Territoire total

L'équipe de planification devrait choisir des indicateurs de la capacité d'adaptation. Les indicateurs sont définis comme les caractéristiques des collectivités ou des bassins versants qui influencent leur capacité d'adaptation (42). D'un point de vue social, ces indicateurs comprennent notamment les niveaux de technologie, les ressources financières et la capacité sociale (42), tandis que la diversité génétique figure parmi les indicateurs de la capacité d'adaptation écologique (40). Pour faciliter l'identification d'indicateurs et de paramètres de mesure de la sensibilité et de l'exposition à l'échelle du bassin versant et d'indicateurs de la capacité d'adaptation, l'équipe de planification peut notamment consulter des articles de journaux, de la littérature grise, des rapports gouvernementaux, des ressources en ligne et des évaluations de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation. Différentes bases de données climatiques, météorologiques et hydrologiques peuvent également faciliter l'évaluation de l'état du bassin versant. Le document du CCME intitulé *Tools for Climate Change Vulnerability Assessments for*

*Watersheds* (40) donne des conseils sur le choix des indicateurs à utiliser pour réaliser des évaluations de la vulnérabilité.

## **Obtenir des projections climatiques**

Les projections climatiques donnent une indication de la trajectoire des changements et du contexte susceptible de perpétuer les impacts ou d'en créer de nouveaux dans le bassin versant. De nombreuses ressources peuvent aider les responsables à définir les conditions climatiques futures à l'aide de modèles climatiques qui simulent différents scénarios de changements économiques et environnementaux (12, 17, 19, 26, 29, 35, 36). Comme les scénarios climatiques illustrent uniquement des résultats possibles, l'équipe de planification peut envisager d'utiliser un ensemble de modèles et de scénarios pour cerner tout l'éventail des changements climatiques possibles (9).

Des projections et données climatiques sont disponibles auprès de plusieurs sources au Canada, notamment :

- le site Web du Réseau canadien des scénarios de changements climatiques, Environnement Canada
- Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques (OURANOS)
- le Pacific Climate Impacts Consortium
- le Scenarios Network for Alaska and Arctic Planning.

Les modèles et leurs résultats viennent cependant avec leur lot d'incertitude. Souvent vue comme un obstacle à la planification de l'adaptation aux changements climatiques, l'impossibilité de définir avec exactitude les changements futurs pousse certains décideurs à ne pas pratiquer une planification proactive. Les progrès de la modélisation climatique globale et régionale permettront d'obtenir, dans l'avenir, des résultats plus précis et une résolution plus fine. Même si les scénarios de changements climatiques ne peuvent pas prédire avec exactitude les conditions climatiques futures et que les résultats des modèles doivent être utilisés avec précaution, les autorités compétentes devraient combiner les données climatiques modélisées avec leur connaissance de l'influence des conditions météorologiques et climatiques sur nos systèmes pour pratiquer une planification de l'adaptation empreinte de prudence.

De nombreux aspects des modèles climatiques globaux peuvent sembler déroutants pour quelqu'un qui connaît peu la terminologie de la modélisation. Si des membres de l'équipe de planification ne sont pas au fait des différentes prises de décisions que nécessite le choix des modèles, ils devraient envisager de consulter des ressources sur la modélisation climatique ou des experts pour accroître leur niveau de connaissance. Pour aider à déterminer quelles sont les projections climatiques requises pour le projet, Gleeson *et coll.* (9) proposent de formuler une série de questions, par exemple :

- Quels sont les modèles et les scénarios climatiques disponibles?
- De quelles variables climatiques les experts de l'équipe de planification ont-ils besoin (p. ex., variation des températures, variation des précipitations)?

- Dans quel format les experts de l'équipe de planification veulent-ils les données et l'information sur les projections climatiques (p. ex., cartes, tableaux de données)?
- Quel est ou quelles sont la ou les échelle(s) de projection à privilégier?
- Comment les données devraient-elles être présentées (p. ex., variation en pourcentage, variation graduelle)?

L'équipe de planification devrait préparer une liste ou une description des conditions climatiques futures à l'aide de l'information et des données disponibles sur les changements climatiques projetés. Cette information aidera à définir le risque ou les événements climatiques pour évaluer le risque futur (étape 4).

Dans le cadre de leurs évaluations de la vulnérabilité, des groupes pourraient souhaiter étudier de plus près les impacts des changements climatiques relativement à certains aspects de l'hydrologie (étape 3) (40). Les modèles qui utilisent des paramètres comme le débit, la qualité de l'eau, l'humidité du sol ou l'évaporation/évapotranspiration sont parfois déjà utilisés dans la planification et la gestion de l'eau par bassin versant. L'intégration des projections de changements climatiques dans ces modèles génère souvent de l'information pouvant faciliter l'identification des changements hydrologiques survenus à l'échelle locale. Dans la mesure où les planificateurs, les ingénieurs et les gestionnaires de bassins versants sont conscients des limitations des résultats obtenus, les données modélisées peuvent s'avérer très utiles dans les prises de décisions en matière d'adaptation.

## **Établir un inventaire des impacts des changements climatiques**

L'établissement d'un inventaire des impacts possibles des changements climatiques à l'échelle du bassin versant peut :

- aider à comprendre les impacts actuels des changements climatiques sur le bassin versant;
- faciliter l'évaluation des risques et des vulnérabilités;
- aider à déterminer les mesures d'adaptation appropriées plus tard dans le processus de planification (9, 11, 12, 24, 25, 26, 35).

Cette information aidera l'équipe de planification à déterminer et à comprendre les zones d'impact cibles ou prioritaires à l'intérieur du bassin versant (19).

Les processus ascendants de planification de l'adaptation ont souvent recours aux connaissances des intervenants locaux sur les impacts des changements climatiques, connaissances qui portent sur les changements observés et leurs effets sur les valeurs du bassin versant. En général, les intervenants peuvent facilement identifier les impacts qu'ont eus la variabilité du climat, les changements climatiques et/ou les événements météorologiques extrêmes sur leur propriété, leur commerce ou leur vie personnelle. Des rencontres individuelles, des ateliers et des sondages en ligne ne sont que quelques exemples de méthodes efficaces pour recueillir ces renseignements. Il se peut que certains intervenants connaissent peu les changements climatiques ou ne croient pas à l'existence de tels changements. Dans ce cas, il serait bon de commencer la conversation en parlant de l'évolution des conditions météorologiques et de la façon dont les intervenants s'y sont

adaptés par le passé. Les ateliers sont de bonnes occasions d'inviter des experts à parler des impacts des changements climatiques et de l'adaptation en leur demandant de mettre l'accent sur les réalités locales dans la mesure du possible. La collecte d'information locale sur l'évolution des conditions météorologiques et climatiques aidera l'équipe de planification à déterminer les impacts des changements climatiques sur le bassin versant, à réunir de la documentation sur les principales zones de vulnérabilité et à identifier des indicateurs clés pour mesurer la santé du bassin versant (31).

## ÉTAPE 3 – ÉVALUER LA VULNÉRABILITÉ ACTUELLE

### But

Le but de cette étape est de déterminer dans quelle mesure le bassin versant est vulnérable aux changements climatiques qui se sont déjà produits.

### Tâches

- Déterminer le degré de sensibilité et d'exposition du bassin versant au climat.
- Déterminer la capacité d'adaptation des systèmes aux impacts passés et présents des changements climatiques.
- Évaluer la vulnérabilité.
- Examiner les résultats et communiquer les conclusions.
- Mettre à jour le système d'archivage.

### Résultats

- Une évaluation de la sensibilité et de l'exposition.
- Une compréhension générale de la capacité d'adaptation à l'intérieur du bassin versant.
- Une liste des vulnérabilités à l'intérieur du bassin versant.

#### À l'échelle du bassin versant

Les activités de l'étape 3 sont communes à la planification de l'adaptation par bassin versant et aux autres types de planification de l'adaptation. Lors de l'évaluation de la vulnérabilité d'un bassin versant, il peut cependant être difficile d'obtenir des données pertinentes pour déterminer la capacité d'adaptation du bassin. Les évaluations de la capacité d'adaptation sont effectuées à l'aide d'indicateurs ou de déterminants qui se fondent sur des données relatives aux collectivités humaines et aux écosystèmes des bassins versants. S'il est possible d'obtenir des données sur les écosystèmes des bassins versants, il se peut que les données relatives aux collectivités humaines ne soient pas disponibles à l'échelle du bassin versant. Les données sur les collectivités humaines sont parfois basées sur les limites municipales ou sur les unités de recensement et doivent donc être converties à l'échelle du bassin versant.

Outre le document du CCME intitulé *Tools for Climate Change Vulnerability Assessments for Watersheds* (40), la littérature sur l'adaptation aux changements climatiques propose de nombreuses méthodes pour évaluer la vulnérabilité (43). La vulnérabilité est définie comme étant la mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les événements extrêmes (44). La vulnérabilité varie en fonction de la sensibilité, de l'exposition et de la capacité d'adaptation (40). Afin de favoriser le développement de solutions d'adaptation qui réduiront les

risques associés aux changements climatiques, il est important de comprendre la vulnérabilité du bassin versant aux changements climatiques qui se sont déjà produits. En plus de fournir de l'information sur les risques futurs, l'évaluation de la vulnérabilité actuelle permet de trouver des moyens d'améliorer la gestion des systèmes en fonction des risques climatiques actuels (45).

Selon la portée du projet et les ressources disponibles, l'équipe de planification peut entreprendre l'évaluation en se fondant sur les connaissances et le jugement d'experts ou peut engager des experts techniques pour effectuer des évaluations de la vulnérabilité sur différents systèmes ou thèmes (p. ex., eau, faune, infrastructures) à l'intérieur du bassin versant. Les résultats de cette étape seront le point de référence en fonction duquel seront évalués les impacts futurs des changements climatiques, tel que mentionné à l'étape 4. Déterminer le degré actuel de sensibilité et d'exposition des systèmes aux changements climatiques ainsi que la capacité d'adaptation des systèmes aux impacts des changements climatiques (9, 12, 24, 25, 46) donne une évaluation globale de la vulnérabilité. Comprendre le lien entre le climat actuel et certains aspects du bassin versant et de ses écosystèmes aidera à déterminer comment les pressions que subit actuellement le bassin versant risquent de s'accroître dans l'avenir sous l'effet des changements climatiques.

L'évaluation de la vulnérabilité comporte de l'incertitude. Gleeson *et coll.* (9) proposent des façons de remédier à l'incertitude et des méthodes pour tenir compte de ce facteur dans les évaluations de la vulnérabilité. Ils soulignent l'importance d'envisager l'utilisation de différentes méthodes pour reconnaître et communiquer cette incertitude, mais affirment que cette dernière ne devrait pas restreindre ni empêcher l'évaluation des vulnérabilités. Les constants progrès de la climatologie et une meilleure compréhension de l'effet des changements climatiques sur les systèmes contribueront à réduire l'incertitude.

À l'étape 2, les principaux indicateurs associés aux systèmes (ou thèmes environnementaux) à évaluer ont été identifiés. À cette étape-ci, l'évaluation de la sensibilité, de l'exposition et de la capacité d'adaptation déterminera dans quelle mesure les indicateurs sont influencés par des facteurs de stress climatiques (p. ex., température, précipitations) et non climatiques (p. ex., les pressions urbaines telles que l'urbanisation, la croissance de la population ou les besoins en eau) (9). Dans le cadre d'une étude de cas et à l'aide d'un cadre conçu pour les spécialistes de ressources naturelles (9), des experts techniques ont effectué des évaluations de la vulnérabilité dans le district 3E-1 du nord de l'Ontario (16, 47, 48, 49) en utilisant des indicateurs établis pour une sélection de thèmes.

## **Déterminer le degré de sensibilité et d'exposition du bassin versant au climat**

La première tâche à exécuter pour évaluer la vulnérabilité actuelle est de déterminer le degré de sensibilité et d'exposition du bassin versant (c.-à-d. systèmes ou thèmes environnementaux) au climat. Dans le présent document, la sensibilité désigne le degré auquel un système est touché, de façon favorable ou défavorable, par la variabilité du climat ou les changements climatiques (44); la sensibilité donne également une indication de la probabilité qu'un système réagisse s'il est soumis à un stress (40). Dans le présent document, l'exposition désigne la présence de gens; de moyens de subsistance; de services environnementaux et de ressources; d'infrastructures; ou de biens économiques, sociaux ou culturels à des endroits susceptibles d'être perturbés par des changements climatiques (50); elle donne également une indication de l'importance et de

l'étendue (c.-à-d. échelles spatiale et temporelle) de l'exposition aux impacts des changements climatiques (40). Les systèmes actuellement exposés et soumis à des stress sont plus susceptibles d'être sensibles aux changements climatiques.

À l'aide des indicateurs établis et des données recueillies à l'étape 2, l'équipe de planification et/ou des experts techniques peuvent déterminer dans quelle mesure les différentes composantes du bassin versant sont sensibles et exposées aux conditions climatiques et non climatiques. Pour faciliter l'évaluation de la sensibilité et de l'exposition, l'équipe de planification pourrait formuler une série de questions (19). Par exemple :

- Le système est-il actuellement soumis à un stress?
- Dans quelle mesure le système est-il exposé aux impacts des changements climatiques existants?
- Quels paramètres de mesure peut-on utiliser pour quantifier l'exposition/la sensibilité?
- Des seuils peuvent-ils être identifiés?

L'établissement d'une échelle de classement aidera à prioriser les résultats de cette évaluation. Il pourrait s'agir, par exemple, d'une échelle à trois niveaux – élevé, modéré ou faible, où :

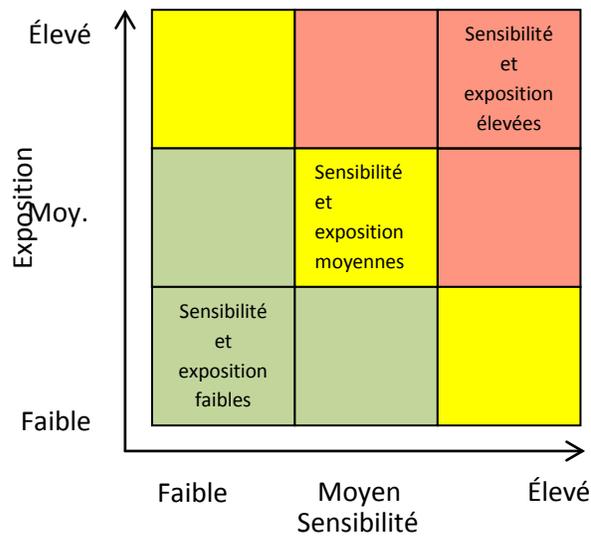
- élevé (E) – l'exposition et la sensibilité au climat sont le facteur d'influence central ou jouent un rôle important dans l'état, la structure ou la fonction de l'indicateur;
- modéré (M) – l'exposition et la sensibilité au climat jouent un rôle modéré dans l'état, la structure ou la fonction de l'indicateur;
- faible (F) – actuellement, l'indicateur n'est pas exposé ni sensible au climat; son état, sa structure ou sa fonction actuel(le) montre très peu de signes de relation avec le climat (9).

La préparation de feuilles de travail pour guider le processus et étayer les résultats (tableau 3) peut s'avérer utile. Les matrices de sensibilité et d'exposition (figure 3) sont également utiles pour visualiser et comparer les résultats.

**Tableau 3 : Feuille de travail pour l'évaluation de la sensibilité et de l'exposition**

Indicateur	Description de la sensibilité actuelle	Classement de la sensibilité (E,M,F)	Description de l'exposition actuelle	Classement de l'exposition (E,M,F)	Classement global de la sensibilité et de l'exposition (E,M,F)

**Figure 3 : Matrice de sensibilité et d'exposition**



L'équipe de planification peut également utiliser un éventail d'outils de modélisation pour évaluer la vulnérabilité. Le document du CCME intitulé *Tools for Climate Change Vulnerability Assessment for Watersheds* (40) présente une synthèse très détaillée des outils de modélisation qui servent à évaluer la vulnérabilité. Dans ce cas précis, les outils de modélisation traitent la sensibilité et l'exposition séparément. Le tableau 4 offre une vue d'ensemble des outils présentés dans le recueil et dont on peut se servir pour évaluer l'exposition d'un bassin versant aux changements climatiques (40).

**Tableau 4 : Vue d'ensemble des modèles et outils pouvant servir à évaluer l'exposition (40)**

Modèle	Description	Outil
Modèles localisés	En plus de s'installer et de se calibrer rapidement, ils requièrent généralement une quantité minimale de données et sont faciles à appliquer, mais ils génèrent moins d'information que les modèles entièrement distribués.	CANWET (Canadian Water Evaluation Tool)
		ForHyM (Forest Hydrology Model) & For WaDy (Forest Water Dynamics Model)
		HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance)
		Modèle du bilan hydrique mensuel de Thornthwaite
		WRENSS (Water Resources Evaluation of Nonpoint Silvicultural Sources Methodology)
Modèles semi-distribués	Ils sont généralement davantage basés sur des critères physiques que les modèles localisés, mais requièrent moins de données que les modèles distribués.	HSPF (Hydrological Simulation Program – modèle FORTRAN)
		WEAP (Water Evaluation and Planning System)
Modèles distribués	Ils offrent généralement une précision optimale et/ou l'information la plus spatialement explicite, mais requièrent beaucoup de données et de savoir-faire.	MIKE SHE (System Hydrologique European)
		Modèle VIC (Variable Infiltration Capacity)
Indicateurs, indices et modèles statistiques	Modèles dont la structure, les besoins en information et les résultats varient beaucoup.	Modélisation statistique

**Tableau 5 : Vue d'ensemble des outils disponibles pour évaluer la sensibilité (40)**

<b>Système</b>	<b>Outil</b>
Bassin versant	Indicateurs de l'état ou de la fonction du bassin versant
	Indicateurs biologiques (bioindicateurs)
	Modèles de bassins versants combinés ou intégrés
Conditions humaines	Analyse de la vulnérabilité sociale
	Évaluation de la vulnérabilité des ouvrages
	Évaluation des risques
Écosystèmes d'eau douce	Modèles d'enveloppes bioclimatiques
	Sensibilité des espèces ou sensibilité au cours du cycle biologique
	Modèles fondés sur les habitats ou les espèces

### **Déterminer la capacité d'adaptation des systèmes aux impacts passés et présents des changements climatiques**

La capacité d'un système de réagir aux changements climatiques est déterminée en partie par sa capacité d'adaptation. Si un système peut faire face aux changements climatiques, il possède une grande capacité d'adaptation; s'il n'est pas en mesure de réagir aux changements climatiques, il possède au contraire une faible capacité d'adaptation. La capacité d'adaptation, appelée également résilience dans certains cas (40), est évaluée à l'aide d'indicateurs de la capacité d'adaptation. Dans le cas du patrimoine naturel, des espèces ou des composantes de bassins versants, la capacité d'adaptation est généralement vue comme une caractéristique intrinsèque qui leur permet de réagir aux changements climatiques. Pour déterminer la capacité d'adaptation des systèmes bâtis ou des collectivités, on utilise souvent des indicateurs comme les ressources économiques, la technologie et le capital social (9, 12, 24, 33). Le document *Tools for Climate Change Vulnerability Assessment for Watersheds* (40) offre un aperçu détaillé de la capacité d'adaptation des collectivités humaines et de la résilience des écosystèmes d'eau douce (tableau 6).

**Tableau 6 : Exemples d'indicateurs de la capacité d'adaptation des collectivités humaines et de la résilience des écosystèmes d'eau douce (40)**

<b>Capacité d'adaptation des collectivités humaines – exemples d'indicateurs</b>	<b>Résilience des écosystèmes d'eau douce - exemples d'indicateurs</b>
Ressources économiques	Diversité génétique
Technologie	Intégrité de la mosaïque des paysages
Information, compétences et gestion	Diversité biologique
Infrastructures	
Équité	

L'équipe de planification peut utiliser une échelle de classement et les indicateurs établis à l'étape 2 pour évaluer les niveaux de capacité d'adaptation à l'intérieur du bassin versant. Par exemple, il pourrait choisir une échelle à trois niveaux comme celle-ci :

- élevé (E) – l'indicateur montre une grande tolérance aux changements et une grande capacité d'adaptation aux nouvelles conditions ou aux stress.
- modéré (M) – l'indicateur montre une tolérance modérée aux changements et une certaine capacité d'ajustement ou d'adaptation aux nouvelles conditions ou aux stress.
- faible (F) – l'indicateur montre très peu voire aucune tolérance aux changements et une capacité d'adaptation limitée aux nouvelles conditions (9).

Comme dans le cas de la sensibilité et de l'exposition, l'utilisation de feuilles de travail peut aider à guider le processus et à étayer les résultats (tableau 7). Il est également bon de décrire toute mesure en cours destinée à accroître la capacité du système.

**Tableau 7 : Évaluation de la capacité d'adaptation**

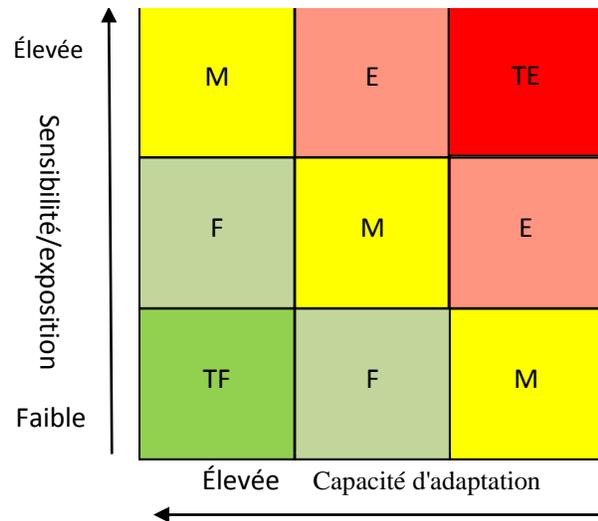
Indicateur	Indicateurs de la capacité d'adaptation	Description de la capacité d'adaptation actuelle	Classement de la capacité d'adaptation (p. ex., E, M, F)

**Figure 4 : Classement des vulnérabilités selon la sensibilité/l'exposition et la capacité d'adaptation**

### Évaluer la vulnérabilité

Une fois déterminés le niveau de sensibilité/d'exposition et le niveau de capacité d'adaptation, on peut combiner les résultats et déterminer la vulnérabilité globale du système (9, 19, 24). La vulnérabilité, comme fonction, est la relation entre la sensibilité et l'exposition divisée par la capacité d'adaptation.

Une matrice de vulnérabilité (figure 4) et une échelle de classement sont utiles pour déterminer les niveaux de vulnérabilité et pour illustrer ces derniers sous forme graphique. Par exemple :



- très faible = sensibilité et exposition faibles / capacité élevée d'adaptation
- faible = sensibilité et exposition faibles / capacité modérée d'adaptation
- faible = sensibilité et exposition moyennes / capacité élevée d'adaptation
- moyenne = sensibilité et exposition moyennes / capacité modérée d'adaptation
- moyenne = sensibilité et exposition élevées / capacité élevée d'adaptation
- moyenne = sensibilité et exposition faibles / faible capacité d'adaptation
- élevée = sensibilité et exposition élevées / capacité modérée d'adaptation
- élevée = sensibilité et exposition moyennes / faible capacité d'adaptation
- très élevée = sensibilité et exposition élevées / faible capacité d'adaptation.

Les résultats peuvent également être colligés dans une feuille de travail (tableau 8).

**Tableau 8 : Évaluation globale de la vulnérabilité**

Indicateur	Sensibilité/exposition E, M, F	Capacité d'adaptation E, M, F	Vulnérabilité TF, F, M, E, TE

Une autre façon d'évaluer la vulnérabilité est de grouper différents indicateurs pour établir un score ou un indice global (40). Cette méthode peut fournir de précieux renseignements sur la vulnérabilité globale, mais elle comporte des difficultés et repose sur des prémisses dont devraient être conscients les utilisateurs. Dans sa trousse à outils pour l'évaluation de la vulnérabilité (40), le CCME donne un excellent aperçu des méthodes disponibles pour établir des indices globaux. Parmi ces méthodes, mentionnons :

- le calcul de la moyenne simple;
- le calcul de la moyenne pondérée;
- la méthode de classement de Pareto;
- la méthode d'enveloppement des données;
- les cartes de vulnérabilité;
- le profil de vulnérabilité.

La cartographie sur système d'information géographique (SIG) est une façon courante et efficace de communiquer les résultats des évaluations de la sensibilité, de l'exposition, de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité globale (40) à l'intérieur du bassin versant.

Même si les évaluations de la capacité d'adaptation sont effectuées en fonction du climat actuel, l'équipe de planification est encouragée à prendre en considération les impacts qu'auront les stressseurs non climatiques sur le bassin versant. Ces stressseurs peuvent avoir de l'importance et influencer le degré de vulnérabilité indépendamment de la contribution des changements climatiques.

## **Examiner les résultats et communiquer les conclusions**

Une fois l'évaluation terminée, la dernière tâche de l'étape 3 est d'examiner les résultats des évaluations de la sensibilité, de l'exposition et de la capacité d'adaptation pour ensuite évaluer les scores globaux de vulnérabilité attribués au bassin versant (12). Cette tâche est particulièrement pertinente lorsque les évaluations de la vulnérabilité sont effectuées par des experts-conseils ou des chercheurs. Le fait de rendre compte des résultats à l'équipe de planification par le biais de réunions, d'ateliers ou de webinaires permettra de comprendre certains aspects de la vulnérabilité aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant et d'étudier ou de remettre en question le travail des experts-conseils ou des membres de l'équipe de planification (12). La communication des résultats à d'autres intervenants qui ne font pas partie de l'équipe de planification peut également se faire à cette étape.

## **Mettre à jour le système d'archivage**

Comme aux étapes précédentes du processus de planification de l'adaptation, les activités et les résultats qui découlent des analyses effectuées à l'étape 3 doivent être soigneusement enregistrés dans le système d'archivage mis au point à l'étape 1. Plus particulièrement, il convient d'y consigner les indicateurs de sensibilité, d'exposition et de capacité d'adaptation, de même que les paramètres de mesure utilisés pour les quantifier.

## ÉTAPE 4 – ÉVALUER LE RISQUE FUTUR

### But

Le but de cette étape est d'identifier et de prioriser les risques associés aux futurs changements climatiques.

### Tâches

- Effectuer une analyse du risque.
- Effectuer une évaluation du risque.
- Communiquer les résultats.
- Examiner les résultats.

### Résultats

- Évaluation des vulnérabilités futures.
- Risques classés en ordre de priorité.
- Résultats communiqués aux intervenants.

#### À l'échelle du bassin versant

Les activités de l'étape 3 sont communes à la planification de l'adaptation par bassin versant et aux autres types de planification de l'adaptation. L'évaluation du risque futur à l'échelle du bassin versant tient toutefois compte de conséquences qui touchent divers aspects des systèmes naturels et bâtis du bassin versant. Comme les systèmes que contient un bassin versant sont étroitement liés les uns aux autres, l'étude d'un système ou d'une zone peut facilement s'élargir à d'autres systèmes ou d'autres zones et faire ainsi dériver le champ d'étude. Pour ne pas perdre de vue le champ d'étude, il est extrêmement important d'établir des buts et objectifs clairs et de les garder à l'avant-plan des travaux.

Dans le présent document, le risque désigne la probabilité (ou la fréquence) et les conséquences (ou la gravité) des impacts associés aux changements climatiques sur les systèmes d'un bassin versant ou d'une collectivité (9, 12, 25, 33). L'identification des risques climatiques futurs aide à prioriser les mesures à prendre pour réduire le niveau de menace et pour tirer profit des possibilités que créent les changements climatiques. Dans le contexte des vulnérabilités actuelles, les projections de changements climatiques et les scénarios de changements hydrologiques/écosystémiques présentent l'éventail des impacts possibles sur divers aspects du bassin versant, notamment les impacts sur la qualité de l'eau, la quantité d'eau, l'habitat aquatique et les espèces aquatiques. Ces données aident à définir les impacts continus et les nouveaux impacts possibles à l'échelle du bassin versant.

## Effectuer une analyse du risque

L'évaluation des risques futurs aide les spécialistes de bassins versants à comprendre, à analyser et à traiter les risques (33) associés aux changements climatiques.

Pour amorcer le processus d'évaluation des risques, l'équipe de planification devrait établir une échelle pour mesurer la probabilité d'occurrence d'événements associés aux changements climatiques. L'équipe de planification peut élaborer des définitions de la notion de probabilité ou encore modifier des définitions existantes pour les destiner à des applications particulières (12). L'analyse peut déterminer la probabilité qu'un indicateur soit touché par des événements uniques (p. ex., fortes précipitations) et/ou par des événements cumulatifs ou continus (p. ex., une longue période de sécheresse) (33). L'échelle utilisée pour mesurer la probabilité doit bien cadrer avec l'horizon de planification choisi au début du projet (p. ex., horizon de 30 ans; horizon de 40 ans) (12, 33). Une fois l'échelle établie, il est possible d'estimer la probabilité d'occurrence d'événements climatiques ou d'aléas (9, 12, 33). Dans le présent document, un aléa climatique désigne la combinaison d'un événement climatique et de son impact.

La création d'une feuille de travail semblable au tableau 9 (33) peut aider à guider le processus et à garder une trace des estimations concernant la probabilité d'occurrence d'aléas. Il convient de prendre des notes et de les conserver pour être en mesure d'expliquer le raisonnement sur lequel reposent toutes les décisions prises à cette étape du processus. En commençant par les indicateurs ayant obtenu les scores de vulnérabilité les plus élevés, l'équipe de

## Principes directeurs pour la gestion des risques

Selon Black et coll. (33), le processus de gestion des risques repose sur plusieurs principes fondamentaux :

- **Identification et mise à contribution de groupes ou de personnes clés affectés ou concernés** - Il faut identifier et mettre à contribution ces groupes ou ces personnes pendant tout le processus. L'équipe du projet peut accueillir des membres de ces groupes dans ses rangs si cela peut l'aider à régler la question à l'étude.
- **Communication** - L'équipe du projet devrait établir un dialogue ouvert et confiant avec les groupes ou les personnes susceptibles d'être affectés ou concernés par les risques à l'étude. Ce dialogue devrait se poursuivre jusqu'à la fin du processus.
- **Documentation** - Il faut prendre soigneusement en note les réunions importantes, les sources d'information et toutes les activités et établir un système d'archivage pour que l'information soit disponible dans l'avenir. Cette mesure aidera l'équipe à :
  - vérifier de quelle façon ont été établis les niveaux de risque et les options de réduction des risques;
  - fournir de l'information de base pour les futures itérations du processus;
  - promouvoir la reddition de comptes et la transparence.
- **Utilisation des outils et des ressources humaines et techniques existants** - L'équipe du projet devrait faire un usage optimal des ressources existantes (p. ex., données, connaissances locales et savoir-faire technique) et des expériences antérieures répertoriées dans la documentation.
- **Éducation et sensibilisation** - Les employés municipaux devraient être sensibilisés aux impacts des changements climatiques et aux mesures d'adaptation et avoir une bonne base de connaissances sur ces questions. Cela les aidera à mener à bien le processus de gestion des risques. Une fois les mesures d'adaptation mises en place, il pourrait s'avérer nécessaire d'informer et de sensibiliser les intervenants et possiblement le grand public pour obtenir leur appui.

planification peut s'en remettre à des avis d'experts pour estimer la probabilité d'occurrence ou la probabilité qu'un indicateur soit touché par des changements climatiques futurs (p. ex., un événement ou aléa climatique). Il convient, à cette étape, d'utiliser des projections climatiques. Ces projections détermineront la probabilité d'occurrence de l'événement climatique à l'étude.

**Tableau 9 : Feuille de travail pour l'estimation de la probabilité**

Événement ou aléa climatique :
Indicateur :
Description de la vulnérabilité :

Type d'événement climatique ou d'aléas		Estimation de la probabilité pour la période (p. ex., période 2013 – 2053)				
		Très faible	Faible	Modérée	Élevée	Très élevée
		Peu susceptible de survenir durant cette période	Susceptible de survenir durant cette période	Susceptible de survenir une fois à tous les 20 ans durant cette période	Susceptible de survenir au moins une fois à tous les dix ans durant cette période	Susceptible de survenir une fois ou plus par année durant cette période
Événement unique significatif						
Événement cumulatif continu						

Ensuite, on évalue les conséquences que pourrait engendrer l'événement ou aléa climatique. Comme dans le cas de l'estimation des probabilités, l'équipe de planification établira une échelle d'évaluation des conséquences. Des catégories similaires à celles établies par Black *et coll.* (33) peuvent être envisagées, notamment des conséquences sociales, économiques, environnementales, culturelles et/ou politiques. Il est également possible d'élargir chaque catégorie pour en délimiter certains aspects. Le tableau 10 (33) donne un exemple d'une façon de procéder pour cerner et évaluer les conséquences dans les différentes catégories.

Une fois les conséquences estimées pour chaque catégorie, un score global peut être déterminé pour les conséquences. Une pondération ou une moyenne des résultats obtenus pour chacune des conséquences aidera à déterminer le score global d'un événement donné. Des estimations des

probabilités et des conséquences devraient être effectuées pour chacune des vulnérabilités identifiées à l'étape précédente.

**Tableau 10 : Feuille de travail pour l'estimation des conséquences**

Événement ou aléa climatique :
Indicateur :
Description de la vulnérabilité :
Score global pour les conséquences :

Classement des conséquences	Personnes				Économie			Environnement			Autres (p. ex., conséquences culturelles, politiques)		
	Santé et sécurité	Déplacement	Perte de moyens de subsistance	Réputation	Domages à des infrastructures	Impact financier		Air	Eau	Terres			
Très faibles													
Faibles													
Modérées													
Élevées													
Très élevées													

### Effectuer une évaluation du risque

La prochaine tâche à effectuer à cette étape est d'évaluer le risque. En combinant probabilité et conséquences, on obtient un niveau de risque (un « score ») pour les indicateurs analysés sous chaque événement ou aléa climatique. Il est bon de créer une matrice d'évaluation du risque composée d'un axe pour la probabilité et d'un autre pour les conséquences (figure 5) afin d'illustrer graphiquement les niveaux relatifs de risque de chaque aléa (12, 33). Une fois les évaluations de la probabilité et des conséquences terminées, on peut placer tous les aléas dans la matrice pour visualiser leurs scores relatifs.

Une fois déterminé le score de risque global, l'équipe de planification devrait revoir chaque processus d'évaluation du risque pour déterminer si le score attribué à chaque événement ou aléa est approprié et réaliste. Il est donc important de conserver des notes détaillées sur le processus pour être en mesure de réexaminer au besoin les raisons qui sous-tendent chaque prise de décision. Si le score attribué est jugé inapproprié ou irréaliste, l'équipe de planification peut vérifier les raisons qui ont conduit à l'attribution de ce score et y apporter au besoin des modifications.

## **Communiquer les résultats**

Les guides sur l'évaluation des risques associés aux changements climatiques soulignent l'importance de communiquer des résultats tout au long du processus. Comme dans le cas des communications avec les intervenants mentionnés à l'étape 3, l'équipe de planification est encouragée à communiquer les résultats obtenus à des gens de l'extérieur, notamment à ceux et celles qui sont le plus susceptibles d'être touchés par les risques associés aux changements climatiques. Les valeurs personnelles de ces gens et leurs perceptions du risque permettront de conforter ou de remettre en question les évaluations effectuées à la présente étape (9, 12, 33).

## **Examiner les résultats**

Après la communication des résultats des évaluations du risque à l'équipe de planification et aux autres intervenants, un examen peut être effectué. L'équipe de planification peut prendre en considération d'importants facteurs comme les pertes de vies, les coûts financiers élevés des impacts ou les menaces subies par les écosystèmes valorisés pour confirmer ou remettre en cause les mesures en cours. Les niveaux de tolérance au risque ou d'acceptabilité du risque peuvent également être évalués dans la dernière partie de l'étape 4 (12, 33). Les tâches effectuées à cette étape devraient être soigneusement inscrites dans le système d'archivage mis au point à l'étape 1.

**Figure 5 : Matrice d'évaluation du risque global**

Conséquences	Très élevées					
	Élevées					
	Modérées					
	Faibles					
	Très faibles					
		Très faible	Faible	Modérée	Élevée	Très élevée
	Probabilité					

	Risque extrême : Intervention immédiate requise
	Risque élevé : Intervention hautement prioritaire requise dans la prochaine année
	Risque modéré : Certaines actions nécessaires pour réduire les risques à des niveaux inférieurs
	Risque faible : Aucunes mesures requises dans l'immédiat
	Risque très faible : Aucunes mesures requises

## ÉTAPE 5 – ÉLABORER DES SOLUTIONS D'ADAPTATION

### But

Le but de cette étape est d'élaborer des solutions d'adaptation pour remédier aux vulnérabilités et aux risques identifiés aux étapes précédentes. Ces solutions visent à réduire les risques climatiques et à renforcer la résilience à l'intérieur du bassin versant.

### Tâches

- Établir des buts et des objectifs
- Identifier des options d'adaptation
- Évaluer les options d'adaptation
- Examiner et communiquer les résultats
- Mettre à jour le système d'archivage
- Élaborer un plan d'adaptation.

### Résultats

- Liste de buts et d'objectifs
- Liste d'options d'adaptation
- Évaluation des options d'adaptation
- Résultats examinés et communiqués
- Plan d'adaptation établi.

#### À l'échelle du bassin versant

L'élaboration d'un large éventail d'options ou de solutions d'adaptation pour accroître la capacité des systèmes à s'adapter aux changements climatiques et pour réduire les risques à des niveaux acceptables est une activité commune à la planification de l'adaptation par bassin versant et aux autres types de planification de l'adaptation (par région/collectivité ou secteur). Même si l'élaboration de solutions d'adaptation est une activité courante en planification de l'adaptation, peu importe l'approche utilisée (c.-à-d. descendante ou ascendante), l'élaboration de solutions d'adaptation à l'échelle du bassin versant demande de l'expérience dans ce secteur et des connaissances spécialisées sur l'eau et le climat.

### **Établir des buts et des objectifs**

Pour orienter les solutions d'adaptation de façon à remédier aux risques identifiés à l'étape 4, l'équipe de planification devrait établir des buts et des objectifs qui lui permettront de garder le cap (19, 24, 51). Les buts potentiels à cette étape pourraient porter sur des méthodes générales pour développer des solutions d'adaptation; des idéaux en ce qui concerne la variation de la résilience à

l'intérieur du bassin versant; des énoncés concernant la participation des intervenants; l'inclusion de différentes valeurs; ou la rapidité de réaction aux risques identifiés. Les buts sont habituellement des énoncés généraux qui font allusion aux changements climatiques, tandis que les objectifs sont plus précis et indiquent les mesures à prendre pour réduire les risques associés aux changements climatiques. Par exemple, le plan d'adaptation aux changements climatiques du hameau d'Arviat (52), au Nunavut, établit une série de buts généraux, assortis d'objectifs qui précisent comment atteindre les buts établis pour ce hameau :

Buts du projet :

- accroître la sensibilisation aux impacts possibles des changements climatiques;
- aider le bassin versant à se préparer aux impacts possibles (positifs et négatifs);
- s'assurer que l'information est bien communiquée à la collectivité du bassin versant et aux principaux intervenants;
- élaborer des mesures d'adaptation aux changements climatiques à partir de données exactes et des préoccupations prioritaires du bassin versant.

Pour atteindre ces buts, les responsables du projet ont établi les objectifs suivants :

- identification des impacts qu'auront les changements climatiques sur la collectivité grâce aux commentaires de la collectivité, aux connaissances traditionnelles/*Inuit Qaujimaqatuqangit* (IQ) et à l'analyse scientifique;
- prise en compte d'un éventail d'enjeux et d'impacts possibles, notamment l'élévation du niveau de la mer, l'approvisionnement en eau, les risques géomorphologiques et d'autres facteurs sociaux, environnementaux, physiques et économiques;
- élaboration d'un plan d'action pour l'adaptation aux changements climatiques afin de réagir à ces effets.

Les buts peuvent également aider à guider la mise en œuvre de solutions d'adaptation à long terme, tandis que les objectifs se rapportent à des solutions à court terme et à moyen terme (19).

## **Identifier des options d'adaptation**

Une fois les buts et les objectifs établis, l'équipe de planification peut commencer à envisager de développer un processus qui servira à élaborer des mesures d'adaptation. Bien qu'il existe de nombreux types d'outils d'aide à la décision (planification à l'aide de scénarios, analyse des enjeux émergents, analyse multicritères), il y a peu d'exemples concrets d'utilisation de ce genre d'outils en planification de l'adaptation aux changements climatiques. En outre, il n'y pas de méthode standard reconnue pour l'élaboration des options d'adaptation, mais les méthodes choisies s'aligneront sans doute sur le processus en cours. En d'autres mots, les méthodes de planification de l'adaptation qui ont mis à contribution des intervenants tout au long de leur processus ont de grandes chances de continuer à solliciter la contribution des intervenants locaux. Ces méthodes peuvent également tirer profit des connaissances locales sur les approches antérieurement utilisées pour aborder les changements climatiques et sur l'efficacité de ces approches à long terme. Les méthodes descendantes qui font appel à des notions scientifiques complexes chercheront généralement à engager divers experts, comme des experts-conseils ou des gestionnaires de bassins versants. Des

listes d'options d'adaptation ont récemment commencé à apparaître dans la littérature sur les changements climatiques, listes qui sont pour la plupart divisées en différentes catégories correspondant au contexte, au thème visé ou au niveau d'application.

Règle générale, l'équipe de planification amorcera le processus d'élaboration des options d'adaptation en centrant son attention sur les risques de première priorité identifiés à l'étape précédente. L'équipe de planification devrait élaborer un ensemble complet d'options d'adaptation sans immédiatement tenir compte des contraintes comme le temps, les ressources financières ou le savoir-faire que nécessite la mise en œuvre. L'évaluation de la liste de mesures d'action peut se faire ultérieurement à cette étape. Parmi les solutions d'adaptation devraient figurer des options à court, à moyen et à long terme. Le processus devrait également considérer des solutions à faible coût; des options sans regrets et entraînant peu de regrets (mesures destinées à renforcer la résilience en l'absence de changements climatiques); et des options gagnantes sur toute la ligne (mesures qui réduisent aussi les émissions de GES).

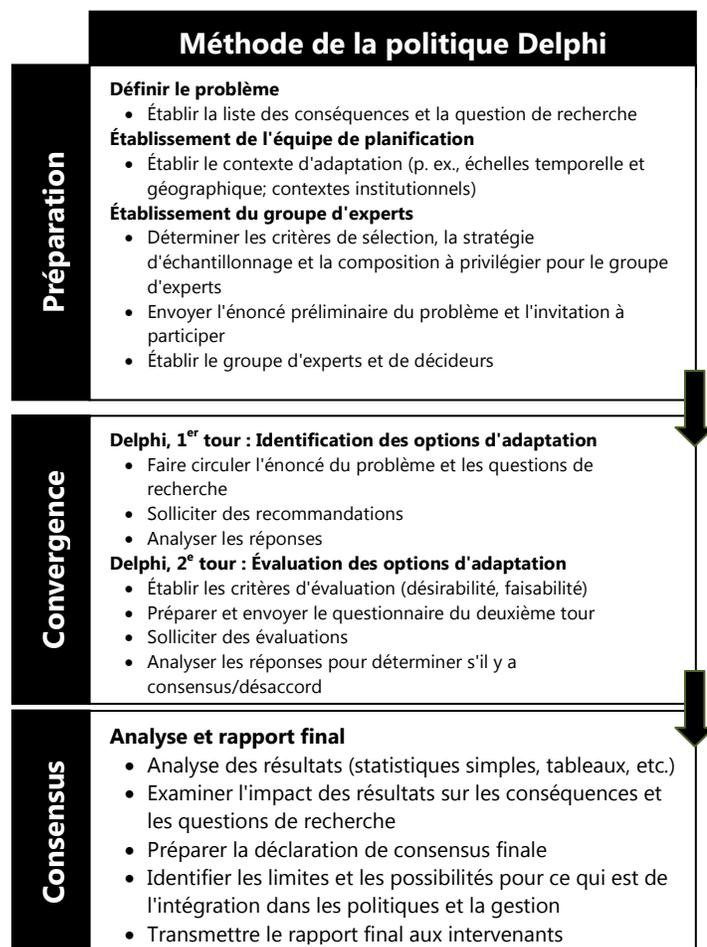
L'une des méthodes couramment utilisées pour élaborer des options d'adaptation fait appel au savoir-faire de l'équipe de planification et d'experts techniques qui peuvent ou non avoir participé jusque-là au processus de planification. Les experts techniques associés jusque-là au processus ou qui connaissent bien le bassin versant ou ses vulnérabilités devraient être invités à participer. Parmi ces experts pourraient figurer des gestionnaires et des employés de conseils de bassins versants, des intervenants locaux et/ou des fonctionnaires. Il est souvent possible d'utiliser une formule « groupe » (p. ex., un atelier ou un groupe de discussion) pour réunir des gens et examiner ensemble des options. En commençant par les risques de première priorité, l'équipe de planification et les experts techniques sélectionnés se servent de leurs connaissances pour établir une liste complète d'options d'adaptation susceptibles de réduire la probabilité et les conséquences du risque. Il arrive souvent que les mesures identifiées soient de bonnes pratiques connues ou encore des mesures ou des programmes qui devraient déjà être en place (p. ex, suivi des éléments nutritifs dans les cours d'eau).

La politique Delphi est un bon exemple de méthode publiée, utilisée dans de nombreuses situations pour générer des idées. Il s'agit d'une méthode utile, qui peut s'appliquer à la planification de l'adaptation. La politique Delphi est une stratégie qui s'adresse à des groupes et qui vise à générer anonymement des idées. Elle cherche à faire interagir de façon anonyme un groupe diversifié d'experts pour évaluer des options de politique générale. Dans ce processus itératif, les participants sont amenés à considérer différents points de vue sur une question de politique générale donnée et à s'efforcer de parvenir à un accord sur les solutions à privilégier (17, 36, 51). Utilisée dans le projet d'évaluation de la vulnérabilité et de planification de l'adaptation aux changements climatiques du lac Simcoe (Ontario), la politique Delphi a généré plus de 900 recommandations pour l'adaptation dans sept catégories. Les itérations subséquentes du processus ont à leur tour généré 30 recommandations qui ont aidé à guider l'élaboration de la Stratégie d'adaptation aux changements climatiques du lac Simcoe (17).

**Figure 6 : Utilisation de la politique Delphi dans l'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du lac Simcoe pour générer des options d'adaptation**

## Étude de cas - politique Delphi

Dans l'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du lac Simcoe, on a utilisé la méthode de la politique Delphi pour élaborer des mesures de réduction des risques et des mesures d'adaptation. La politique Delphi est une stratégie de réflexion itérative destinée à des groupes, qui vise à générer les points de vue les plus divergents possibles sur la possible résolution d'une grande question de politique générale (17). Cette méthode permet à un groupe diversifié de personnes, sélectionnées pour leur expertise, de dialoguer anonymement sur une question de politique générale particulière, et offre également un bon forum et une approche structurée pour mettre en corrélation des points de vue et de l'information concernant une question de politique générale particulière (17). Les participants sont libres de présenter différents points de vue, de remettre en question ces points de vue et de réfléchir en toute indépendance entre les tours de sondage (17).



Dans l'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du lac Simcoe, le processus Delphi comportait deux tours de sondage (figure 6). Dans le premier tour, les vulnérabilités aux changements climatiques et les conséquences de ces changements pour plusieurs zones cibles ont été présentées aux experts, qui ont ensuite été priés de formuler des recommandations sur des options d'adaptation possibles. Un atelier a également été tenu pour établir une liste complète d'options d'adaptation pour chacune des zones cibles. Le deuxième tour de sondage visait principalement à examiner l'ensemble des recommandations pour en évaluer l'importance et la faisabilité (abordabilité et facilité de mise en œuvre). Les résultats jugés de première priorité ont été identifiés, groupés et révisés pour ensuite faire l'objet d'un second atelier, où les participants ont été priés d'évaluer les résultats et de faire des recommandations concernant un ensemble définitif d'options d'adaptation. Le processus a généré 30 recommandations destinées à guider l'élaboration de la stratégie sur les changements climatiques du lac Simcoe.

## Évaluer les options d'adaptation

Une fois que l'équipe de planification a établi une liste d'options qui ciblent les risques climatiques, elle doit examiner, critiquer, et évaluer ces options. Il serait bon d'établir une série de critères d'évaluation pour mieux structurer cet exercice (17, 51). Il est admis que les options d'adaptation ne seront pas toutes mises en œuvre dans l'immédiat. Parmi les critères d'évaluation pourraient figurer la désirabilité (ou l'importance), l'efficacité, les contraintes réglementaires, le coût ou l'abordabilité, l'appui des intervenants, la facilité de mise en œuvre, les avantages connexes et la capacité ou l'état de préparation des institutions (9, 51, 53). Cette évaluation aide à prioriser les différentes options d'adaptation, et ses résultats seront utiles s'ils deviennent partie intégrante d'un plan d'adaptation. Au besoin, l'équipe de planification peut faire appel à des intervenants locaux pour aider à l'évaluation, plus particulièrement les intervenants qui seront responsables de mettre en œuvre les mesures d'adaptation ou d'en suivre les effets (9). Douglas *et coll.* (2011) ont conçu une matrice de faisabilité pour aider à évaluer les options en fonction des critères établis, divisant les options d'adaptation en quatre catégories – options de première, de deuxième ou de troisième priorité ou options non prioritaires. De même, Major et O'Grady (2010) ont conçu une matrice de priorité pour classer et évaluer des options d'adaptation, matrice qui divise les options en priorités à court, à moyen ou à long terme en fonction des fonds requis pour la mise en œuvre et de la période de survenance de l'impact des changements climatiques (p. ex., des impacts déjà ressentis par opposition à des impacts attendus dans l'avenir).

L'analyse critique des options d'adaptation peut s'avérer complexe. Dans des groupes nombreux, ce genre d'exercice peut entraîner d'importantes divergences d'opinions sur certains critères tels que l'appui politique, le coût et l'efficacité. Il n'y a pas de solution simple à ce problème, mais des experts du domaine en question (p. ex., spécialiste de la remise en état des cours d'eau, hydrologue, représentants élus, etc.) sont souvent à même de fournir de précieux renseignements pour guider la décision.

L'évaluation devrait également identifier les possibilités de coordonner ou d'intégrer les mesures d'adaptation dans les plans existants. Avec cette idée d'intégrer les changements climatiques dans les politiques, les plans ou les programmes en vigueur, les autorités compétentes prendront plus souvent leurs décisions de routine concernant les bassins versants en tenant compte des impacts des changements climatiques. Comprendre et mettre à contribution les groupes responsables de la mise en œuvre des mesures d'adaptation aidera à définir avec plus de précision divers facteurs comme le coût, la période considérée et l'efficacité. La coordination entre les intervenants, en plus de réduire éventuellement le coût de l'adaptation pour chaque intervenant, aide à éviter les conséquences imprévues de la mise en œuvre des options d'adaptation, susceptibles d'avoir des effets négatifs sur les systèmes à l'extérieur de la zone étudiée (35, 53, 54).

Les résultats de cette étape servent à établir une liste de mesures que l'on peut mettre immédiatement de l'avant pour lutter contre d'importants risques climatiques. Après leur évaluation, les options d'adaptation peuvent s'intégrer à un vaste plan d'adaptation qui comprendra des mesures de mise en œuvre (étape 6).

## **Examiner et communiquer les résultats**

Une fois les options d'adaptation générées et évaluées, l'équipe de planification devrait examiner les résultats pour s'assurer qu'ils rejoignent les buts et les objectifs établis au début de l'étape. Cette tâche terminée, l'équipe de planification peut communiquer les résultats aux intervenants. Les mesures générées, notamment celles qui se classeront parmi les priorités de premier ordre, pourraient faire l'objet d'une variété de commentaires de la part de différents groupes d'intervenants. La communication du plan à divers groupes permet de déterminer si certaines mesures d'adaptation sont susceptibles d'accroître les risques climatiques dans certaines régions. Une évaluation transversale aidera à mettre en évidence les contradictions que pourrait susciter l'application de mesures susceptibles d'avoir été élaborées pour un seul secteur ou un seul thème dans le bassin versant.

## **Mettre à jour le système d'archivage**

Encore une fois, toutes les activités et les résultats de la présente étape doivent être soigneusement enregistrés dans le système d'archivage mis au point à l'étape 1.

## **Élaborer un plan d'adaptation**

À ce stade, selon la nature du projet, l'équipe de planification pourrait vouloir préparer un document contenant un plan ou une stratégie d'adaptation. Un tel document pourrait présenter un bref résumé du projet, y compris ses buts et ses objectifs, et faire état des vulnérabilités du bassin versant, des risques qui pèsent sur le bassin en raison des changements climatiques et des mesures proposées pour remédier à ces risques. Le plan d'adaptation pourrait également contenir de l'information sur les examens et la production de rapports d'étape. Si l'équipe de planification décide d'élaborer une stratégie ou un plan d'adaptation, les étapes 6 et 7 lui permettront d'en concevoir les derniers éléments, à savoir la mise en œuvre et le suivi.

## ÉTAPE 6 – METTRE EN OEUVRE LES SOLUTIONS D'ADAPTATION

### But

À cette étape, l'équipe de planification de l'adaptation (ci-après l'« équipe de planification ») travaille, avec des intervenants concernés, à l'élaboration d'un plan de mise en œuvre et commence la mise en œuvre des activités d'adaptation définies à l'étape précédente.

### Tâches

- Élaborer un plan de mise en œuvre.
- Amorcer la mise en œuvre.
- Mettre à jour le système d'archivage.
- Communiquer les solutions.

### Résultats

- Le plan de mise en œuvre est élaboré.
- La mise en œuvre est amorcée.
- Le système d'archivage est à jour.
- Les solutions sont communiquées aux intervenants.

#### À l'échelle du bassin versant

Les activités de l'étape 6 sont communes à la planification de l'adaptation par bassin versant et aux autres types de planification de l'adaptation. Différentes activités associées à la gestion des ressources en eau peuvent se pratiquer à l'intérieur d'un même bassin versant, notamment la mise en valeur des ressources naturelles, l'agriculture, l'urbanisation et les pêches. Même si l'équipe de planification est composée de différents experts techniques, opérationnels et administratifs, il est important de mettre à contribution des intervenants clés qui travaillent ou habitent dans le bassin versant et qui peuvent mener à bien les activités nécessaires et mettre en œuvre le plan. Parmi ces intervenants clés peuvent figurer plusieurs autorités compétentes basées à l'intérieur ou à l'extérieur du bassin versant. L'une des difficultés sera d'appliquer, à la grandeur du bassin versant, des mesures intégrées susceptibles de mettre en jeu plusieurs autorités compétentes.

### **Élaborer le plan de mise en œuvre**

L'objectif du plan de mise en œuvre est de déterminer, à partir des options d'adaptation identifiées, les mesures à prendre, le moment auquel prendre ces mesures et qui exécutera les différentes tâches. Par exemple, le plan de mise en œuvre pourrait préciser qui sera responsable

de la mise en œuvre des mesures d'adaptation, qui financera les mesures d'adaptation, quand seront mises en œuvre les mesures et de quelle façon sera évaluée la mise en œuvre (17). Selon la portée du projet, le plan de mise en œuvre pourrait contenir les éléments suivants :

- Une liste des employés qui seront responsables de la mise en œuvre de mesures particulières, liste qui précisera également les rôles et responsabilités de chacun (26, 35).
- Une allusion aux modes de financement de la mise en œuvre (9, 26, 35). Le financement des mesures d'adaptation pourrait s'avérer l'un des plus grands défis de la mise en œuvre (56).
- Le délai et le calendrier de mise en œuvre (p. ex., court, moyen ou long terme) (26, 33). Le délai devrait être exprimé en nombre de mois ou d'années. Par exemple, l'adaptation aux changements climatiques dans la région de Peel se fera sur une période de cinq ans (57) avec trois types de mesures – des mesures continues, à court terme (à entreprendre dans un délai d'un à deux ans) et à moyen terme (à entreprendre dans un délai de deux à cinq ans).
- Une liste des ressources destinées à la mise en œuvre des mesures d'adaptation (p. ex., ressources humaines et matérielles) (9, 35, 36, 53).
- Une indication de la place que pourraient occuper les mesures d'adaptation dans les plans, les politiques et les budgets existants (9, 26, 28, 55).
- Un passage où l'on indiquera si la mise en œuvre reçoit l'appui de tous les décideurs à l'intérieur du bassin versant (p. ex., conseil, cadres supérieurs, opérations, etc.) (35).
- Les possibilités de collaboration avec les collectivités avoisinantes ou avec des organisations qui s'occupent de planification de l'adaptation (28, 35, 55). Mentionnons, à titre d'exemple, la Ville de Kamloops (Colombie-Britannique) qui, confrontée à des risques accrus de feux de friches, a reconnu la nécessité de travailler avec le district régional de Thompson-Nicola, le ministère des Forêts et la Kamloops Indian Band à l'établissement de coupe-feux interterritoriaux le long des limites municipales (55).
- L'identification des situations qui exigeront la contribution d'experts (28).
- La prestation de formations au personnel, aux représentants élus et aux intervenants clés (24).
- La préparation de stratégies d'éducation, de communication et de sensibilisation internes et externes (28, 24). Mentionnons, à titre d'exemple, le Okanagan Basin Water Board, qui a produit un guide intitulé *Homeowner's Guide to Using Rain as a Resource* tant pour renseigner et mobiliser le grand public que pour compléter les mesures réglementaires (55).

Une fois le projet de plan de mise en œuvre terminé, il serait bon d'examiner des plans de mise en œuvre similaires pour comparer les processus et les résultats des différents plans et identifier les meilleures pratiques (24, 28).

## **Amorcer la mise en œuvre**

Une fois le plan de mise en œuvre terminé, le personnel peut commencer la mise en œuvre des mesures d'adaptation (28, 35). L'équipe de planification pourrait débiter par des options entraînant peu ou pas de regrets, car ces options sont généralement plus faciles à mettre en œuvre (9).

## **Mettre à jour le système d'archivage**

Comme aux étapes précédentes, il ne faut pas oublier d'enregistrer les détails de cette étape dans le système d'archivage.

## **Communiquer les résultats**

Une fois que le plan de mise en œuvre est en place, l'équipe de planification devrait présenter le plan aux intervenants qui ne font pas partie de l'équipe.

## ÉTAPE 7 – FAIRE LE SUIVI ET RÉVISER

### But

Le but de cette étape est d'établir un plan pour suivre l'évolution de la mise en œuvre et pour évaluer l'efficacité des mesures d'adaptation.

### Tâches

- Élaborer un plan de suivi et d'évaluation.
- Évaluer les nouveaux éléments d'information.
- Mettre à jour le plan d'adaptation.
- Communiquer les réalisations.
- Mettre à jour le système d'archivage.

### Résultats

- Le plan de suivi et d'évaluation est élaboré.
- Les nouveaux éléments d'information sont étayés par de la documentation.
- Le plan d'adaptation est mis à jour.
- Les réalisations sont communiquées.
- Le système d'archivage est mis à jour.

#### À l'échelle du bassin versant

En plus de figurer parmi les aspects les moins pratiqués de l'adaptation, le suivi et l'évaluation de l'efficacité des mesures d'adaptation ne sont pas des activités particulières au bassin versant. L'efficacité des activités d'adaptation effectuées dans le cadre du plan d'adaptation devra être démontrée, particulièrement si les coûts de ces activités sont élevés. Le suivi de la mise en œuvre du plan permettra i) de garantir la mise en place de mesures de réduction des risques; ii) de repérer et rapporter les problèmes de mise en œuvre rencontrés, le cas échéant; iii) d'évaluer l'efficacité des mesures de réduction des risques.

### **Élaborer un plan de suivi et d'évaluation**

L'équipe de planification peut élaborer un solide plan de suivi et d'évaluation à long terme dans lequel il indiquera ce qui fera l'objet d'un suivi, comment sera effectué ce suivi et comment cette activité de suivi sera liée aux procédures de production de rapports. De plus, le plan précisera quand sera révisé ou répété le processus d'adaptation et indiquera ce qu'il faut enregistrer dans le

système d'archivage et à quel moment (26, 35). Le plan devrait également suivre l'évolution du plan de mise en œuvre et être conçu pour cerner les problèmes rencontrés pendant la mise en œuvre et pour rendre compte de ces problèmes à l'équipe de planification (24, 56). L'équipe de planification peut former une équipe pour superviser ce processus (28). Le plan de mise en œuvre peut également expliquer en détail de quelle façon aborder les retards, les changements apportés au mode d'exécution, la réduction ou l'augmentation du financement ou les priorités nouvelles/concurrentes.

Le suivi et l'évaluation donnent une dimension pratique au concept de gestion adaptative. Le suivi et l'évaluation des résultats des mesures d'adaptation et une méthode pour diriger l'information recueillie vers le processus de décision sont essentiels pour assurer une réduction continue des risques climatiques. Le suivi et l'évaluation des impacts ou de l'efficacité des mesures d'adaptation peuvent se faire au moyen des données de référence, des indicateurs clés et des paramètres de mesure que l'équipe de planification a définis à l'étape 2, de même qu'avec tout nouvel indicateur établi pour les bassins versants (9, 28, 31). Les indicateurs peuvent servir à suivre les changements subis par certains éléments du bassin versant depuis la mise en œuvre des mesures d'adaptation. Le suivi et l'évaluation des mesures d'adaptation aident également l'équipe de planification à déterminer si une mesure d'adaptation a réduit ou éliminé les vulnérabilités et les risques climatiques et si elle a accru la capacité du bassin versant à s'adapter aux changements climatiques. Un toit végétal installé au Centre for Architectural Ecology du British Columbia Institute of Technology à Burnaby, en Colombie-Britannique, a fait l'objet d'un suivi pour évaluer son efficacité à réduire le ruissellement en provenance des toits. Les résultats montrent que ce type de toit retarde le ruissellement jusqu'à un maximum de trois heures et réduit le débit de pointe de 90 % (55).

Il conviendrait par ailleurs de bien coordonner ce programme de suivi avec les autres mesures de suivi en cours dans le bassin versant. Des ensembles de données hydrologiques et/ou écosystémiques à long terme peuvent servir de toile de fond aux changements attendus dans la foulée des plans d'adaptation.

## **Évaluer les nouveaux éléments d'information**

Il est essentiel de disposer d'information pertinente et exacte tout au long du processus d'adaptation, car les changements climatiques et leurs impacts sur le bassin versant peuvent se produire rapidement (24, 35). Recueillir et utiliser au fur et à mesure les nouvelles connaissances scientifiques, recherches et données ou les connaissances locales supplémentaires facilite le processus de réévaluation de la vulnérabilité, des risques et des options d'adaptation jugées prioritaires à l'échelle du bassin versant (9, 35). La quantité de nouvelles données et leur importance relative aideront à déterminer à quel moment il conviendra de revoir le processus itératif de mise en œuvre.

## **Mettre à jour le plan d'adaptation**

Pour ne pas devenir obsolètes, les plans d'adaptation aux changements climatiques devraient faire l'objet d'une révision à intervalle régulier (p. ex., à tous les trois à cinq ans) (33). L'équipe de planification devrait utiliser les résultats du programme de suivi pour réexaminer les évaluations de la vulnérabilité et des risques effectuées aux premières étapes du processus de mise en œuvre du plan d'adaptation. L'équipe de planification peut également apporter des modifications aux évaluations à la lumière des résultats du programme de suivi, des changements observés, des nouvelles connaissances scientifiques sur le climat, des récents événements climatiques, des variations de l'exposition et/ou de la capacité d'adaptation ainsi que des mesures complétées (56). Une fois le plan mis à jour, l'équipe de planification peut lancer la prochaine phase de mise en œuvre sans perdre de vue ces nouveaux buts et objectifs.

## **Communiquer les réalisations**

Des résultats tels qu'une meilleure résilience du bassin versant ou une réduction des risques associés aux changements climatiques méritent d'être communiqués à des groupes de l'extérieur. Les réalisations peuvent être communiquées aux intervenants, aux décideurs, aux organismes ou au personnel qui nourrissent de l'intérêt pour le projet, qui ont participé au projet ou qui sont touchés par des activités d'adaptation. Ce travail de communication peut se faire de toutes sortes de façons – par des activités d'éducation et de sensibilisation du public, des rapports d'étape annuels ou semestriels, des communiqués de presse, des notes d'information, la mise à jour de sites Web ou des ateliers (9, 24, 26, 28).

## **Mettre à jour le système d'archivage**

L'étape 7 sert à produire le plan de suivi et d'évaluation du processus de mise en œuvre des mesures d'adaptation. Comme aux autres étapes, il faut entrer cet élément d'information dans le système d'archivage. Une fois le processus terminé, il faudra déterminer qui conservera les données et où elles seront conservées. Par mesure de sécurité, des sauvegardes peuvent être effectuées, et les membres de l'équipe de planification devraient être mis au courant de leur emplacement (24, 28).

## CONCLUSION

Le processus de planification de l'adaptation aux changements climatiques à l'échelle du bassin versant peut s'adapter aux besoins de chaque bassin versant. Le présent cadre décrit, avec documentation à l'appui, une série d'étapes qui aidera à identifier les impacts des changements climatiques et à les gérer avec efficacité. De plus, le Cadre s'appuie sur les travaux de recherche antérieurs du CCME sur les réseaux de surveillance de l'eau et l'évaluation de la vulnérabilité.

L'intégration et la gestion adaptative – deux principes de planification de l'adaptation – sont au cœur de ce processus. Bien que ce processus soit, de par sa conception, un exercice autonome et indépendant exécuté par des gestionnaires de bassins versants, l'intégration des changements climatiques dans les politiques, les plans ou les programmes en vigueur est un moyen efficace d'identifier les menaces que pourraient présenter les changements climatiques. Avoir accès à de l'information sur le climat et utiliser cette information lorsque vient le temps de prendre des décisions à l'échelle du bassin versant permettra de tirer parti des efforts actuels et de promouvoir la planification de l'adaptation dans d'autres secteurs, thèmes, ministères, etc. En intégrant actuellement les changements climatiques dans les prises de décisions, on s'assure également que les processus futurs tiendront compte des impacts des changements climatiques et de l'adaptation dans leur structure de prise de décision.

La gestion adaptative se rapporte à la capacité de suivre les progrès, d'évaluer les résultats et de revoir au besoin certains aspects du processus de décision. La gestion adaptative consiste également à « apprendre par la pratique ». Vu l'incertitude qui entoure les conditions climatiques futures, l'utilisation des meilleures connaissances scientifiques dans les prises de décisions requiert une évaluation des résultats, un mécanisme de rétroaction et un processus de décision souple. La préparation des organisations à la planification et à la mise en œuvre de l'adaptation est également jugée essentielle au succès de la lutte contre les impacts des changements climatiques. En raison de leur complexité et de leur nature dynamique, les bassins versants devront continuellement faire l'objet de mesures d'adaptation pour atteindre les buts que sont la résilience, la santé et la fonctionnalité.

Le présent cadre peut aider les gouvernements, les conseils de bassins versants et diverses organisations à comprendre les impacts des changements climatiques, à évaluer les vulnérabilités et les risques à l'échelle du bassin versant et à gérer de façon adaptative le patrimoine naturel pour maintenir la résilience des écosystèmes.

## NOTES DE FIN

1. **Conservation Ontario.** *What is a Watershed* (en ligne), Conservation Ontario, 2009. Internet : <http://www.conservation-ontario.on.ca/what-is-a-watershed>
2. **BC Water & Waste Association.** *BCWWA Position Statement - Watershed Management Planning*, 2011, 12 p.
3. **Dessai, S. et M. Hulme.** « Does climate adaptation policy need probabilities? », *Climate Policy*, vol. 4 (2004), p. 107-128.
4. **van Aalst, M. K., T. Cannon et I. Burton.** « Community level adaptation to climate change: The potential role of participatory community risk assessment », *Global Environmental Change*, vol. 18 (2008), p. 165-179.
5. **Smit, B. et J. Wandel.** « Adaptation, adaptive capacity and vulnerability », *Global Environmental Change*, vol. 16 (2006), p. 282-292.
6. **Burton, I., E. Malone et S. Huq.** *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, B. Lim et E. Spanger-Siegfried (éd.), Cambridge, Cambridge University Press, 2004, 263 p. Programme des Nations Unies pour le développement. ISBN 0 521 61760 X.
7. **National Research Council.** « Adaptive Management Theories, Frameworks, and Practices », dans Committee to Assess the U.S. Army Corps of Engineers Methods of Analysis and Peer Review for Water Resources Project Planning, National Research Council Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship (auteurs), *Adaptive Management for Water Resources Project Planning*, Washington, The National Academies Press, 2004, 2, p. 52-82.
8. **Elemental Sustainability Consulting Ltd.** *The Municipal Climate Change Plan Assistant: Learning from Others* (en ligne), 2012. .
9. **Gleeson, J. et coll.** *A Practitioner's Guide to Climate Change Adaptation in Ontario's Ecosystems* (en ligne), 2011. <http://www.climateontario.ca/doc/Tools/A%20Practitioners%20Guide%20to%20ClimateChange%20Adaptation%20in%20Ontario's%20Ecosystems%20Ver%201%20202011.pdf> .. ISBN 978-1-4435-7304-7 (PDF).
10. **Municipalité régionale d'Halifax.** *Climate change developer's risk management guide* (en ligne), 2007. Internet : <http://ccap.org/docs/resources/394/DevelopersGuidetoRiskManagement.pdf>
11. **Services Nouvelle-Écosse et Relations avec les municipalités et Secrétariat du Programme d'infrastructures Canada-Nouvelle-Écosse.** *Municipal Climate Change Action Plan Guidebook: Canada-Nova Scotia Agreement on the Transfer of Federal Gas* (en ligne), 2011. Internet : [https://fcm.ca/Documents/tools/PCP/municipal climate change action plan guidebook EN.pdf](https://fcm.ca/Documents/tools/PCP/municipal%20climate%20change%20action%20plan%20guidebook%20EN.pdf).
12. **Alberta Sustainable Resource Development.** *Climate Change Adaptation Framework Manual* (en ligne), 2010. Internet : <http://aep.alberta.ca/forms-maps-services/publications/climate-change-adaptation-framework.aspx>.
13. **Gouvernement de l'Australie.** *Climate Change and Risk Management: A Guide for Business and Government* (en ligne), 2006. Internet : <http://www.climatechange.gov.au/community/~media/publications/local-govt/risk-management.ashx>
14. **ICLEI Oceania.** *Local Government Climate Change Adaptation Toolkit* (en ligne), 2008. Cities for Climate Protection Australia Adaptation Initiative. Internet : <http://www.iclei.org/>
15. **Williamson, T. B. et coll.** *A framework for assessing vulnerability of forest-based communities to climate change* (en ligne), 2007. Internet : <http://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/27507.pdf>.
16. **Lalonde, R. et coll.** *Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Options for Ontario's Clay Belt: A Case Study* (en ligne), 2012. Internet : [http://www.mnr.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@mnr/@climatechange/documents/document/stdprod\\_100191.pdf](http://www.mnr.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@mnr/@climatechange/documents/document/stdprod_100191.pdf) . ISBN 978-1-4606-0195-2.
17. **Douglas, A. et coll.** *Adapting to Climate Change: Tools and Techniques for an Adaptive Approach to Managing for Climate Change* (en ligne), 2011. Internet : <http://www.climateontario.ca/doc/workshop/2011LakeSimcoe/Lake%20Simcoe%20Adaptation%20Options%20Final%20Report%20June%20%20202011.pdf>.
18. **Gray, Clifford et Erik Larson.** *Project Management: the managerial process*, 4<sup>e</sup> édition, Boston, McGraw-Hill Irwin, 2008, 589 p. ISBN-13: 978-0-07-352515-0.
19. **Columbia Basin Trust.** *Adaptation Resource Kit : Six Step Planning Process* (en ligne), 2010. Internet : <http://adaptationresourcekit.squarespace.com/six-step-planning-process>.
20. **England's Highway Agency.** *Climate Change Adaptation Strategy and Framework* (en ligne), 2009. Internet : [http://assets.highways.gov.uk/about-us/climate-change/CCAF Strategy and Vol 1 Rev B Nov.pdf](http://assets.highways.gov.uk/about-us/climate-change/CCAF%20Strategy%20and%20Vol%201%20Rev%20B%20Nov.pdf).

21. **Ranger, N. et coll.** *Adaptation in the UK: a decision-making process* (en ligne), 2010. Internet : <http://personal.lse.ac.uk/RANGERN/PB-adaptationUK-rangeretal.pdf>.
22. **Ebi, Kristie L., Bo Lim et Yvette Aguilar.** « Scoping and Designing an Adaptation Project », dans Ian Burton, Elizabeth Malone et Saleemul Huq, *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, Bo Lim et Erika Spanger-Siegfried (éd.), New York, Cambridge University Press, 2004, 1, p. 33-46.
23. **Barry, L. et N. Weigeldt.** *Having the Climate Conversation: Strategies for Local Governments*, s.l., ICLEI-Local Governments for Sustainability (Management) Inc., 2012, 112 p.
24. **ICLEI Local Governments for Sustainability.** *Changing Climate, Changing Communities: Guide and Workbook for Municipal Climate Adaptation* (en ligne). Internet : <http://www.iclei.org/>.
25. **Ouranos.** *Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques. Guide destiné au milieu municipal québécois*, 2010, 48 p.
26. **Institut canadien des urbanistes.** *Climate Change Adaptation Planning: A Handbook for Small Canadian Communities* (en ligne), 2011. Internet : [http://fcm.ca/Documents/tools/PCP/climate\\_change\\_adaptation\\_planning\\_handbook\\_for\\_small\\_canadian\\_communities\\_EN.pdf](http://fcm.ca/Documents/tools/PCP/climate_change_adaptation_planning_handbook_for_small_canadian_communities_EN.pdf).
27. **Tusz-King, M.** *Local Government, Sustainability and Climate Change: A Resource for Elected Municipal Officials in New Brunswick* (en ligne), 2012. Internet : [http://atlanticadaptation.ca/sites/discoveryospace.ypei.ca.acasa/files/Municipal\\_Guidebook\\_English\\_Sept\\_2012.pdf](http://atlanticadaptation.ca/sites/discoveryospace.ypei.ca.acasa/files/Municipal_Guidebook_English_Sept_2012.pdf).
28. **Black, R., J. Bruce et M. Egener.** *Adapting to Climate Change: A Risk Management Guide for Local Governments in British Columbia*, vol. 1, 2010.
29. **Collaborative for Advanced Landscape Planning (CALP).** *Local Climate Change Visioning and Landscape Visualization: Guidance Manual* (en ligne), 2010. Internet : <http://calp.forestry.ubc.ca/?s=Local+Climate+Change+Visioning+and+Landscape+Visualization%3A+Guidance+Manual>.
30. **Gouvernement de l'Australie.** *Prospering in a Changing Climate: A Climate Change Adaptation Framework for South Australia* (en ligne), 2012. Internet : <http://www.sa.gov.au/>.
31. **CCME.** *Sélection d'outils pour l'évaluation des réseaux de surveillance de l'eau aux fins de l'adaptation aux changements climatiques*, s.l., Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2011.
32. **Conde, Cecilia et Kate Lonsdale.** « Engaging Stakeholders in the Adaptation Process », dans *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, Bo Lim et Erika Spanger-Siegfried (éd.), New York, Cambridge University Press, 2004, p. 47-66.
33. **Black, R., J. Bruce et M. Egener.** *Adapting to Climate Change: A Risk Management Guide for Ontario Municipalities*. 2012.
34. **Nations Unies.** *Manual for the Design and Implementation of Recordkeeping Systems*, s.l., Nations Unies, Section des archives et de la gestion des dossiers, juin 2006.
35. **Bizikova, L. T., T. Neale et I. Burton.** *Canadian Communities' Guidebook for Adaptation to Climate Change : Including an approach to generate mitigation co-benefits in the context of sustainable development* (en ligne), 2008. Internet : [http://fcm.ca/Documents/tools/PCP/canadian\\_communities\\_guidebook\\_for\\_adaptation\\_to\\_climate\\_change\\_EN.pdf](http://fcm.ca/Documents/tools/PCP/canadian_communities_guidebook_for_adaptation_to_climate_change_EN.pdf).
36. **Gray, P. A. et coll.** « A Model Process Developing Adaptation Options for Natural Heritage Areas in an Era of Rapid Climate Change », *The George Wright Forum*, vol. 28, 3 (2011), p. 314-328.
37. **Centre autochtone de ressources environnementales.** « Guidebook 5: Taking Adaptive Action » (en ligne), *Climate Change Planning Tools for First Nations*, 2006. Internet : <http://ppw.ca/WorkArea/showcontent.aspx?id=638>.
38. **MacRitchie, Scott et Eleanor Stainsby.** *Lake Simcoe Watershed Climate Change Vulnerability Assessment - Water Quality and Quantity*, 2011.
39. **Mortsch, Linda et Andrea J. Hebb.** « Assessing Vulnerability to Climate Change and Flooding in the City of London, Upper Thames River Basin, Ontario », *Plan* (printemps 2008), p. 41-44.
40. **CCME.** *Tools for Climate Change Vulnerability Assessments for Watersheds*, s.l., Conseil canadien des ministres de l'environnement, Équipe du projet sur la surveillance de l'eau et les changements climatiques, Comité de gestion de l'eau, 2013, 137 p.
42. **Smit, B. et coll.** « Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity », dans James J. McCarthy et coll. (éd.), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge,

- Cambridge University Press, 2001, p. 877-912. Préparé pour le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
43. **Fussel, Hans-Martin et Richard J. Klein.** « Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking », *Climatic Change*, vol. 75 (2006), p. 301-329.
  44. **GIEC.** *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry et coll. (éd.), s.l., Cambridge University Press, Cambridge (R.-U.), 2007, 976 p. ISBN 978 0521 70597-4. Pour un résumé en français, voir <[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/fr/contents.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/fr/contents.html)>.
  45. **Downing, Thomas E. et Anand Patwardhan.** « Assessing Vulnerability for Climate Adaptation », dans Bo Lim et Erika Spangler-Siegfried (éd.), *Adaptation Policy Framework for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, New York, Cambridge University Press, 2004, p. 67-91.
  46. **Pittman, J.** *Institutional Adaptations to Climate Change Project: Report on the Community Vulnerability Assessment of Outlook, Saskatchewan*, s.l., Prairie Adaptation Research Collaborative, 2008, 35 p.
  47. **Chu, C. et F. Fischer.** *Climate Change Vulnerability Assessment for Aquatic Ecosystems in the Clay Belt Ecodistrict (3E-1) of Northeastern Ontario*, s.l., ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, CCRR-30, 2012.
  48. **Parker, W. C., S. J. Colombo et M. Sharma.** *An Assessment of the Vulnerability of Forest Vegetation of Ontario's Clay Belt (Ecodistrict 3E-1) to Climate Change*, Sault Ste. Marie (Ontario), ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, CCRR - 32, 2012, 47 p.
  49. **Bowman, J. et C. Sadowski.** *Vulnerability of Furbearers in Ontario's Clay Belt to Climate Change*, Peterborough (Ontario), ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, Section de recherche-développement en matière de faune, CCRR - 25, 2012. 24 p.
  50. **GIEC.** *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, C. B. Field et coll. (éd.), Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), s.n., 2012, 582 p. ISBN 978-1-107-02506-6. Pour un résumé en français, voir <[http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX\\_SPM\\_French.pdf](http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX_SPM_French.pdf)>.
  51. **Lemieux, C. J. et D. J. Scott.** « Changing Climate, Challenging Choices: Identifying and Evaluating Climate Change Adaptation Options for Protected Areas Management in Ontario, Canada », *Environmental Management*, vol. 48 (2011), p. 645-690.
  52. **Sullivan, M et K. Nasmith.** *Climate Change Adaptation Plan - Hamlet of Arviat, Nunavut: Building capacity in Community Planning*, 2010.
  53. **Major, D. C. et M. O'Grady.** « Adaptation Assessment Guidebook. Appendix B. New York City Panel on Climate Change. », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1196, 1 (18 mai 2010), p. 229-292.
  54. **Cross, M. S. et coll.** « The Adaptation for Conservation Targets (ACT) Framework: A Tool for Incorporating Climate Change into Natural Resource Management », *Environmental Management*, vol. 50, 3 (2012), p. 341-351.
  55. **Carlson, D.** *Preparing for Climate Change: An Implementation Guide for Local Governments in British Columbia*, Colombie-Britannique, West Coast Environmental Law, 2012. 978-0-919365-31-5.
  56. **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).** *Adapting to Climate Change: A Planning Guide for State Coastal Managers* (en ligne), 2010. Internet : <http://coastalmanagement.noaa.gov/climate/docs/adaptationguide.pdf>.
  57. **Région de Peel.** *Peel Climate Change Strategy Background Report - A strategic plan for climate change for the geographic Region of Peel*, Mississauga, s.n., 2011.
  58. **Environnement Yukon.** *Climate Change in Yukon: Physical Impacts* (en ligne). Gouvernement du Yukon, ministère de l'Environnement.
  59. **Gouvernement de la Colombie-Britannique.** *Preparing for Climate Change: British Columbia's Adaptation Strategy*, s.l., ministère de l'Environnement, gouvernement de la Colombie-Britannique, 2010, 8 p.
  60. **IPSC.** *Comprendre le climat*, Ottawa, Bureau d'assurance du Canada, 2012, 67 p. Préparé par l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques pour le Bureau d'assurance du Canada.

## ANNEXE A

### Glossaire

À moins d'indication contraire, les définitions suivantes sont tirées de l'annexe du résumé français du document *IPCC Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (44).

**Adaptation** : Accommodation des systèmes naturels ou des systèmes humains aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, afin d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages. On distingue plusieurs sortes d'adaptation, notamment :

**Adaptation anticipative** : Adaptation qui a lieu avant que les effets des changements climatiques soient observables. Appelée également adaptation proactive.

**Adaptation autonome** : Adaptation qui n'est pas une réponse consciente aux stimuli climatiques, mais qui résulte de changements écologiques dans les systèmes naturels ou d'une évolution des conditions du marché ou de l'état de bien-être dans les systèmes humains. Appelée également adaptation spontanée.

**Adaptation planifiée** : Adaptation résultant d'une décision stratégique délibérée, basée sur une perception claire du fait que les conditions ont changé – ou sont sur le point de changer – et qu'il convient de prendre des mesures pour revenir, s'en tenir ou parvenir à la situation souhaitée.

**Capacité d'adaptation** (par rapport aux conséquences des changements climatiques) : Capacité d'un système de s'adapter aux changements climatiques (notamment à la variabilité du climat et aux événements extrêmes), afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des possibilités offertes ou de faire face aux conséquences.

**Changement climatique** : Tout changement du climat dû à sa variabilité naturelle ou résultant de l'activité humaine. On notera que la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) définit les changements climatiques comme des « changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». Voir également « variabilité du climat ».

**Événement météorologique extrême** : Événement rare selon les statistiques relatives à sa fréquence en un lieu donné. Si les définitions du mot « rare » varient considérablement, un événement météorologique extrême devrait normalement être aussi rare, sinon plus, que les dixième ou quatre-vingt-dixième percentiles. Par définition, les caractéristiques de ce qu'on appelle « conditions météorologiques extrêmes » varient d'un endroit à l'autre. Les inondations et les sécheresses sont des exemples types d'événements météorologiques extrêmes

**Exposition** : Présence de personnes; de moyens de subsistance; de services et de ressources écologiques; d'infrastructure; ou d'actifs économiques, sociaux ou culturels dans des endroits susceptibles de subir des impacts néfastes (GIEC, rapport SREX) (50).

**Incertitude** : Expression du degré d'inconnaissance d'une valeur (par exemple l'état futur du système climatique). L'incertitude peut résulter d'un manque d'information ou d'un désaccord

sur ce qui est connu, voire connaissable. Elle peut avoir des origines diverses et résulter ainsi d'erreurs chiffrables dans les données, d'une définition trop imprécise des concepts ou de la terminologie employés ou encore de projections incertaines du comportement humain. L'incertitude peut donc être représentée par des mesures quantitatives (par exemple un ensemble de valeurs calculées par divers modèles) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant par exemple l'opinion d'une équipe d'experts).

**Projection climatique** : Réponse calculée du système climatique à des scénarios d'émissions ou de concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols ou à des scénarios de forçage radiatif, souvent fondée sur des simulations par des modèles climatiques. Les projections climatiques se distinguent des prévisions climatiques par le fait qu'elles sont fonction des scénarios d'émissions, de concentration ou de forçage radiatif utilisés et qu'elles reposent par conséquent sur des hypothèses très incertaines concernant l'évolution socioéconomique et technologique future.

**Secteur** : Partie distincte, particulièrement d'une société ou de l'économie d'une nation.

**Sensibilité** : Degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques. Les effets peuvent être directs (par exemple la modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple les dommages causés par une augmentation de fréquence des inondations côtières en raison d'une élévation du niveau de la mer).

**Situation de départ** (ou de référence) : Situation par rapport à laquelle un éventuel changement est mesuré. Il peut s'agir d'une « situation de départ actuelle », c'est-à-dire de conditions actuelles observables, ou d'une « situation de départ future » correspondant à un ensemble projeté de conditions futures, à l'exception du principal facteur d'intérêt. D'autres interprétations des conditions de référence peuvent donner lieu à de multiples situations de départ.

**Variabilité du climat** : Variations de l'état moyen et d'autres statistiques (écarts-types, événements extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà de la variabilité propre à des événements climatiques isolés. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations des forçages externes naturels ou anthropiques (variabilité externe). Voir également « changement climatique ».

**Vulnérabilité** : Mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les événements extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

## ANNEXE B

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
1	Glace	Variation du front glaciaire	Position du front glaciaire	Sans objet	Différence entre la position de référence et la nouvelle position du front glaciaire.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/glacier_id1.html">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/glacier_id1.html</a> )
2	Glace	Variation des dates de gel/fonte	Première date de glace permanente/date de gel complet/épaisseur maximale/date de la première fonte/date à laquelle le plan d'eau est libre de glace	Sans objet	Sans objet.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/freeze_id1.html">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/freeze_id1.html</a> )
3	Précipitations	Précipitations moyennes sur 30 ans	Précipitations totales	Sans objet	Précipitations annuelles moyennes au cours des 30 dernières années (mm/année).	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
4	Précipitations	Moyenne mobile des précipitations sur cinq ans	Précipitations totales	Sans objet	La moyenne mobile des précipitations annuelles ou saisonnières sur cinq ans est calculée pour chaque station.	Utilisé par le Clean Annapolis River Project	Mehlman, 2003.
5	Précipitations	Variation des précipitations moyennes	Précipitations totales	Sans objet	Pour chaque saison et chaque écozone (minimum de trois stations par écozone), les précipitations totales sont soustraites de la moyenne de 1960-1990.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/precip_id1.html">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/precip_id1.html</a> )
6	Précipitations	Aridité	Précipitations totales et évapotranspiration potentielle annuelle	Sans objet	Rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle annuelle.	Utilisé par le Council for Scientific and Industrial Research	Beekman, Saayman et Hughes, 2003.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
7	Précipitations	Excédent-déficit pluviométrique	Précipitations totales et évapotranspiration potentielle annuelle	Sans objet	Soustraire l'évapotranspiration potentielle (à l'aide de la méthode de calcul Penman ETP) des précipitations totales.	Utilisé par l'Institut international du développement durable	Grosshans, Venema et Barg, 2005.
8	Précipitations	Variabilité des précipitations	Précipitations totales (couche SIG)	Sans objet	Utiliser des cartes indiquant les précipitations totales pour calculer la variabilité des précipitations et l'illustrer sur une carte. Les coefficients de variabilité sont calculés pour chaque zone de pixels.	Utilisé par l'Institut international du développement durable	Grosshans, Venema et Barg, 2005.
9	Précipitations	Variance des précipitations annuelles	Précipitations totales	Sans objet	Variance des précipitations annuelles au cours des 30 dernières années ( $\sigma/x$ ).	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
10	Précipitations	Périodes sèches	Précipitations de pluie	Sans objet	Calculer le déficit pluviométrique mensuel cumulatif des cinq dernières années en comparant les précipitations mensuelles totales de pluie avec la moyenne sur 30 ans. Tous les mois qui affichent des précipitations de pluie de plus de 20 % inférieures à la moyenne sont inclus dans le calcul.	Établi par la South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et leurs partenaires	<a href="http://www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index">http://www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index</a>
11	Précipitations	Périodes humides	Précipitations de pluie	Sans objet	Calculer l'excédent pluviométrique mensuel cumulatif des cinq dernières années en comparant les précipitations mensuelles totales de pluie avec la moyenne sur 30 ans. Tous les mois qui affichent des précipitations de pluie de plus de 20 % supérieures à la moyenne sont inclus dans le calcul.	Établi par la South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et leurs partenaires	<a href="http://www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index">http://www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index</a>

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
12	Précipitations	Anomalies de précipitations	Précipitations totales	Sans objet	Pour chaque écozone, la moyenne 1961-1990 des précipitations mensuelles moyennes est soustraite des précipitations mensuelles moyennes pour calculer l'anomalie en mm pour chaque mois. Les anomalies sont ensuite additionnées pour calculer l'anomalie annuelle.	Utilisé par l'US EPA	U.S. EPA, 2008.
13	Précipitations	Nombre de jours sans précipitations ou affichant de fortes ou faibles précipitations	Précipitations totales	Sans objet	Nombre de jours par année sans précipitations (<0,25 mm) ou affichant de faibles (entre 0,25 et 2,5 mm) ou de fortes (>2,5 mm) précipitations.	Utilisé par le Clean Annapolis River Project	Mehlman, 2003.
14	Précipitations	Indice annuel d'humidité	Précipitations totales	Nombre de degrés-jours au-dessus de 5°C	Rapport entre le nombre de degrés-jours au-dessus de 5°C et les précipitations annuelles moyennes.	Utilisé par l'Alberta Climate Change Adaptation Team (ACCAT)	Sauchyn <i>et coll.</i> , 2008.
15	Précipitations	Indice d'humidité estivale	Précipitations totales	Nombre de degrés-jours au-dessus de 5°C	Nombre de degrés-jours >5°C divisé par les précipitations moyennes de la saison de croissance.	Utilisé par l'Alberta Climate Change Adaptation Team (ACCAT)	Sauchyn <i>et coll.</i> , 2008.
16	Précipitations	Prpc1	Précipitations totales	Sans objet	Nombre de jours par année affichant des précipitations de plus de 1 mm (%).	Utilisé par le Fonds d'action pour le changement climatique d'Environnement Canada	Gachon <i>et coll.</i> , 2005.
17	Précipitations	SDII	Précipitations totales	Sans objet	Précipitations totales reçues durant tous les jours humides (jours où les précipitations sont supérieures à 1 mm) divisées par le nombre de jours humides pendant l'année (mm/jour).	Utilisé par le Fonds d'action pour le changement climatique d'Environnement Canada	Gachon <i>et coll.</i> , 2005.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
18	Précipitations	CDD	Précipitations totales	Sans objet	Nombre maximal de jours secs consécutifs au cours d'une année (« jour sec » = jour où les précipitations sont inférieures à 1 mm) (jours).	Utilisé par le Fonds d'action pour le changement climatique d'Environnement Canada	Gachon <i>et coll.</i> , 2005.
19	Précipitations	R3D	Précipitations totales	Sans objet	Quantité maximale de précipitations reçues durant trois jours consécutifs (mm).	Utilisé par le Fonds d'action pour le changement climatique d'Environnement Canada	Gachon <i>et coll.</i> , 2005.
20	Précipitations	Prec90pc	Précipitations totales	Sans objet	Les précipitations journalières durant les jours humides (jours où les précipitations sont supérieures à 1 mm) sont énumérées en ordre croissant et la valeur du 90 <sup>e</sup> percentile est indiquée (à l'aide de la formule de Cunnane : $(0,9 * (H + 0,2)) + 0,4$ où H est le nombre de jours humides).	Utilisé par le Fonds d'action pour le changement climatique d'Environnement Canada	Gachon <i>et coll.</i> , 2005.
21	Précipitations	Épisodes de précipitations extrêmes	Précipitations totales	Sans objet	Le nombre d'épisodes de précipitations de plus de 50 mm de pluie (ou l'équivalent d'eau de neige) sur une période de 48 heures est comptabilisé pour chaque année et pour toutes les stations météorologiques.	Utilisé par le Gulf of Maine Council on the Marine Environment	Wake <i>et coll.</i> , 2006.
22	Précipitations	Indice de Palmer (Palmer Drought Severity Index ou PDSI)	Précipitations totales	Température de l'air, teneur en eau du sol	Principal indice de sécheresse utilisé au Canada, le PDSI mesure le déficit cumulatif en eau du sol superficiel (par rapport aux conditions moyennes locales) en incorporant, dans un bilan hydrique, les précipitations antérieures et les quantités estimatives d'humidité libérée dans l'atmosphère (sur la base des températures atmosphériques). En général, les valeurs de l'indice vont de -4 (sécheresse extrême) à 4 (humidité	Utilisé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat; Agriculture et Agroalimentaire Canada	GIEC, 2008.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
					extrême). <i>Nota</i> : Plusieurs autres indices de sécheresse d'importance sont énumérés ci-dessous.		
23	Précipitations	Fréquence des sécheresses par rapport à l'indice de Palmer (PDSI)	Précipitations totales	Température de l'air, teneur en eau du sol	Fréquence des périodes continues où la valeur du PDSI est inférieure au 20 <sup>e</sup> percentile de la distribution du PDSI pour les années disponibles.	Utilisé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	GIEC, 2008.
24	Précipitations	Durée moyenne des sécheresses par rapport à l'Indice de Palmer (PDSI)	Précipitations totales	Température de l'air, teneur en eau du sol	Durée moyenne des périodes continues où la valeur du PDSI est inférieure au 20 <sup>e</sup> percentile de la distribution du PDSI pour les années disponibles.	Utilisé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	GIEC, 2008.
25	Précipitations	Proportion du sol superficiel en proie à la sécheresse selon l'Indice de Palmer (PDSI)	Précipitations totales	Température de l'air, teneur en eau du sol, superficie totale du territoire	Proportion du territoire qui connaît, à un moment ou à un autre, des périodes continues où la valeur du PDSI est inférieure au 20 <sup>e</sup> percentile de la distribution du PDSI pour les années disponibles.	Utilisé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	GIEC, 2008.
26	Précipitations	Indice de teneur en eau des cultures (indice de sécheresse)	Précipitations totales	Température de l'air, teneur en eau du sol	L'indice de teneur en eau des cultures (Crop Moisture Index ou CMI) s'inspire du PDSI, mais tandis que le PDSI contrôle les périodes humides et sèches sur le long terme, le CMI est conçu pour évaluer les conditions d'humidité à plus court terme.	Utilisé par le ministère de l'Agriculture des États-Unis	NDMC, 2006.
27	Précipitations	Indice d'approvisionnement en eau de surface (indice de sécheresse)	Précipitations totales, superficie du manteau neigeux, épaisseur du manteau neigeux, débit des cours d'eau, réservoir de retenue	Sans objet	Un indice adapté à chaque région, conçu pour ressembler au PDSI, mais aussi pour tenir compte de l'accumulation de neige et des grandes variations topographiques d'une région donnée. Diffère de l'indice d'approvisionnement en eau de surface en ce qu'il tient compte de la durée et de la demande d'eau en fonction de la température.	Utilisé par la Colorado Division of Water Resources	NDMC, 2006.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
28	Précipitations	Indice de sécheresse (Bureau of Reclamation)	Précipitations totales, superficie du manteau neigeux, épaisseur du manteau neigeux, débit des cours d'eau, réservoir de retenue	Température de l'air	Un indice adapté à chaque région, conçu pour ressembler au PDSI, mais aussi pour tenir compte de l'accumulation de neige et des grandes variations topographiques d'une région donnée. Diffère de l'indice d'approvisionnement en eau de surface en ce qu'il tient compte de la durée et de la demande d'eau par rapport à la température.	Utilisé par l'Oklahoma Water Resources Board	NDMC, 2006.
29	Précipitations	Pourcentage de la normale (indice de sécheresse)	Précipitations totales	Sans objet	Le rapport entre les précipitations actuelles et les précipitations moyennes sur trente ans exprimé en pourcentage.	Utilisé par le National Climatic Data Center (É.-U.)	NDMC, 2006.
30	Précipitations	Indice normalisé de précipitations (indice de sécheresse)	Précipitations totales	Sans objet	L'indice normalisé de précipitations a été conçu pour quantifier le déficit de précipitations sur diverses périodes. Le calcul se fait comme suit : la différence entre les précipitations et la moyenne sur une période de 1 à 24 mois divisée par l'écart-type.	Utilisé par le National Drought Mitigation Center (É.-U.)	NDMC, 2006.
31	Précipitations	Déciles (indice de sécheresse)	Précipitations totales	Sans objet	Cet indice répartit les épisodes de précipitations en déciles de façon à ce que les conditions météorologiques « très inférieures à la normale » ne puissent pas se produire plus souvent que 20 % du temps.	Utilisé par l'Australian Drought Watch System	NDMC, 2006.
32	Précipitations et débits	Taux de sécheresse	Précipitations totales et débit des cours d'eau	Sans objet	Proportion du total des précipitations annuelles moyennes perdue par évapotranspiration. Calcul : rapport entre (les précipitations annuelles moins le débit annuel moyen non régularisé) et les précipitations annuelles.	Développé par 14 experts des ressources en eau des É.-U.	Hurd <i>et coll.</i> , 1999.
33	Neige	Saison d'enneigement	Superficie de la couverture de neige	Sans objet	Rapport entre le nombre de jours avec couverture de neige et 365 jours.	Utilisé par l'Alberta Climate Change Adaptation Team (ACCAT)	Sauchyn <i>et coll.</i> , 2008.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
34	Neige	Nombre de jours avec neige au sol	Superficie de la couverture de neige	Sans objet	Chaque année, le total du nombre de jours avec neige au sol est calculé.	Utilisé par le Gulf of Maine Council on the Marine Environment	Wake <i>et coll.</i> , 2006.
35	Neige	Couverture moyenne de neige	Superficie de la couverture de neige	Sans objet	La couverture de neige moyenne sur une période de temps déterminé.	Utilisé par Ressources naturelles Canada	Furgal <i>et coll.</i> , 2008.
36	Neige	ECN1	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Nombre de jours dans la première moitié de l'année d'enneigement (d'août à janvier) où l'épaisseur de la couverture de neige est supérieure ou égale à 2 cm.	Utilisé par le State of the Canadian Cryosphere	SOCC, 2003.
37	Neige	ECN2	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Nombre de jours dans la seconde moitié de l'année d'enneigement (de janvier à juillet) où l'épaisseur de la couverture de neige est supérieure ou égale à 2 cm.	Utilisé par le State of the Canadian Cryosphere	SOCC, 2003.
38	Neige	ECN totale	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Nombre de jours dans l'année d'enneigement (d'août à juillet) où l'épaisseur de la couverture de neige est supérieure ou égale à 2 cm.	Utilisé par le State of the Canadian Cryosphere	SOCC, 2003.
39	Neige	Épaisseur de neige maximale, moyenne et médiane et écart-type de l'épaisseur de neige	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Épaisseur de neige journalière maximale, moyenne et médiane et écart-type de l'épaisseur de neige journalière pendant une période d'enneigement continu.	Utilisé par le State of the Canadian Cryosphere	SOCC, 2003.
40	Neige	Date à laquelle est mesurée l'épaisseur maximale de neige au sol	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Date à laquelle est observée l'épaisseur maximale de neige au sol pendant une période d'enneigement continu.	Utilisé par le State of the Canadian Cryosphere	SOCC, 2003.
41	Neige	Premier jour de la période d'enneigement continu	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Premier jour d'une série de 14 jours consécutifs où l'épaisseur de la neige au sol est supérieure ou égale à 4 cm.	Utilisé par le State of the Canadian Cryosphere	SOCC, 2003.
42	Neige	Dernier jour de la période d'enneigement	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Premier jour d'une série de 14 jours consécutifs où l'épaisseur de la neige au sol est inférieure à 4 cm.	Utilisé par le State of the Canadian Cryosphere	SOCC, 2003.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
		continu					
43	Neige	% de la normale	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Valeur actuelle exprimée en pourcentage de la normale à la date actuelle.	Utilisé par le ministère de l'Agriculture des États-Unis	USDA, 2009.
44	Neige	% du pic normal	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	La valeur actuelle exprimée en pourcentage du pic saisonnier pour l'année.	Utilisé par le ministère de l'Agriculture des États-Unis	USDA, 2009.
45	Neige	Percentile	Épaisseur de la couverture de neige	Sans objet	Rang centile – égal à la proportion d'années disponibles dont les données sont inférieures à la valeur de l'année en cours (p. ex., 100 % signifie que les données de toutes les autres années sont inférieures à la valeur actuelle).	Utilisé par le ministère de l'Agriculture des États-Unis	USDA, 2009.
46	Débits	Débit annuel moyen d'un cours d'eau sur 30 ans	Quantité d'eau écoulée	Sans objet	Débit annuel moyen d'un bassin versant au cours des 30 dernières années ( $m^3/s \cdot km^2/an$ ).	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
47	Débits	Variance du débit d'un cours d'eau	Quantité d'eau écoulée	Sans objet	Variance du débit d'un cours d'eau au cours des 30 dernières années ( $\sigma/x$ ).	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
48	Débits	Variation des dates où le débit cumulatif atteint le tiers et la moitié du volume du débit annuel d'un cours d'eau	Débit du cours d'eau	Sans objet	Enregistrer la date à laquelle le débit cumulatif atteint, à un certain point d'un cours d'eau, 33,3 % et 50 % du débit annuel.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/timevol_id1.html">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/timevol_id1.html</a> )

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
49	Débits	Variation de la date du débit de pointe annuel	Débit du cours d'eau	Sans objet	Enregistrer la date du débit de pointe annuel.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/timevol_i d1.html">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/timevol_i d1.html</a> )
50	Débits	Niveau de développement	Débit du cours d'eau	Prélèvement annuel total d'eau de surface et d'eau souterraine	Rapport entre, d'une part, le prélèvement annuel total d'eau de surface et d'eau souterraine et, d'autre part, le débit annuel moyen non régularisé.	Développé par 14 experts des ressources en eau des É.-U.	Hurd <i>et coll.</i> , 1999.
51	Débits	Variabilité du débit naturel	Débit du cours d'eau	Sans objet	Coefficient de variation (CV) du débit non régularisé, qui correspond au rapport entre l'écart-type du débit annuel non régularisé et le débit annuel moyen non régularisé.	Développé par 14 experts des ressources en eau des É.-U.	Hurd <i>et coll.</i> , 1999.
52	Débits	Épuisement de l'eau souterraine	Débit de base de l'eau souterraine	Prélèvement moyen d'eau de surface sur un an	Rapport entre les prélèvements moyens d'eau souterraine sur un an et le débit moyen annuel, qui montre dans quelle mesure l'utilisation de l'eau souterraine risque d'excéder la recharge de la nappe phréatique.	Développé par 14 experts des ressources en eau des É.-U.	Hurd <i>et coll.</i> , 1999.
53	Débits	Débit de crue	Débit du cours d'eau	Sans objet	Pour chaque emplacement, le débit de crue annuelle sur trois jours est calculé pour cinq années consécutives, et la valeur médiane est comparée à la valeur de référence 1941-1960 des débits de crue sur trois jours (égale à la moyenne des valeurs médianes).	Utilisé par l'US EPA	U.S. EPA, 2008.
54	Débits	Débit d'étiage	Débit du cours d'eau	Sans objet	Pour chaque emplacement, le débit d'étiage annuel sur sept jours est calculé pour cinq années consécutives, et la valeur médiane est comparée à la valeur de référence 1941-1960 des débits d'étiage sur sept jours (égale à la moyenne des valeurs médianes).	Utilisé par l'US EPA	U.S. EPA, 2008.
55	Débits	Variabilité du débit	Débit du cours d'eau	Sans objet	Différence entre les débits journaliers des 1 <sup>er</sup> et 99 <sup>e</sup> percentiles pendant une année donnée, divisée par le débit journalier	Utilisé par l'US EPA	U.S. EPA, 2008.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
					médian.		
56	Débits	Débit pendant la saison sèche par bassin fluvial	Quantité d'eau écoulée	Population habitant le bassin fluvial	Rapport entre, d'une part, le débit pendant les quatre mois consécutifs présentant le débit cumulatif le plus bas et, d'autre part, la population	Développé par le World Resources Institute	Inconnu, 2004.
57	Débits	Variabilité du débit	Quantité d'eau écoulée	Sans objet	Rapport entre l'écoulement de surface du 95 <sup>e</sup> percentile et l'écoulement de surface du 5 <sup>e</sup> percentile.	Conçu pour évaluer la vulnérabilité des bassins versants aux changements climatiques aux États-Unis	Inconnu, 2004.
58	Débits	Variation saisonnière du débit mensuel d'un cours d'eau	Débit du cours d'eau	Sans objet	Le débit mensuel minimum du cours d'eau est soustrait au débit mensuel maximal du cours d'eau, et le résultat est ensuite divisé par le débit mensuel moyen.	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
59	Température	Distribution du pergélisol	Température du sol	Zone de pergélisol continu, zone de pergélisol discontinu et terres sans pergélisol	Pourcentage du territoire composé de pergélisol continu, de pergélisol discontinu ou sans pergélisol.	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
60	Température	Température de la mer	Température de la mer	Sans objet	La température moyenne annuelle de la surface de la mer sur 30 ans est soustraite de la température moyenne annuelle de la surface de la mer des cinq dernières années.	Développé par le South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC), le Programme des Nations Unies pour l'environnement et leurs partenaires	<a href="http://www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index">http://www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index</a>
61	Température	Anomalies de température de la surface de la mer	Température de la mer	Sans objet	La température moyenne annuelle de la surface de la mer 1880-2006 est soustraite de la température moyenne	Utilisé par l'US EPA	U.S. EPA, 2008.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
					annuelle pour générer des anomalies en °F pour chaque année.		
62	Température	Évolution de la température de la surface de la mer	Température de la mer	Sans objet	Pour chaque mois et chaque écozone, on calcule la moyenne des températures quotidiennes pour l'ensemble de la période de contrôle afin d'établir la température « normale » de la mer. Puis, pour chaque mois de la période de mesure, la température mensuelle « normale » est soustraite de la température mensuelle moyenne. On calcule ensuite la moyenne des anomalies pour chaque année afin d'observer les tendances.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/pdf/seasurftemp_tdoc2.pdf">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/pdf/seasurftemp_tdoc2.pdf</a> )
63	Température	Variation de la température de la surface de la mer	Température de la mer	Sans objet	Variation en pourcentage de la température de la surface de la mer par rapport à la valeur de référence.	Utilisé par le ministère des Changements climatiques du gouvernement de l'Australie	Hobday <i>et coll.</i> , 2006.
64	Température	Variation de la température de la mer à une profondeur de 500 m	Température de la mer	Sans objet	Variation en pourcentage de la température de la mer à une profondeur de 500 m par rapport à la valeur de référence.	Utilisé par le ministère des Changements climatiques du gouvernement de l'Australie	Hobday <i>et coll.</i> , 2006.
65	Température	Température de l'eau	Température de l'eau de surface	Sans objet	Moyenne mobile sur sept jours de la température maximale quotidienne (°C).	Utilisé par l'Oregon Coastal Watershed Health Indicators Project	Bauer <i>et coll.</i> , 2008.
66	Humidité du sol	Humidité du sol maximale, minimale, moyenne et médiane et écart-type de l'humidité du sol	Teneur en eau du sol	Sans objet	Humidité du sol maximale, minimale, moyenne et médiane et écart-type de l'humidité du sol sur une période de temps donnée.	Utilisé par le National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd. (Nouvelle-Zélande)	Tait <i>et coll.</i> , 2007.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
67	Humidité du sol	Humidité du sol en percentile	Teneur en eau du sol	Sans objet	Conditions actuelles d'humidité du sol en percentile par rapport aux conditions historiques.	Utilisé par l'Experimental Surface Water Monitor for the Continental U.S. de l'Université de Washington	Wood <i>et coll.</i> , 2008.
68	Humidité du sol	Variation du percentile d'humidité du sol	Teneur en eau du sol	Sans objet	Variation du percentile d'humidité du sol au cours du dernier mois.	Utilisé par l'Experimental Surface Water Monitor for the Continental U.S. de l'Université de Washington	Wood <i>et coll.</i> , 2008.
69	Humidité du sol	Indice d'humidité relative du sol (IHRS)	Teneur en eau du sol	Teneur en eau du sol au point de flétrissement et à la capacité au champ	La sécheresse relative au point de flétrissement se calcule comme suit : $IHRS = [ (\theta_t - \theta_{pf}) / (\theta_{cc} - \theta_{pf}) ] \times 100\%$ où $\theta_t$ - teneur réelle en eau du sol; $\theta_{pf}$ - teneur en eau du sol au point de flétrissement; et $\theta_{cc}$ - teneur en eau du sol à la capacité au champ.	Utilisé par le Centre wallon de Recherches agronomiques	Buffet <i>et coll.</i> , 2005.
70	Humidité du sol	Déficit d'humidité du sol (DHS) en pourcentage	Teneur en eau du sol	Sans objet	La sécheresse pour un mois donné se calcule comme suit : $DHS = [ (HS_i - HS_i^{moyenne}) / (HS_i^{max} - HS_i^{min}) ] \times 100 \%$ où $HS_i^{moyenne}$ - humidité moyenne du sol à long terme pour le mois $i$ ; $HS_i^{max}$ - humidité maximale du sol à long terme pour le mois $i$ ; $HS_i^{min}$ - humidité maximale du sol à long terme pour le mois $i$ ; $HS_i$ - humidité réelle du sol au cours du mois $i$ d'une année donnée (où $i = 1, \dots, 12$ ).	Utilisé par le Texas Water Development Board	Srinivasan <i>et coll.</i> , 2002.
71	Humidité du sol	Indice d'humidité du sol	Teneur en eau du sol	Sans objet	Le DHS cumulatif se calcule comme suit : $X_i = X_{i-1} + (DHS_i / 36,51) - 0,32X_{i-1}$ où $X_i$ = indice d'humidité du sol au cours du mois $i$ ; $X_{i-1}$ = indice d'humidité du sol au cours du mois précédent ( $i-1$ ); et $DHS_i$ = déficit d'humidité du sol (en pourcentage)	Utilisé par le Texas Water Development Board	Srinivasan <i>et coll.</i> , 2002.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
					pour le mois i.		
72	Humidité du sol	Risque d'érosion éolienne du sol (E <sub>éolienne</sub> )	Teneur en eau du sol	Facteur de rugosité et d'agrégation du sol, résistance du sol au soulèvement par le vent, vitesse d'entraînement, variable liée à la teneur en eau du sol au début du processus d'érosion, facteur de réduction de l'érosion	Superficie agricole exposée à une érosion éolienne, c'est-à-dire superficie pour laquelle existe un risque de dégradation par érosion éolienne au-delà d'un certain niveau de référence. L'indice se calcule comme suit : $E_{\text{éolienne}} = KC (V^2 - \rho W^2)^{1,5} (1 - R)$ où K = facteur de rugosité et d'agrégation du sol; C = facteur de résistance du sol au soulèvement par le vent; V = vitesse d'entraînement; $\rho$ = variable liée à la teneur en eau du sol au début du processus d'érosion; W = teneur en eau de la couche superficielle du sol; R = facteur de réduction de l'érosion, p. ex., type de culture. Voir les références pour plus de détails.	Utilisé par l'Organisation de coopération et de développements économiques	OCDE, 2001.
73	Qualité de l'eau souterraine et de l'eau de surface	Indice de qualité de l'eau	Paramètres de qualité de l'eau	Sans objet	$IQE = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$ F1 = étendue, F2 = fréquence et F3 = amplitude. Voir le lien pour plus de détails.	Développé par le CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2001.
74	Qualité de l'eau souterraine	Indice des problèmes de qualité de l'eau souterraine d'origine naturelle	Paramètres de qualité de l'eau souterraine	Superficie de l'aquifère à l'étude	Pourcentage de l'aquifère dans lequel la concentration du paramètre indicateur dépasse le niveau maximal établi dans les directives pour l'eau de boisson de l'OMS (ou l'équivalent).	Développé par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture	Groundwater Indicators Working Group, 2007.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
75	Qualité de l'eau souterraine	Indice des problèmes de qualité de l'eau souterraine soumise à des pressions humaines	Paramètres de qualité de l'eau souterraine	Superficie de l'aquifère à l'étude	Pourcentage de l'aquifère dans lequel a été détectée une augmentation de la concentration d'une variable particulière pendant la période d'observation.	Développé par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture	Groundwater Indicators Working Group, 2007.
76	Qualité de l'eau souterraine	Indice SANDIE (indice GALDIT en anglais)	Concentration de sel	Présence d'eau souterraine, conductivité hydraulique de l'aquifère, distance de l'eau souterraine par rapport au niveau de la mer, distance du rivage, épaisseur de l'aquifère	Indice conçu pour évaluer la vulnérabilité des aquifères côtiers à l'intrusion d'eau salée en fonction de plusieurs indicateurs de poids variés (par rapport aux autres indicateurs, P) et de cotes d'importance (basées sur les résultats des indicateurs, R). Calcul de l'indice SANDIE = $\sum P_i R_i / \sum P_i$ où les indicateurs sont la présence d'eau souterraine; la conductivité hydraulique de l'aquifère; la distance de l'eau souterraine par rapport au niveau de la mer; la distance du rivage; l'impact de la situation actuelle relativement à l'intrusion d'eau de mer dans la zone étudiée; et l'épaisseur de l'aquifère. Voir le lien pour plus de détails.	Développé par l'Euro - India International Cooperation with Developing Nations	Chachadi <i>et coll.</i> , 2005.
77	Qualité de l'eau souterraine	Position du front salin	Matières dissoutes totales (MDT), concentration de sel	Sans objet	L'étendue de l'intrusion d'eau salée. Il n'existe pas de méthode standard pour définir la zone de transition; cependant, l'USGS la définit généralement comme une zone présentant des concentrations de MDT entre 1 000 et 35 000 mg/L et des concentrations de chlorure entre 250 et 19 000 mg/L (les limites inférieures étant les valeurs recommandées par l'Organisation mondiale de la santé et les limites supérieures, les concentrations moyennes de MDT et de chlorure présentes dans l'eau de mer).	Utilisé par l'U.S. Geological Survey	In-Situ Inc., 2008

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
78	Dynamique des océans	Variation des courants marins de surface	Force des courants	Sans objet	Variation en pourcentage des courants de surface moyens par rapport à la valeur de référence.	Utilisé par le ministère des Changements climatiques du gouvernement de l'Australie	Hobday <i>et coll.</i> , 2006.
79	Niveau de l'eau	Variation de la température de l'eau	Eau souterraine, de mer, de surface	Sans objet	Enregistrement de la température mesurée à la même heure chaque année.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/rivtemp_id1.html">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/rivtemp_id1.html</a> )
80	Niveau de l'eau	Élévation du niveau de la mer	Niveau de la mer	Sans objet	Le niveau moyen de la mer sur une minute est mesuré toutes les minutes et est mis en correspondance avec le zéro des cartes marines.	Utilisé par le ministère de l'Environnement de la C.-B.	Ministère de l'Environnement de la C.-B., 2002. ( <a href="http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/sealevel_id1.html">http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/sealevel_id1.html</a> )
81	Niveau de l'eau	Ressources en eau de surface	Superficie totale des eaux de surface	Superficie totale du territoire	Rapport entre la superficie totale des eaux de surface et la superficie totale du territoire.	Développé par Agriculture et Agro-alimentaire Canada	Swanson, Hiley et Venema, 2007.
82	Niveau de l'eau	Réserves d'eau de surface dans le bassin versant (en pourcentage)	Superficie totale des eaux de surface	Superficie du bassin versant	La superficie d'un bassin versant (en pourcentage) qui est couverte de lacs, d'étangs, de cours d'eau, de milieux humides et autres plans d'eau.	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
83	Niveau de l'eau	Variabilité de l'eau de surface	Superficie totale des eaux de surface	Sans objet	Le coefficient de variation du pourcentage de la superficie du bassin versant occupée par des eaux de surface sur une période de 30 ans.	Élément de l'indice AWRVI, conçu pour les collectivités de l'Arctique	Alessa <i>et coll.</i> , 2008.
84	Niveau de l'eau	Variation absolue et relative du niveau de la mer	Niveau de la mer	Sans objet	Les niveaux moyens annuels absolu et relatif de la mer aux stations de contrôle pour la période 1993-1997 sont soustraits des niveaux annuels absolu et relatif de la mer.	Utilisé par l'US EPA	U.S. EPA, 2008.

Numéro de l'indicateur	Catégorie de paramètre	Indicateur	Paramètres hydrologiques requis	Paramètres non hydrologiques requis	Calcul	Utilisateurs connus de l'indicateur	Références
85	Niveau de l'eau	Risque que présente l'élévation du niveau de la mer (pour les îles)	Niveau de la mer	Superficie totale de l'île et superficie des terres à moins de 5 m du niveau de la mer.	Pourcentage des terres à moins de 5 m du niveau de la mer, divisé par 10.	Utilisé par les îles du PNUE	<a href="http://islands.unep.ch/indicator.htm">http://islands.unep.ch/indicator.htm</a>
86	Niveau de l'eau	Recharge de la nappe phréatique et population	Niveau de la nappe phréatique	Population	Rapport entre la recharge de la nappe phréatique et la population.	Utilisé par le UNEP/GRID-Genève	Brooksa, Adgera et Kelly, 2005.
87	Sans objet	Débit d'eau par rapport à la superficie du territoire	Sans objet	Consommation d'eau par les municipalités, l'industrie, les commerces et les puits privés; superficie du territoire	Rapport entre le débit total d'eau pour usage humain (en m <sup>3</sup> ) et la superficie du territoire (km <sup>2</sup> ).	Utilisé par l'Institut international du développement durable	Grosshans, Venema et Barg, 2005.
88	Sans objet	Indice d'exploitation de l'eau	Précipitations, évapotranspiration et débit	Consommation d'eau par les secteurs public, agricole, industriel et énergétique	Pour chaque secteur, calculer le rapport entre la quantité moyenne d'eau consommée au total chaque année et la moyenne à long terme d'eau disponible. La moyenne à long terme d'eau disponible est égale aux précipitations moins l'évapotranspiration plus le volume d'eau entrant au pays.	Utilisé par l'Agence européenne pour l'environnement	<a href="http://nfp-si.eionet.europa.eu/Dokumenti/pdf/2003en/4-vode_en.pdf">http://nfp-si.eionet.europa.eu/Dokumenti/pdf/2003en/4-vode_en.pdf</a>