

Programme scientifique national sur l'eau douce :

Rapport sur les priorités scientifiques nationales en matière d'eau douce

Mars 2026



Environnement et
Changement climatique Canada

Environment and
Climate Change Canada

Canada

N° de cat. : En84-400/2026F-PDF
ISBN : 978-0-660-98430-8
EC24058

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
Édifice Place Vincent Massey,
351 boul. Saint-Joseph,
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Ligne sans frais : 1-800-668-6767
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photo page couverture : © Environnement et Changement climatique Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par la ministre de l'Environnement, du Changement climatique et de la Nature, 2026

Also available in English

Avant-propos de la ministre	4
Sommaire	5
1. Introduction	11
2. Rapprocher, intégrer et tisser les systèmes de sciences et de connaissances autochtones	19
3. La disponibilité en eau	25
4. Facteurs de stress liés à l'utilisation des terres et pollution de l'eau	32
5. Résilience des écosystèmes d'eau douce et biodiversité	37
6. Perspectives régionales	44
7. Recherche socioécologique et économique sur l'eau douce	55
8. Science de l'eau douce et systèmes d'aide à la décision	62
9. Les conditions nécessaires	73
Annexe 1. Questions scientifiques.....	80
A1.1 Disponibilité en eau douce et changement climatique	80
A1.2 Utilisation de l'eau douce et des terres et la pollution	83
A1.3 Fonctionnement, résilience et biodiversité des écosystèmes d'eau douce	87

Avant-propos de la ministre

L'eau douce est un élément fondamental au cœur de notre identité nationale canadienne, en plus d'être une ressource essentielle à la santé, à la qualité de vie et aux activités récréatives de la population canadienne. Qu'on pense aux lacs où nous allons nager, aux rivières gelées où nous allons patiner et pêcher, ou encore aux glaciers qui forgent notre paysage, l'eau douce définit notre mode de vie et notre attachement à l'environnement.

L'eau douce joue également un rôle crucial dans la santé et la résilience de l'environnement. Les écosystèmes d'eau douce – notamment les milieux humides, les rivières et les eaux souterraines – fournissent, purifient et protègent les ressources en eau douce. Il s'agit également d'un pilier de l'économie canadienne, soutenant des secteurs tels que l'agriculture, l'énergie, le tourisme, l'industrie manufacturière, la pêche et les loisirs.

Le Canada possède 20 % des réserves mondiales d'eau douce et environ 7 % des réserves mondiales en eau renouvelable. Cependant, les pressions croissantes exercées par les changements climatiques, l'utilisation des terres et la pollution influent sur la qualité et la quantité de l'eau douce, ce qui n'est pas sans conséquence. Il suffit de penser aux coûts économiques élevés engendrés par un climat en évolution et aux risques pour la santé humaine, les écosystèmes et les modes de vie, en particulier pour les peuples autochtones.

Le Programme scientifique national sur l'eau douce brosse un portrait global des besoins scientifiques les plus vitaux pour faire face à ces menaces de plus en plus complexes et nous permettre de prendre des décisions éclairées grâce aux efforts collectifs des divers détenteurs de connaissances sur l'eau douce de partout au Canada.

Il est plus important que jamais d'adopter une approche coordonnée et collaborative pour mieux comprendre ces priorités scientifiques en vue de protéger l'eau douce qui contribue à définir notre nation. En préservant ce volet de notre identité nationale, nous veillons à ce que les ressources en eau douce du Canada restent résilientes, dynamiques et capables de subvenir aux besoins de nos collectivités, de nos économies et de nos écosystèmes pour les générations à venir.

– L'honorable Julie Dabrusin, ministre de l'Environnement, du Changement climatique et de la Nature

Sommaire

Au Canada, l'eau douce constitue une ressource naturelle irremplaçable, qui fait partie intégrante de l'identité nationale. Elle est essentielle pour notre économie, notre santé, notre identité, notre alimentation, notre énergie et notre culture. L'eau douce est à la base de notre vie quotidienne et est indispensable pour les loisirs, l'agriculture, le secteur industriel et la santé des écosystèmes, ce qui fait de sa protection une priorité nationale. Pour les Autochtones, l'eau n'est pas qu'une simple ressource, mais plutôt un être vivant distinct, doté d'un esprit et du pouvoir de donner la vie. Les Autochtones entretiennent avec l'eau des relations uniques liées à leurs paysages culturels, leurs histoires et leurs modes de savoir particuliers. Ces relations façonnent leurs croyances et contribuent au maintien de leur bien-être biologique, spirituel et culturel, ainsi que de leurs traditions sacrées. L'eau douce et les ressources en eau douce au Canada sont toutefois exposées à des menaces croissantes, dont celles liées aux changements climatiques, tant sur le plan de la qualité que de la quantité.

L'eau douce, y compris l'eau de surface, la cryosphère et l'eau souterraine, est essentielle pour l'environnement, les collectivités, la santé et le bien-être humains, et l'économie. Les travaux scientifiques sur l'eau douce sont à la base d'un processus décisionnel efficace et fondé sur des données probantes pour la protection et la gestion de cette ressource. Ils sont également essentiels pour favoriser la sécurité de l'approvisionnement en eau, le développement économique durable, la santé humaine, la conservation de la nature et de la biodiversité ainsi que l'adaptation aux changements climatiques, et ainsi renforcer la résilience de l'économie et des collectivités du Canada (**Figure ES-1**). Partout au pays, des travaux scientifiques sur l'eau douce sont menés par une vaste communauté regroupant divers scientifiques et détenteurs de savoir qui possèdent une expertise et des connaissances en la matière. Ces derniers sont issus de gouvernements, de peuples autochtones, du milieu universitaire, d'organisations non gouvernementales et de collectivités.

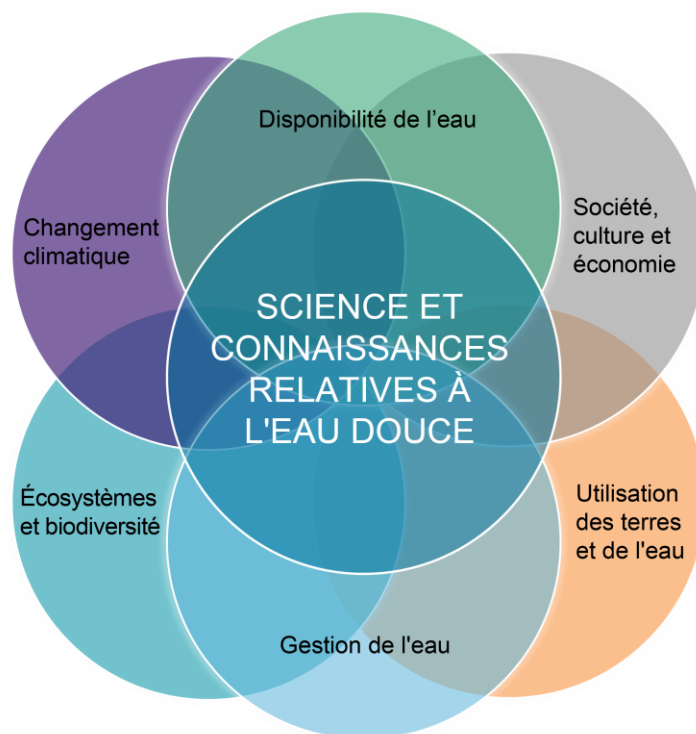


Figure ES-1: La nature intégrée et multidimensionnelle des travaux scientifiques sur l'eau douce.

Le **Programme scientifique national sur l'eau douce (PSNED)** définit les priorités scientifiques nationales en matière d'eau douce, lesquelles reflètent la diversité des points de vue, des systèmes de connaissances et des contextes régionaux. Le présent rapport ne constitue pas une feuille de route pour la mise en œuvre des travaux scientifiques sur l'eau douce. Il s'agit plutôt d'un outil destiné à faciliter et à orienter la planification, la collaboration et la coordination des travaux scientifiques et de recherche sur l'eau douce au Canada.

Le programme scientifique a été élaboré avec la contribution d'experts en science de l'eau douce et de détenteurs de savoir, en tenant compte des utilisateurs des connaissances scientifiques. Les priorités établies ont pour but d'orienter les efforts de la communauté scientifique de l'eau douce et de jeter les bases d'une approche coopérative mieux coordonnée. Le programme scientifique permet d'harmoniser les intérêts communs, de renforcer les relations et d'établir des partenariats afin que les travaux scientifiques sur l'eau douce répondent efficacement aux défis les plus pressants auxquels le pays est confronté.

Les priorités scientifiques en matière d'eau douce sont organisées en fonction de thèmes communs :

- Science et systèmes de connaissances autochtones
- Disponibilité en eau
- Facteurs de stress liés à l'utilisation des terres et pollution de l'eau
- Résilience des écosystèmes d'eau douce et biodiversité
- Perspectives régionales
- Recherche socio-écologique et économique sur l'eau douce
- Science de l'eau douce et systèmes d'aide à la décision

Les principales priorités visant à faire progresser les travaux scientifiques sur l'eau douce au Canada sont indiquées pour chaque thème. La **Figure ES-2** donne un aperçu de ces thèmes ainsi que des priorités qui y sont associées. Ces priorités sont profondément liées entre elles, même si elles sont présentées par thème. On observe souvent des liens complexes entre les priorités associées aux différents thèmes, ce qui reflète la nature intégrée des systèmes d'eau douce et de la science sur laquelle ils reposent.

Les priorités scientifiques nationales en matière d'eau douce représentent des sujets et des intérêts communs qui ont été cernés au sein de la communauté scientifique de l'eau douce en tenant compte de la diversité des contextes géographiques, socio-économiques et territoriaux qui orientent la gestion de l'eau douce et la prise de décisions à cet égard dans l'ensemble du Canada. Par ailleurs, de nombreuses priorités sont de nature régionale ou locale. Pour refléter les réalités régionales, le rapport met également en évidence plusieurs priorités scientifiques régionales clés en matière d'eau douce.



Figure ES-2 : Priorités scientifiques nationales en matière d'eau douce.

Les travaux scientifiques et les données sur l'eau douce jouent un rôle déterminant dans la prise de décisions fondées sur des données probantes en vue de protéger et de gérer cette ressource au Canada. Bien que ce rapport soit axé sur les travaux scientifiques, on y reconnaît l'importance de disposer de données sur l'eau douce accessibles et fiables. L'[Agence de l'eau du Canada](#) élabore actuellement la [Stratégie nationale en matière de données sur l'eau douce](#), laquelle offrira une orientation quant à la façon d'organiser, de stocker et de transmettre les données et les renseignements relatifs à l'eau douce au Canada. Cette stratégie vise à favoriser l'amélioration de la collaboration et de la coordination en matière de données sur l'eau douce et à faciliter l'accès aux données pour les Canadiens.

Lors de la rédaction de ce rapport, cinq éléments fondamentaux et transversaux essentiels à l'avancement des travaux scientifiques sur l'eau douce à l'échelle nationale sont ressortis (**Figure ES-3**) :

1. **Compréhension globale de l'eau douce et production de rapports exhaustifs** : Acquérir une compréhension plus approfondie de l'état de l'eau douce et des tendances connexes, ainsi que des vulnérabilités des systèmes d'eau de surface et d'eau souterraine par bassin versant, et produire des rapports plus exhaustifs à cet égard. Il s'agit notamment de tenir compte des limites territoriales nationales et internationales et de l'influence des facteurs hydrologiques tels que les infrastructures de rétention de l'eau (p. ex., barrages), les technologies d'utilisation efficace de l'eau (p. ex., conservation) et les approches écosystémiques qui favorisent la gestion et le stockage durables de l'eau douce.

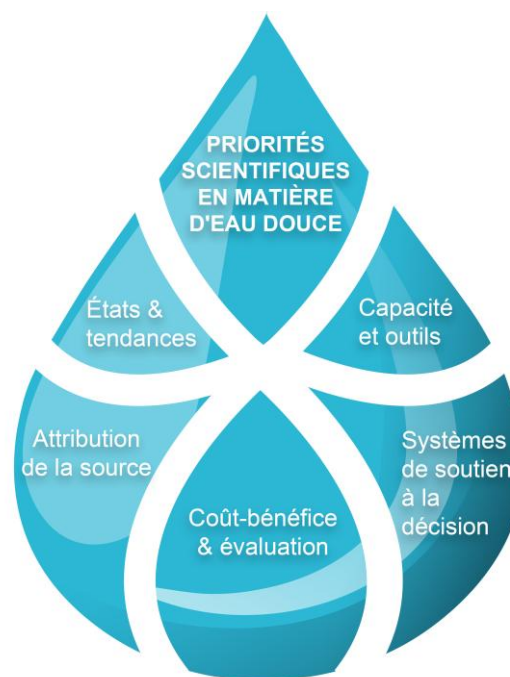


Figure ES-3: Éléments essentiels pour l'avancement des travaux scientifiques sur l'eau douce.

2. **Attribution des sources et effets cumulatifs des contaminants** : Continuer à faire progresser les connaissances sur l'attribution des sources, la transformation et le devenir des mélanges de contaminants, ainsi que sur les effets cumulatifs des contaminants émergents et de ceux issus d'activités passées. Il s'agit notamment de se pencher sur les répercussions combinées des sources urbaines, industrielles, minières et agricoles de contaminants sur les écosystèmes d'eau douce, la salubrité de l'eau et des aliments, la santé humaine, la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes aquatiques.
3. **Compréhension des compromis et des dynamiques sociales en matière de gestion de l'eau douce** : Améliorer la compréhension des compromis, des répercussions sur les coûts et les avantages, des valeurs culturelles et des comportements sociaux qui orientent l'intendance de l'eau douce. Pour que la répartition de l'eau soit efficace, il faut comprendre les demandes concurrentielles entre les utilisations avec et sans prélèvement, la répartition des coûts et des avantages entre l'amont et l'aval, ainsi que la justice environnementale et les valeurs culturelles liées à l'eau dans un contexte élargi. La recherche sur les compromis devrait également porter sur la manière dont la perception du risque et le comportement institutionnel ou social influencent la prise de décisions et les résultats en matière de gestion.
4. **Travaux scientifiques sur l'eau douce axés sur des solutions et systèmes d'aide à la décision** : Faire progresser les travaux scientifiques qui permettent de mettre en œuvre des systèmes intégrés d'aide à la décision assortis de capacités de suivi et de prévision fondées sur les bassins versants. Il s'agit notamment d'élaborer des approches à plusieurs échelles et de synthétiser les connaissances provenant de diverses sources, en s'appuyant sur des indicateurs reflétant des résultats précieux en matière d'eau et les mesures de gestion prises à l'égard de multiples facteurs de stress.
5. **Amélioration des capacités et des outils scientifiques en matière d'eau douce** : Améliorer les bases scientifiques et les infrastructures techniques nécessaires pour faire progresser les priorités du Programme scientifique national sur l'eau douce. Il s'agit notamment d'améliorer l'accès aux

données environnementales, sociales et économiques sur l'eau douce pour tous les fournisseurs et détenteurs de données, d'élargir les cadres de suivi et de prévision adaptatifs fondés sur les bassins versants, et d'élaborer des initiatives d'évaluation scientifique de l'eau douce reposant sur des contextes d'intendance régionale.

La responsabilité de la mise en œuvre des priorités scientifiques en matière d'eau douce indiquées dans le présent rapport est partagée entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, les gouvernements et organisations autochtones, le milieu universitaire, l'industrie et les organisations non gouvernementales et communautaires, et dépendra de la collaboration au sein de la communauté scientifique de l'eau douce. La mise en œuvre devra tenir compte des responsabilités, des rôles, des intérêts et des besoins des administrations et des organisations en matière de travaux scientifiques sur l'eau douce.

Pour réussir la mise en œuvre, il faudra probablement renforcer les mécanismes de coordination des travaux scientifiques sur l'eau douce à l'échelle du Canada. En outre, la mobilisation des connaissances nécessaire pour faire le rapprochement entre les travaux scientifiques et la prise de décisions peut ouvrir de nouvelles possibilités de recherche participative et de renforcement des capacités à l'échelle des régions et des bassins versants.

Le présent rapport met en évidence plusieurs besoins importants pour la détermination et la mise en œuvre des priorités scientifiques :

- Mettre au point des structures de coordination des travaux scientifiques sur l'eau douce avec le soutien de l'[Agence de l'eau du Canada](#), dont le mandat consiste à améliorer la collaboration en matière de gestion de l'eau douce, et améliorer la production de rapports fédéraux, provinciaux et territoriaux sur l'état de l'eau douce et les tendances connexes.
- Établir des réseaux de suivi et de surveillance robustes et recevant un bon soutien qui intègrent de nouvelles technologies et applications ainsi que de nouveaux protocoles normalisés à l'échelle nationale, tout en mettant à profit le suivi mené par les Autochtones et les communautés pour renforcer les fondements de la science et des services liés à l'eau douce.
- Améliorer l'accès aux données scientifiques et de recherche sur l'eau douce et leur mobilisation dans le cadre de la [Stratégie nationale en matière de données sur l'eau douce](#) actuellement élaborée par l'[Agence de l'eau du Canada](#), afin de veiller à ce que les données relatives à l'eau douce au Canada soient repérables, accessibles, diffusables et utilisables.
- Coordonner la modélisation de l'hydroclimat et de l'eau douce fondée sur les bassins versants, en intégrant l'eau de surface et l'eau souterraine et la disponibilité et la qualité de l'eau, dans le cadre d'une collaboration entre le gouvernement, le milieu universitaire, ainsi que les organisations et les entreprises utilisatrices d'eau.
- Appuyer les travaux scientifiques menés par les Autochtones concernant les effets cumulatifs et les travaux de recherche autochtones et occidentaux conjoints sur l'eau douce pour orienter les activités de suivi et de prévision fondées sur les effets à l'échelle des bassins versants.
- Favoriser la mise sur pied d'équipes scientifiques multidisciplinaires et l'établissement d'objectifs de recherche qui s'alignent sur les systèmes d'aide à la décision fondés sur les bassins versants et qui rassemblent des données sur l'utilisation des terres et des données économiques pour contribuer à évaluer les services écosystémiques apportés par l'eau douce.
- Harmoniser l'élaboration des réseaux de suivi et des modèles avec les résultats en matière de connaissances concernant les effets sur les écosystèmes et la santé, en adaptant les résultats scientifiques à de multiples facteurs de stress et à des approches « Une seule santé » (p. ex., résistance aux antimicrobiens, nouveaux agents pathogènes d'origine hydrique et substances chimiques).

- Améliorer les initiatives de synthèse des connaissances sur les bassins versants ainsi que de renforcement des connaissances sur l'eau douce ciblant les utilisateurs, afin de mobiliser les données et les connaissances existantes en vue d'assurer une gestion durable de l'eau douce. Le fait de travailler en étroite collaboration avec les décideurs pour faire progresser les priorités scientifiques en matière d'eau douce donne également la possibilité de renforcer les connaissances sur l'eau douce à tous les niveaux du processus décisionnel.

En cernant clairement les priorités scientifiques nationales en matière d'eau douce, tout en reconnaissant les réalités régionales et en respectant les responsabilités des administrations, la communauté scientifique de l'eau douce peut favoriser l'adoption d'une approche mieux coordonnée, plus coopérative et plus réactive pour relever les défis les plus pressants en matière d'eau douce au cours de la prochaine décennie.

Les priorités énoncées dans ce rapport réaffirment le rôle essentiel que joue une eau douce propre et sécuritaire pour assurer la pérennité de l'environnement, de la santé et du bien-être humains, des collectivités et de l'économie au Canada. Les membres de la communauté scientifique de l'eau douce sont encouragés à déterminer ensemble les possibilités de collaboration et à prendre des mesures collectives concernant les priorités présentées dans ce rapport afin de réaliser le plein potentiel du Programme scientifique national sur l'eau douce.

1. Introduction

Le Canada possède l'une des plus grandes réserves d'eau douce au monde, qui comprend de vastes réseaux de lacs, de rivières, de milieux humides, d'aquifères, de glaciers et de manteaux neigeux saisonniers. Ces systèmes d'eau douce s'étendent sur diverses écozones, régions climatiques et régimes hydrologiques. L'eau douce est essentielle pour l'environnement, les collectivités, la santé et le bien-être de la population, ainsi que l'économie. Il s'agit également d'un élément fondamental de l'identité nationale du Canada et du bien-être biologique, spirituel et culturel ainsi que des traditions sacrées des peuples autochtones. L'eau douce est donc une ressource naturelle irremplaçable et vitale pour le Canada et pour tous les Canadiens.

Toutefois, les eaux souterraines, les eaux de surface, la cryosphère et les écosystèmes d'eau douce du Canada sont soumis à des pressions croissantes et complexes. La pollution, les changements dans l'utilisation des terres et de l'eau, les espèces envahissantes et la perte de biodiversité aquatique et de services écosystémiques continuent de menacer les systèmes d'eau douce. Les changements climatiques intensifient encore ces défis. Pour y remédier, il est nécessaire de renforcer la coordination et la collaboration dans le domaine de la science de l'eau douce afin de soutenir la prise de décisions fondées sur des données probantes et de répondre efficacement aux défis les plus urgents auxquels le pays est confronté en matière d'eau douce.

La science de l'eau douce constitue le fondement de décisions solides et basées sur des données probantes en vue de protéger et de gérer l'eau douce au Canada. À travers le pays, une importante communauté diversifiée de scientifiques et de détenteurs de connaissances contribue à ce travail, en s'appuyant sur l'expertise du gouvernement, des peuples autochtones, du milieu universitaire, des organismes non gouvernementaux, de l'industrie et des collectivités. Adopter une approche plus stratégique et coordonnée en matière de science de l'eau douce – englobant la recherche, la surveillance, la modélisation et la mobilisation des connaissances – permettrait à cette communauté de s'appuyer sur ses forces existantes, d'identifier des priorités claires et d'orienter les efforts de planification et de coordination collaboratifs à travers le Canada.

La [Synthèse des sciences de l'eau douce au Canada](#) de 2024 a mis en évidence une série de menaces pesant sur les systèmes d'eau douce, des extrêmes hydroclimatiques à la pollution agricole et industrielle, et a identifié la science nécessaire au maintien de la biodiversité et des services écosystémiques. Elle a reconnu que de nombreux défis liés à l'eau douce sont multidisciplinaires et interdépendants, façonnés par des effets cumulatifs et influencés par les changements climatiques, l'intensification de l'utilisation des terres et de l'eau, ainsi que la contamination par des substances existantes et émergentes.

La synthèse a également souligné la nécessité d'une coordination plus étroite entre les ministères fédéraux ayant des mandats interdépendants en matière d'eau, ainsi qu'entre tous les ordres de gouvernement (fédéral, provincial, territorial et autochtone), les milieux universitaires, les organismes autochtones et non gouvernementaux, les collectivités, l'industrie et d'autres partenaires. Cette coordination est essentielle pour faire progresser une science pertinente et axée sur les solutions qui réponde efficacement aux diverses politiques, cadres, réglementations, mesures de gestion et initiatives locales du Canada en matière d'eau douce.

Encadré 1.1 Gouvernance de l'eau douce au Canada

La gouvernance de l'eau douce au Canada est complexe, car elle implique les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux, autochtones et municipaux, ainsi que les nations et communautés autochtones. Les [instruments législatifs](#) qui régissent la protection et l'utilisation de l'eau douce s'appliquent à l'échelle nationale, fédérale et internationale.

La Loi constitutionnelle de 1867 ne définit pas explicitement la responsabilité en matière d'eau dans le cadre de la répartition des pouvoirs. Toutefois, on considère généralement que les provinces et les territoires ont autorité sur la réglementation et l'utilisation de l'eau à l'intérieur de leurs frontières, tandis que le gouvernement fédéral conserve certains droits et responsabilités liés à la pêche, à la navigation et aux infrastructures connexes, ainsi qu'aux partenariats sur les questions relatives à l'eau qui présentent un intérêt national ou international.

Les Autochtones détiennent également des droits inhérents à l'eau, ancrés dans leurs lois, leurs visions du monde et leurs relations ancestrales avec les plans d'eau. Le rôle des nations et des gouvernements autochtones dans la gouvernance collaborative de l'eau est de plus en plus reconnu au sein des politiques nationales et internationales et des pratiques de gestion de l'eau. De manière générale :

- Le **gouvernement fédéral** supervise les questions liées à l'eau concernant les terres domaniales, les pêches, le transport maritime et la navigation, ainsi que les eaux internationales et transfrontalières.
- Les **provinces et territoires** gèrent les terres publiques, établissent et réglementent les administrations municipales, supervisent le débit des eaux à l'intérieur de la province et régissent l'utilisation de l'eau.
- Les **gouvernements municipaux** sont responsables de l'approvisionnement en eau potable, des services de traitement des eaux usées et de l'aménagement du territoire.
- Les **Autochtones** exercent leurs droits et leurs responsabilités en matière d'eau sur leurs terres et territoires traditionnels.

Outre les gouvernements, les organisations et communautés autochtones, le milieu universitaire, les organismes non gouvernementaux et le secteur privé contribuent tous à la gouvernance de l'eau douce. Leurs travaux dans les domaines de la recherche, de la surveillance communautaire et de la gestion de l'eau douce jouent un rôle essentiel dans la protection de la qualité de l'eau et le maintien de la santé des écosystèmes d'eau douce au Canada.

La [Stratégie Nationale d'Adaptation du Canada](#) et la [Stratégie pour la nature 2030](#) présentent des défis similaires en matière d'eau douce. Ces deux documents soulignent la nécessité d'intégrer les données scientifiques, les renseignements et les connaissances à l'échelle nationale et au niveau des bassins versants afin d'éclairer les mesures ciblées en matière de politique, de réglementation et de gestion. Le rapport de 2021 du gouvernement du Canada intitulé [Vers la création d'une agence canadienne de l'eau : consultation des intervenants et du public - ce que nous avons entendu](#), qui a en partie contribué à la création de l'[Agence canadienne de l'eau](#), a également révélé un vaste intérêt pour la coordination scientifique, l'amélioration des outils d'aide à la décision, un meilleur accès aux données et renseignements scientifiques, et le développement continu d'une science de pointe pour relever les défis liés à l'eau douce. Les intervenants ont également exprimé leur inquiétude croissante concernant les effets des changements climatiques et l'intégrité des écosystèmes d'eau douce.

Le **Programme scientifique national sur l'eau douce** s'appuie sur ces connaissances pour définir les priorités scientifiques nationales sur l'eau douce et poser les bases d'une action collective pour la prochaine décennie. Il invite la communauté scientifique spécialisée dans l'eau douce, notamment les

gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et municipaux, les gouvernements et organisations autochtones, le milieu universitaire, les organismes non gouvernementaux et les organisations de financement, l'industrie ainsi que les partenaires communautaires, à travailler ensemble de manière coordonnée et collaborative. En harmonisant les intérêts communs, en renforçant les relations, en établissant de nouveaux partenariats, en réduisant les chevauchements et en mettant l'accent sur les priorités communes, ce programme vise à faire en sorte que la science de l'eau douce contribue directement à relever les défis les plus urgents auxquels le Canada est confronté dans ce domaine.

Les priorités présentées dans ce rapport ont été établies à partir d'un sondage national en ligne auquel ont participé environ 800 experts de la science de l'eau douce, détenteurs de connaissances et utilisateurs de la science partout au Canada. Les participants représentaient des ministères fédéraux, provinciaux et territoriaux, des gouvernements et des organisations autochtones, le milieu universitaire, l'industrie, des associations nationales hydriques, des offices régionaux des eaux et des organisations non gouvernementales. Les résultats du sondage ont servi de base aux activités de mobilisation qui ont suivi, notamment des tables rondes universitaires et des réunions avec des organisations chargées de la gestion de l'eau douce à l'échelle nationale ou régionale. Ces discussions ont permis d'identifier les lacunes dans les connaissances et de préciser les priorités scientifiques. Le présent rapport s'appuie également sur un examen des stratégies scientifiques et des plans de gestion relatifs à l'eau douce au Canada et à l'échelle internationale.

L'étendue géographique du Canada, la diversité de son hydrologie et de son écologie, ainsi que la complexité de son paysage en matière de gouvernance de l'eau douce, nécessitent différentes approches géographiques pour faire progresser la science de l'eau douce et mettre en œuvre les priorités énoncées dans le présent rapport. À l'échelle nationale, des activités et des outils scientifiques coordonnés, tels que la télédétection, l'observation de la Terre, les réseaux de surveillance de la qualité et de la quantité de l'eau et la surveillance de l'ADN environnemental (ADNe), peuvent renforcer la cohérence et la comparabilité des données scientifiques sur l'eau douce à travers le pays. Ces outils et activités peuvent également améliorer le partage des données, réduire les doublons et harmoniser les ressources entre les régions afin de générer des données de référence cohérentes, soutenir les évaluations nationales et permettre la détection précoce des problèmes émergents liés à l'eau douce. Ces approches à l'échelle nationale sont particulièrement utiles pour traiter les problèmes urgents, transfrontaliers ou ayant des répercussions importantes, notamment la prévision des inondations et des sécheresses, la détection des proliférations d'algues, le suivi des espèces aquatiques menacées ou envahissantes et la surveillance des changements à grande échelle dans les écosystèmes.

Dans d'autres cas, une approche fondée sur les bassins versants peut offrir un cadre plus holistique¹ pour faire progresser la science de l'eau douce. Travailler à l'échelle du bassin versant favorise la mise en place d'un suivi, d'une recherche et d'une modélisation intégrés et multidisciplinaires qui reflètent les limites hydrologiques et écologiques naturelles, l'utilisation locale des terres et de l'eau, ainsi que les besoins et les valeurs spécifiques des collectivités en matière d'eau douce. Cette approche fournit également une base pratique pour la collaboration et la communication de renseignements au-delà des frontières organisationnelles et administratives.

La science et les données relatives à l'eau douce jouent un rôle essentiel dans la prise de décisions fondées sur des données probantes en vue de protéger et de gérer l'eau douce au Canada. Bien que ce rapport se concentre sur la science de l'eau douce, il souligne également l'importance cruciale des données. La [Stratégie nationale en matière de données sur l'eau douce](#), actuellement élaborée par l'[Agence canadienne de l'eau](#), établira des lignes directrices et des principes pour l'organisation, le stockage et le partage des données et des renseignements sur l'eau douce à l'échelle du pays. Cette stratégie vise à promouvoir une plus grande collaboration et coordination dans le domaine de la science de l'eau douce et à faciliter l'accès aux données sur l'eau douce pour tous les Canadiens.

¹ Le terme « wholistic » est préféré à « holistic », reflétant l'évolution du terme vers une emphase sur la « totalité ».

Encadré 1.2 Ce que nous avons entendu de la part des collaborateurs et des utilisateurs de la science de l'eau douce

Les collaborateurs et utilisateurs spécialisés dans la science de l'eau douce ont souligné la nécessité de refléter plusieurs messages importants dans le cadre de l'identification et la mise en œuvre des priorités scientifiques. Selon eux, la science doit nécessairement :

- évoluer vers des approches à plusieurs échelles, systémiques et interdisciplinaires de la surveillance, de la recherche, de l'analyse et de la prévision dans le domaine de l'environnement et des bassins versants;
- soutenir le leadership scientifique autochtone pour définir et élaborer ensemble des plans scientifiques et des activités de collaboration;
- améliorer la coordination et l'intégration entre la surveillance et la modélisation de la qualité et de la quantité de l'eau;
- renforcer les outils de prévision qui font le lien entre la modélisation et la surveillance des systèmes d'eaux souterraines et de surface, y compris à l'échelle des bassins versants;
- élargir l'analyse des effets cumulatifs grâce à des approches axées sur les effets qui utilisent des méthodes et des outils de surveillance et d'analyse avancés;
- élaborer des modèles de prévision qui intègrent les scénarios climatiques et les effets cumulatifs;
- permettre de mieux comprendre la résilience écologique aquatique dans les paysages fragiles et précieux, y compris le continuum entre les milieux d'eau douce et les milieux marins;
- encourager le développement et l'adoption de nouvelles technologies d'observation et d'outils analytiques afin d'améliorer la couverture spatiale et temporelle ainsi que la capacité de diagnostic;
- favoriser la mobilisation et l'intégration des données relatives à l'eau douce et des données connexes provenant de multiples propriétaires de données.

Le rapport représente une étape concrète vers l'amélioration de la coordination scientifique nationale par le biais d'approches axées sur l'utilisateur qui allient la science et les connaissances autochtones avec la science occidentale. Identifier clairement les priorités nationales en matière de science de l'eau douce et reconnaître les réalités régionales en respectant les responsabilités administratives, permettra à la communauté scientifique canadienne spécialisée dans l'eau douce de favoriser une approche plus coordonnée, collaborative et adaptée pour faire progresser la science qui informe la prise de décision sur les défis les plus urgents en matière d'eau douce pour la prochaine décennie.

Cette approche coordonnée aidera également la communauté scientifique spécialisée dans l'eau douce à répondre aux besoins d'information des acteurs impliqués dans la gestion nationale et régionale de l'eau douce. Elle complète d'autres initiatives scientifiques stratégiques nationales telles que [Science du climat 2050](#), [les besoins en matière de sciences et de connaissances pour soutenir la mise en œuvre par le Canada du Cadre mondial pour la biodiversité Kunming-Montréal](#), et [le programme scientifique du Canada sur les plastiques](#), et peut offrir une base solide fondée sur des preuves pour éclairer les nouvelles politiques ou stratégies en matière d'eau douce. Une approche nationale de la science de l'eau douce peut contribuer à soutenir les engagements mondiaux du Canada dans le cadre d'initiatives internationales telles que [les objectifs de développement durable des Nations Unies](#), et positionner le Canada en tant que leader dans le domaine de la science et de l'innovation en matière d'eau douce, tout

en renforçant la collaboration internationale sur les questions liées à l'eau transfrontalière, le partage de renseignements et le transfert de technologies.

Le présent rapport précise *quelles* connaissances scientifiques sont nécessaires, et non *comment* elles doivent être mises en œuvre. L'avancement de ces priorités scientifiques dépend de la collaboration de l'ensemble de la communauté scientifique spécialisée dans l'eau douce. Leur mise en œuvre sera une responsabilité partagée entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, les gouvernements et organisations autochtones, le monde universitaire, l'industrie, les organismes non gouvernementaux et les organismes de financement. Il convient de développer le leadership et le soutien de manière à ce qu'ils soient conformes aux mandats et aux contextes de chaque administration et organisation au sein de la communauté scientifique spécialisée dans l'eau douce.

Structure du rapport

À partir des éléments fondamentaux identifiés dans la synthèse comme étant les principaux résultats à atteindre pour agir, le présent rapport utilise ces éléments comme principes directeurs pour faire progresser les priorités scientifiques et les connaissances en matière d'eau douce au Canada :

- **Coordination scientifique nationale** pour promouvoir la collaboration multidisciplinaire et interdisciplinaire sur les priorités et les besoins nationaux partagés.
- **Science de l'eau douce axée sur l'utilisateur** pour soutenir les priorités distinctes des bassins versants, des régions et des localités au sein d'un cadre national coordonné.
- **Mobilisation des connaissances axée sur l'utilisateur** en tant que mécanisme d'intégration qui relie les outils et les experts pour mieux traduire et répondre aux besoins des utilisateurs de la science de l'eau douce à travers le Canada.
- **Outils numériques, infrastructure innovante** et normes communes pour renforcer la science de l'eau douce et permettre la connexion, le partage et l'utilisation efficaces des connaissances sur l'eau douce.
- **Science et connaissance de l'eau douce dirigée par les Autochtones**, en mettant l'accent sur l'élaboration conjointe par les Autochtones de programmes et de stratégies scientifiques, et sur le **rapprochement, le tressage et le tissage** respectueux de divers systèmes de connaissance afin de représenter des perspectives et des modes de connaissance autochtones distincts.

Guidé par ces principes, le présent rapport présente les priorités nationales en matière de science de l'eau douce qui traitent des questions scientifiques les plus urgentes tout en reflétant les divers systèmes de connaissances et les priorités régionales identifiés dans le cadre du processus de participation au programme scientifique national sur l'eau douce. Les priorités scientifiques sont organisées par chapitre sous des thèmes communs qui s'appliquent de façon générale à l'ensemble du pays et sont complétées par les perspectives des cinq principaux bassins hydrographiques du Canada : l'Atlantique, les Grands Lacs, la baie d'Hudson, le Pacifique et l'Arctique.

Le reste de ce rapport est organisé autour des thèmes majeurs de la science de l'eau douce :

- **Chapitre 2** : Rapprochement, tressage et tissage des systèmes scientifiques et de connaissances autochtones.
- **Chapitre 3** : Changement climatique et science de l'eau douce pour la disponibilité de l'eau
- **Chapitre 4** : Science de l'eau douce pour l'utilisation des terres et les effets de la pollution sur les ressources en eau douce et les écosystèmes aquatiques.
- **Chapitre 5** : Science de l'eau douce pour la biodiversité aquatique et la résilience des écosystèmes.

- **Chapitre 6** : Science régionale.
- **Chapitre 7** : Recherche socioécologique et économique sur l'eau douce.
- **Chapitre 8** : Science de l'eau douce axée sur les solutions pour la mobilisation des connaissances et les outils d'aide à la décision.
- **Chapitre 9** : Besoins scientifiques principaux en matière d'eau douce.

Chaque chapitre décrit les grandes priorités scientifiques et les principaux résultats attendus en termes de connaissances grâce à leur mise en œuvre et comprend également une courte liste d'outils scientifiques qui devraient évoluer ou être renforcés afin de faire progresser la science de l'eau douce. L'annexe 1 présente les questions scientifiques spécifiques liées à ces priorités, telles qu'elles ont été identifiées par la communauté scientifique au cours du processus de consultation. Le rapport contient des encadrés qui fournissent des précisions ou mettent en évidence des exemples illustrant la manière dont les initiatives scientifiques dans le domaine de l'eau douce peuvent évoluer pour répondre à ces priorités (**Figure 1-1**).

Les priorités scientifiques en matière d'eau douce sont classées par thème, qui sont étroitement liés entre eux. Les priorités identifiées au sein d'un thème donné sont souvent étroitement liées à celles d'autres thèmes, ce qui reflète la nature intégrée et multidimensionnelle de la science de l'eau douce.

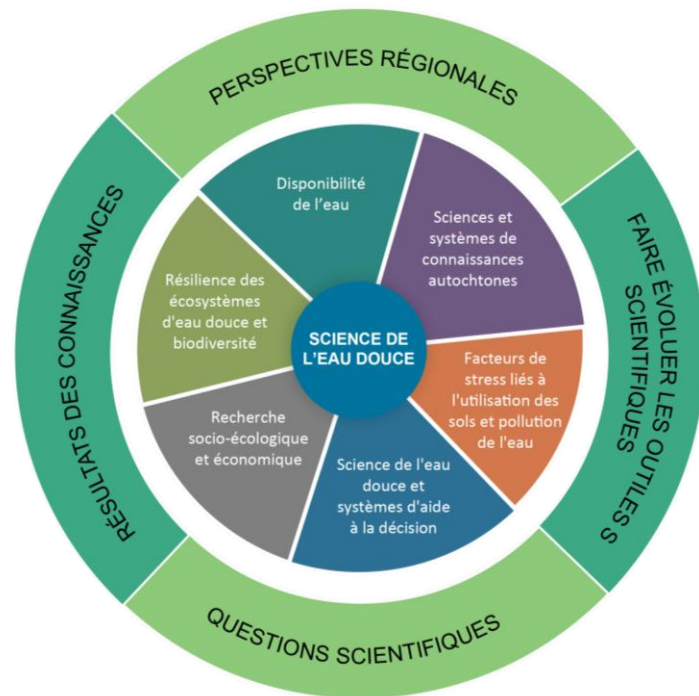


Figure 1-1: Thèmes abordés dans ce rapport.

Encadré 1.3 Principaux termes relatifs à l'eau douce utilisés dans le présent rapport

Le terme « **eau douce** » comprend les eaux de surface (ruisseaux, rivières, milieux humides et lacs), les eaux souterraines et l'eau stockée dans la cryosphère (neige, glace et glaciers). La science de l'eau douce désigne l'étude de l'ensemble du cycle hydrologique et du cycle annuel de l'eau, y compris les précipitations, le ruissellement et la fonte des glaces, l'humidité du sol, la rétention d'eau dans les réservoirs naturels et artificiels, la neige et la couverture végétale en relation avec l'évapotranspiration.

Le terme « **bassin versant ou bassin** » désigne une zone terrestre où les rivières, les lacs et les cours d'eau s'écoulent vers un même exutoire. L'alimentation et l'écoulement des eaux souterraines, ainsi que les eaux souterraines stockées dans le bassin, font partie du bassin versant, qui peut également comprendre plusieurs sous-bassins versants et affluents. Ces termes sont similaires à ceux des principaux bassins hydrographiques. Dans le présent rapport, le terme « bassin versant » est utilisé dans un sens général plutôt que pour désigner des ordres de cours d'eau spécifiques, et l'« échelle du bassin versant » peut varier selon le contexte.

Le terme « **écosystème aquatique** » réfère aux milieux d'eau douce où les organismes interagissent entre eux et avec les composants physiques et chimiques de leur environnement. Ces écosystèmes comprennent des habitats tels que les milieux humides, les rivières, les lacs et les estuaires. Les écosystèmes aquatiques englobent également les systèmes dépendants des eaux souterraines, tels que les aquifères, les formations karstiques et les zones hyporhéiques. Bien qu'ils soient liés aux milieux côtiers et marins, ces derniers ne sont pas abordés dans le présent rapport.

Le terme « **sécurité de l'approvisionnement en eau** » désigne de manière générale la disponibilité d'une quantité et d'une qualité acceptables d'eau douce pour soutenir les écosystèmes, la santé humaine et les besoins sociaux, économiques et culturels. La définition de la sécurité de l'approvisionnement en eau peut varier en fonction du contexte, des valeurs et des priorités des organisations et des individus. Les Nations Unies, par exemple, ont défini la sécurité de l'approvisionnement en eau comme « la capacité d'une population de préserver un accès durable à des quantités suffisantes d'eau de qualité acceptable pour soutenir les moyens de subsistance, le bien-être humain et le développement socioéconomique, pour assurer la protection contre la pollution de l'eau et les catastrophes liées à l'eau, et pour préserver les écosystèmes dans un climat de paix et de stabilité politique »

Le terme « **systèmes scientifiques et de connaissances autochtones** » désigne des méthodes culturellement spécifiques de production, de perfectionnement et d'application des connaissances, fondées sur la compréhension holistique profonde du monde naturel qu'ont les Premières Nations, les Inuits et les Métis. Ces connaissances ont été acquises et perfectionnées au fil des générations grâce à l'expérience vécue, à l'observation et à la pratique.

Le terme « **rapprochement** » consiste à faire connaître et comprendre la science autochtone, et à la reconnaître comme étant distincte et égale parallèlement aux approches scientifiques occidentales. Le rapprochement passe par le respect mutuel, le renforcement des relations, le rapatriement, la mobilisation et la création de possibilités d'apprentissage partagé.

Le terme « **tressage** » consiste à réunir différents modes de connaissance et d'existence. Le **tressage** des sciences autochtones et occidentales vise à obtenir une compréhension plus holistique de l'environnement tout en préservant l'intégrité de chaque système de connaissances. Le tressage s'appuie sur les principes du rapprochement et met l'accent sur la réciprocité, le renouveau, l'apprentissage mutuel et les avantages collectifs découlant des résultats scientifiques.

Le terme « **tissage** » englobe tous les éléments du rapprochement et du tressage, ainsi que l'intégration de méthodologies, de paradigmes de recherche et de visions du monde autochtones autodéterminées. Le tissage consiste à appliquer les outils et les approches scientifiques autochtones aux questions environnementales et à la gestion des espèces, conformément aux directives des nations, des gouvernements et des communautés autochtones, ainsi qu'aux instruments internationaux, tels que la *Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones*.

Le terme « **science occidentale** » désigne un système de connaissances fondé sur la méthode scientifique, qui s'appuie sur l'observation, les tests, l'expérimentation et les preuves pour expliquer et comprendre les phénomènes naturels.

2. Rapprocher, intégrer et tisser les systèmes de sciences et de connaissances autochtones

Ce chapitre reflète les contributions des détenteurs des sciences et des connaissances autochtones qui ont partagé leurs expériences et leurs points de vue au cours de l'élaboration du Programme scientifique national sur l'eau douce. Il ne représente pas les points de vue et les priorités de toutes les communautés des Premières Nations, des Inuits et des Métis, mais vise à encourager la poursuite du dialogue et de la collaboration.

Les Premières Nations, les Inuits et les Métis² entretiennent un lien indéfectible et sacré avec la terre, l'eau et tous les êtres vivants qui habitent ces espaces. Ces relations, fondées sur le respect et la réciprocité, existent depuis des temps immémoriaux. Les sciences et les connaissances autochtones sont ancrées dans la compréhension de l'interconnexion et la reconnaissance du fait que les humains font partie des écosystèmes et ont des rôles et des responsabilités qui contribuent au maintien de l'équilibre et de la protection.

L'intendance autochtone de l'eau et des terres reflète une vision holistique du monde qui met l'accent sur le partage des responsabilités et les relations réciproques entre l'humain et l'environnement. Ces enseignements sont transmis de génération en génération. Par exemple, pendant le processus de mobilisation mené dans le cadre du PSNED, les membres de la Société du Traité Maa-nulth ont décrit comment l'eau assure le bien-être biologique, spirituel et culturel de leur peuple, ainsi que des millions de plantes, d'animaux et d'autres formes de vie sur leurs territoires (hahuuli), dont ils ont la responsabilité de s'occuper et de protéger.

De nombreuses langues autochtones sont également des réservoirs de connaissances sur l'eau, contenant des termes spécialisés pour décrire les changements saisonniers, la qualité de l'eau et d'autres indicateurs de la santé des écosystèmes d'eau douce. Chaque communauté de Premières Nations, d'Inuits et de Métis ayant sa propre culture, sa propre langue, sa propre histoire, ses propres droits, ses propres lois et ses propres systèmes de gouvernance, il est essentiel de respecter et de reconnaître les différences fondées sur la distinction entre leurs intérêts, leurs priorités et leurs préoccupations dans la gestion de l'eau douce.

Les Premières Nations, les Inuits et les Métis, dont beaucoup ont toujours vécu près des rivières et des cours d'eau, sont les premiers gardiens des écosystèmes d'eau douce au Canada. Ils sont particulièrement bien placés pour continuer à exercer cette garde sur leurs territoires et pour diriger les efforts visant à restaurer les terres et les eaux affectées par le développement colonial historique et actuel. Une protection et une gestion significatives et efficaces de l'eau douce dépendent de la reconnaissance et de la promotion des droits inhérents des populations autochtones à appliquer leurs connaissances intergénérationnelles et basées sur le lieu à la gestion du paysage et de l'espace aquatique. Il s'agit notamment de reconnaître les droits sur l'eau et de garantir la participation à la gouvernance, à l'octroi de licences et à la prise de décisions concernant les eaux de surface et les eaux souterraines.

L'article 25 de la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones (DNUDPA) affirme la relation particulière que les peuples autochtones entretiennent avec l'eau. Des principes similaires figurent dans le préambule de la Loi canadienne révisée sur la protection de l'environnement de 1999, qui reconnaît le droit de chaque personne au Canada à un environnement sain. L'application de l'article 25 de la DNUDPA au Canada par le biais des lois autochtones offre une voie à suivre pour

² Dans le présent rapport, les termes « Autochtones » et « Premières Nations, Inuits et Métis » s'entendent comme incluant les Autochtones hors réserve et non inscrits.

reconnaître la souveraineté autochtone en matière d'eau et soutenir les relations et les responsabilités holistiques des peuples autochtones en matière de gestion de l'eau.

De nombreuses cultures autochtones honorent la nature vitale de l'eau et reconnaissent son lien avec tous les êtres vivants. Le fait de comprendre que la vie ne peut exister sans eau propre reflète une relation sacrée entre les femmes et l'eau. Dans de nombreuses cultures autochtones, les femmes sont traditionnellement les premières responsables de l'intendance et de l'entretien de l'eau. Ce rôle est profondément ancré dans les pratiques et protocoles culturels qui font partie de systèmes précis de connaissances autochtones, accessibles uniquement par le biais de processus locaux définis par la communauté.

Par exemple, du point de vue d'une femme métisse, l'eau « occupe une place particulière dans notre mémoire et notre sagesse collectives ».³ De même, le Sommet de l'eau 2025 de la nation Nishnawbe Aski a défini quatre principes directeurs, dont la reconnaissance du fait que « la cérémonie doit être au centre de la protection de l'eau » : les cérémonies de l'eau sont transmises et réalisées par les femmes, et ces cérémonies nous rappellent l'importance de l'eau et de la vie. La cérémonie doit être intégrée à chaque étape du parcours de l'eau.

La colonisation historique et continue a sapé la crédibilité et l'inclusion de la science et des connaissances autochtones dans les politiques en imposant des cadres juridiques et scientifiques occidentaux qui dévalorisent les systèmes de connaissances autochtones. Cette exclusion découle des structures coloniales qui ont cherché à effacer les cultures autochtones et à rompre les liens avec la terre et l'eau. En conséquence, de nombreuses politiques n'ont pas reconnu les droits des autochtones, l'autodétermination et la valeur des perspectives autochtones dans la prise de décision, malgré des preuves évidentes de leur efficacité et de leur compréhension approfondie.

La colonisation a également profondément affecté les rôles des femmes autochtones dans leurs sociétés. Elle a bouleversé les conceptions traditionnelles du genre et de l'identité et a réduit l'influence des femmes dans les sphères domestiques, familiales, politiques, spirituelles et culturelles. Ces perturbations ont affaibli les interconnexions holistiques entre les femmes autochtones et l'eau, affectant la transmission des connaissances, des pratiques et des compétences aux jeunes générations.⁴ Pour rétablir ces liens, il faut donner aux femmes et aux jeunes autochtones, ainsi qu'à d'autres groupes en quête d'équité, la possibilité de participer activement à la science, à la gestion et à la politique en matière d'eau douce. L'intégration des femmes autochtones dans les efforts de conservation de l'eau douce doit aller de pair avec la prise en compte et le démantèlement des systèmes coloniaux qui ont historiquement exclu les femmes autochtones et les populations autochtones dans leur ensemble de la prise de décision en matière d'environnement.

Les systèmes de connaissances autochtones apportent des avantages indéniables à la recherche sur l'eau douce (**Encadré 9.1**). Les termes « rapprochement », « intégration » et « tissage » décrivent des manières respectueuses de réunir différents systèmes de connaissances – la science autochtone et la science occidentale – sans diminuer l'intégrité ou les qualités uniques de l'un ou de l'autre.⁵ Le rapprochement reconnaît l'égalité de chaque système de connaissances, l'intégration favorise une compréhension plus globale et le tissage combine ces forces pour éclairer la politique, la gestion et la pratique scientifique dans le domaine de l'eau douce. Cette approche permet non seulement d'approfondir notre compréhension collective des défis liés à l'eau douce mais aussi d'élargir la base de données, de renforcer la confiance et d'accroître la légitimité de la prise de décision (**Figure 2-1**).

³ https://metiswomen.org/wp-content/uploads/2025/04/water_booklet_LFMQ.pdf

⁴ McGregor, D. *Indigenous Women, Water Justice and Zaagidowin (Love)* (en ligne). Canadian Woman Studies Les Cahiers De La Femme 30 (2-3) : 71–78, 2015. Sur Internet : <https://cws.journals.yorku.ca/index.php/cws/article/view/37455>

⁵ Bartlett, C., M. Marshall, et A. Marshall. *Two-Eyed Seeing and other lessons learned within a co-learning journey of bringing together Indigenous and mainstream knowledges and ways of knowing* (en ligne). Journal of Environmental Studies and Sciences 2 : 331–340, 2012. Sur Internet : <https://doi.org/10.1007/s13412-012-0086-8>

Les systèmes de connaissances autochtones sont fondés sur des relations profondes et interconnectées entre les populations autochtones, la terre, l'eau, la glace, la vie animale et les habitats environnants. Les perspectives fondées sur la distinction, les rôles des hommes et des femmes et le transfert intergénérationnel des connaissances sont tous des éléments essentiels et interdépendants de l'établissement de relations significatives avec les communautés des Premières Nations, des Inuits et des Métis. Ces éléments doivent être pris en compte dès le début de tout effort visant à rapprocher, intégrer ou tisser des systèmes de connaissances (**Figure 2-1**, anneau intérieur).

Lorsqu'elles sont combinées, ces approches distinctes et complémentaires peuvent soutenir des réponses plus fortes et partagées à des défis tels que les changements climatiques et la qualité de l'eau (anneau du milieu). Pour parvenir à cette intégration, il faut toutefois une collaboration consciente et soutenue qui fasse progresser les priorités scientifiques communes tout en respectant l'autodétermination, la gouvernance, la souveraineté et le renforcement des capacités (**Figure 2-1**, anneau extérieur).

Il est essentiel de noter que les concepts de rapprochement, d'intégration et de tissage ne signifient pas que les connaissances autochtones n'ont de valeur que lorsqu'elles sont intégrées à d'autres systèmes de connaissances. Le savoir autochtone constitue en soi une manière complète et valable de comprendre le monde.

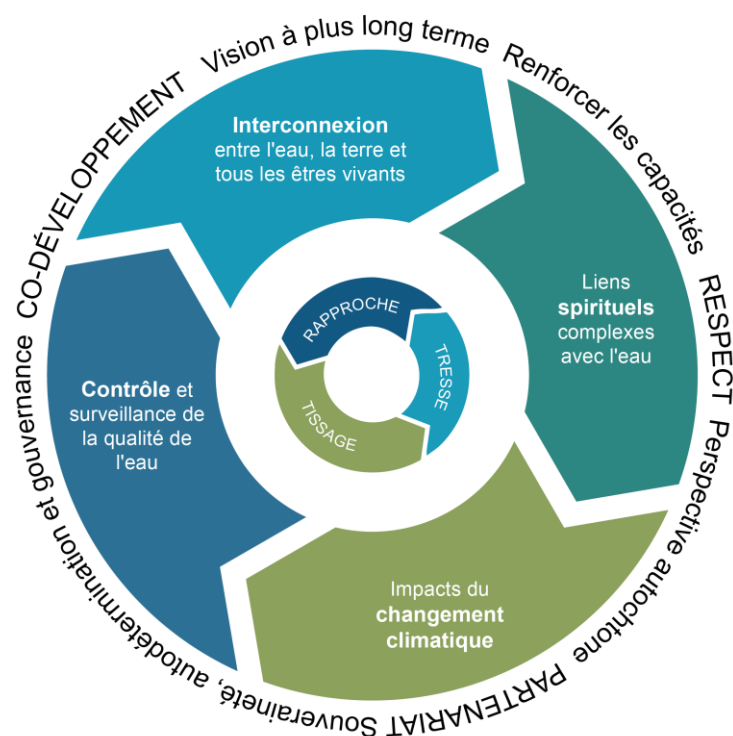


Figure 2-1: La science autochtone et les défis liés à l'eau douce au Canada.⁶

Les approches dirigées par les Autochtones et élaborées en commun, qui reflètent les contextes propres aux communautés, telles que celles utilisées pour traiter les effets cumulatifs (**Encadré 2.1**), offrent des voies efficaces pour faire progresser la conservation de l'eau douce. Ces approches produisent des

⁶ Chaulk, K., M. Ballard, S. Hill, D. Wolfrey, M. Campbell, M. Sutherland, S. Wawatie, et L. Auger. *Bridging, Braiding, and Weaving Indigenous and Western science to understand and make predictions about weather and climate change*. Ecology and Evolution, In Press, 2025. DOI:10.1002/ece3.72085.

résultats scientifiques plus significatifs et plus pertinents en intégrant des perspectives fondées sur les distinctions et le lieu.

Pour réussir à conserver l'eau douce dans le respect des droits issus des traités et conformément aux principes de la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones (DNUDPA), il faut un dialogue respectueux et continu ainsi que des mécanismes de financement souples et à long terme. Ce soutien permet une meilleure planification stratégique pour les générations futures.⁷

En fin de compte, ce travail dépend de l'établissement de véritables partenariats fondés sur le consentement libre, préalable et éclairé, soutenus par une communication ouverte, un respect mutuel et l'établissement de relations durables.

Encadré 2.1 Initiatives sur les effets cumulatifs menées par les Autochtones

Les études sur les effets cumulatifs sont de plus en plus courantes au Canada, reflétant les valeurs des systèmes de connaissances autochtones et le leadership des sciences autochtones. Guidées par une vision dans laquelle les peuples autochtones ont la capacité et l'autorité d'évaluer, de surveiller et de gérer les effets cumulatifs qui se produisent dans leurs eaux, leurs terres et leurs communautés, des organisations telles que le Centre autochtone sur les effets cumulatifs ([ICCE – CAEC](#)) dirigent ce travail. La mission du CAEC est de créer, élaborer et partager des connaissances qui renforcent les approches communautaires.

Ces approches permettent une évaluation, un suivi et une gestion des effets cumulatifs culturellement pertinents, qui soutiennent le bien-être des Autochtones et éclairent la prise de décision. Les principes directeurs du CAEC comprennent Etuaptmunk (double perspective)*, qui enseigne l'importance de voir le monde à travers les points forts des connaissances et des modes de savoir autochtones, et les points forts des systèmes de sciences et de connaissances occidentaux.

* Bartlett, Marshall et Marshall, 2012.

Une inclusion significative contribue à renforcer les capacités grâce à des occasions de perfectionnement professionnel et de formation, bien que les besoins varient considérablement d'une communauté à l'autre (McGregor et al., 2023). Les possibilités de recherche élaborées dans le cadre d'un partenariat égal entre les populations autochtones et les chercheurs⁸ doivent refléter l'interconnexion des systèmes d'eau douce avec d'autres habitats, ainsi que les relations spirituelles complexes qui déterminent les effets cumulés des changements climatiques, de la perte de biodiversité et de la pollution.

Les approches d'intégration des systèmes de connaissances élaborées conjointement, notamment l'élaboration conjointe des connaissances décrites dans la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable et abordées dans la [Synthèse de la science de l'eau douce au Canada](#), démontrent la valeur de la collaboration entre les scientifiques et détenteurs de connaissances autochtones ainsi que les chercheurs formés à l'occidentale dès le début d'un projet. La collaboration à la conception, à la mise en œuvre et à l'évaluation de la recherche renforce à la fois la science et sa pertinence pour les communautés.

⁷ McGregor, D., N., Latulippe, R. Whitlow, K. L. Gansworth, L. McGregor et S. Allen. *Towards Meaningful Research and Engagement: Indigenous Knowledge Systems and Great Lakes Governance* (en ligne). Journal of Great Lakes Research 49 : 22–31, 2023. Sur Internet : <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2023.02.009>

⁸ Il convient de noter que, selon certaines estimations, la représentation autochtone dans les domaines des STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) est inférieure à 1 % et que les femmes autochtones représentent moins de 0,1 % de l'ensemble des étudiants inscrits dans les domaines des STIM.

À l'avenir, le respect et l'établissement de relations de travail significatives et à long terme entre les partenaires autochtones et non autochtones constitueront une première étape essentielle pour faire progresser une science de l'eau douce inclusive et efficace.

2.1 Priorités scientifiques autochtones

💧 Science de l'eau douce dirigée et élaborée conjointement avec les Autochtones

La science autochtone est fondée sur des systèmes de connaissances qui mettent l'accent sur une compréhension holistique, relationnelle, réciproque, respectueuse et communautaire de l'environnement, transmise de génération en génération. En revanche, la science occidentale s'appuie souvent sur l'expérimentation et des méthodes réductionnistes pour expliquer les phénomènes naturels. Parce que l'eau traverse les frontières et les administrations, elle exige des approches innovantes qui intègrent divers systèmes de connaissances et reconnaissent les intérêts divergents des différents utilisateurs de l'eau.

Une gestion efficace de l'eau douce au Canada nécessite une approche globale de la gouvernance de l'eau. Cela dépend à son tour de la recherche scientifique menée et élaborée conjointement par les Autochtones, qui informe les politiques et les réglementations en matière d'eau douce tout en reconnaissant, en respectant et en faisant respecter les lois, les droits et les compétences des Autochtones.

💧 Tout est interrelié – la science holistique de l'eau douce

Les systèmes de sciences et de connaissances autochtones reposent sur l'idée que les êtres humains font partie des écosystèmes et doivent vivre en équilibre avec la terre, l'eau, la glace et l'air (**Encadré 9.1**, « Respecter les peuples autochtones en tant que scientifiques »). Par exemple, les recherches sur les systèmes alimentaires autochtones montrent systématiquement que lorsque la terre et l'eau ne sont pas saines, les communautés qui en dépendent ne peuvent pas l'être non plus.

Le rapprochement, l'intégration et le tissage des sciences autochtones et occidentales nécessitent la participation de penseurs holistiques qui se concentrent sur les résultats généraux de l'intendance de l'eau douce, tels que la revitalisation du système alimentaire, et qui reconnaissent les nombreuses façons dont l'eau est utilisée et appréciée.

💧 L'eau, c'est la vie – garantir l'équité dans la science de l'eau douce

Les femmes autochtones jouent un rôle unique et sacré dans la protection de l'eau. La colonisation a perturbé ce rôle, limitant la capacité des femmes autochtones à transmettre les connaissances traditionnelles à leurs enfants et à assurer leur subsistance quotidienne, en particulier dans les communautés dotées de structures de direction matrilineaires.

Il est essentiel d'intégrer l'égalité des sexes dans la science de l'eau douce en tenant compte des besoins et des perspectives distinctes des femmes autochtones dans les politiques, les programmes et les décisions de financement. La création d'espaces inclusifs qui accueillent également des personnes bispirituelles (2S) et des personnes de genres divers renforcera la diversité et l'inclusivité de la science et de la gouvernance de l'eau douce.

💧 Application conjointe généralisée des sciences autochtones dans tous les bassins hydrographiques

Actuellement, le rapprochement, l'intégration et le tissage des sciences autochtones et occidentales au Canada se produisent principalement dans les régions du Pacifique et du Nord et sont souvent axés sur les pêcheries, comme la pêche au corégone et au saumon. L'expansion de ce travail dans toutes les régions est l'un des défis les plus importants pour l'avenir. De nombreuses masses d'eau et voies navigables, en particulier dans les régions éloignées, sont importantes sur le plan écologique, mais

restent sous-étudiées et sous-financées, avec des ressources limitées pour soutenir l'établissement de relations avec les communautés autochtones locales.

Pour y remédier, un soutien accru est nécessaire pour assurer la continuité, la coordination et le renforcement des capacités pour les initiatives de recherche adaptées au milieu menées par les Autochtones. Toute recherche comportant des connaissances autochtones ou des données cogénérées doit être gérée avec respect, conformément aux attentes de la communauté en matière de souveraineté des données. Il s'agit notamment d'adhérer aux cadres de souveraineté des données élaborés localement, tels que les boîtes à outils MÂMAWI-ATOSKÎWIN « intégrant les protocoles culturels » créées par [Ärramät | Conservation dirigée par les Autochtones et relations avec la biodiversité](#), et d'autres cadres existants sur la souveraineté des données autochtones, comme les principes [PCAP®](#) des Premières Nations, la [Politique sur l'Inuit Nunangat](#) et les [Principes de recherche éthique sur les Métis](#).

3. La disponibilité en eau

Les changements climatiques modifient profondément les systèmes d'eau douce au Canada. En effet, la hausse des températures modifie le régime d'enneigement, l'accumulation de neige et le calendrier de la fonte des neiges et des cycles de gel et de dégel dans les régions froides, ce qui entraîne une diminution de la disponibilité en eau au printemps. Parallèlement, des phénomènes hydroclimatiques extrêmes plus fréquents et plus graves – tels que des précipitations intenses, des inondations et des sécheresses – dégradent la qualité de l'eau et réduisent la sécurité de l'approvisionnement en eau dans de nombreuses régions. Le réchauffement des températures entraîne également une diminution de la cryosphère au Canada,⁹ ce qui se traduit par une couche de neige moins épaisse, un raccourcissement de la saison des glaces sur les lacs et les rivières, un retrait des glaciers et une dégradation du pergélisol. Ces changements remodelent le cycle hydrologique et la répartition spatiale et temporelle des eaux de surface (cours d'eau, lacs et milieux humides) et des eaux souterraines partout au Canada.¹⁰

[Science du climat 2050](#) souligne le besoin urgent de mieux comprendre comment les changements climatiques affectent les systèmes d'eau douce. Les changements de température et dans les niveaux de précipitations continueront à influencer la quantité et la qualité de l'eau, ce qui aura des conséquences importantes sur l'approvisionnement en eau douce au Canada. Non seulement ces changements menacent la disponibilité et la sécurité de l'eau dont disposent les humains, mais ils posent également des risques importants pour la santé, l'intégrité et la résilience des écosystèmes d'eau douce et de la biodiversité aquatique.

À l'avenir, la science des eaux douces devra donc tenir compte de l'état et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques dans divers scénarios climatiques plausibles. Cette compréhension sera essentielle pour élaborer des approches à court et à long terme en matière d'intendance de l'eau douce et d'adaptation. En raison des liens étroits qui existent entre l'eau douce et le climat, les priorités scientifiques recensées dans le présent document devraient progresser en parallèle avec les priorités scientifiques relatives au lien entre l'eau et le climat décrites au Chapitre 5 Thèmes de recherche de convergence [Science du climat 2050 : Rapport sur les priorités nationales en matière de science et de savoir sur les changements climatiques - Canada.ca](#). L'engagement de la communauté scientifique des eaux douces a permis de cerner plusieurs priorités particulières pour ce thème. Bien qu'elles soient présentées sous le thème de la disponibilité de l'eau et sécurité de l'approvisionnement en eau, ces priorités sont étroitement liées aux thèmes explorés dans les chapitres suivants du présent rapport. À cet effet, les questions scientifiques spécifiques liées à ces priorités figurent à l'annexe 1.

3.1 Priorités scientifiques

♦ Quantifier les répercussions de la perte de la cryosphère (taux et étendue) sur les ressources en eau douce

Il est essentiel d'approfondir les connaissances sur le rétrécissement rapide de la cryosphère au Canada pour en comprendre les conséquences sur la quantité et la qualité de l'eau douce ainsi que sur la biodiversité aquatique. Ces connaissances concernent notamment la dégradation du pergélisol, la fonte et la disparition des glaciers, l'évolution du manteau neigeux et l'amincissement de la glace de lac et de rivière. La recherche devrait se concentrer sur la quantification et la prédiction des effets suivants :

⁹ La cryosphère désigne les endroits où l'eau se trouve à l'état solide. Cela comprend toutes les formes de glace, telles que la neige, les calottes glaciaires, les glaciers, le pergélisol, la glace de mer, la glace lacustre et la glace fluviale.

¹⁰ Une grande partie de la recherche et du développement liés à la science de l'hydroclimat, ainsi que les données sur l'eau douce et le climat et les outils de prévision, sont déjà pris en compte dans les initiatives existantes en matière de changement climatique et de planification des sciences météorologiques. Par conséquent, ces domaines ne sont pas inclus dans le champ d'application du présent rapport. Voir [Climate Science 2050](#) et le [Centre canadien de services climatiques](#).

- Fonte du pergélisol sur la quantité et qualité des eaux de surface et des eaux souterraines.
- Le lessivage des sites d'enfouissement et des sites contaminés situés dans les régions à pergélisol vulnérables.
- Le réchauffement continu et la réduction du ruissellement attribuable à la fonte des neiges et des glaciers ont des répercussions sur le stockage de l'eau douce, la température de l'eau et des effets connexes sur la production agricole, l'approvisionnement en eau municipale, la production d'hydroélectricité et l'alimentation en eau souterraine.

Il est également important d'évaluer les changements futurs à la durée de la couverture des glaces des lacs et des rivières, à leur épaisseur, de même qu'à leur incidence sur l'érosion du littoral, la température de l'eau et les taux d'évaporation des eaux libres. Ces facteurs ont une influence directe sur la quantité et la qualité de l'eau, ainsi que sur la santé des écosystèmes aquatiques.

💧 **Prévoir les changements de la disponibilité saisonnière de l'eau douce**

À l'avenir, les approvisionnements en eau douce, les bilans hydriques et la chimie de l'eau doivent être quantifiés à l'échelle des saisons et des bassins versants. On s'attend à ce que l'évolution du manteau neigeux, la fonte précoce des neiges, la perte de glace de glaciers, les précipitations supérieures aux chutes de neige et l'augmentation de l'évapotranspiration entraînent des changements importants. Les fortes précipitations, désormais plus fréquentes au printemps, en été et en automne – même pendant les sécheresses – peuvent encore entraîner des pénuries d'eau à l'échelle locale, même dans les endroits où les quantités de précipitations totales sont plus importantes.

Ces changements saisonniers influencent le fonctionnement et l'intégrité de l'écosystème aquatique, en particulier par leur incidence sur les débits environnementaux dont dépendent les espèces aquatiques et leurs habitats. Il est impossible de comprendre les répercussions qu'aura la « perte de l'hiver » sur le cycle hydrologique, notamment en ce qui a trait à la variabilité pluriannuelle et saisonnière des eaux de surface et des eaux souterraines. Il sera ainsi possible d'améliorer les prévisions intégrées de la qualité et de la quantité de l'eau. Ces informations appuieront l'élaboration de pratiques de gestion qui seront bénéfiques pour les secteurs urbain, industriel, forestier et agricole.

La capacité de prévoir les changements de la disponibilité saisonnière de l'eau douce est également primordiale. En effet, elle permet de maintenir les débits environnementaux qui soutiennent les écosystèmes aquatiques et les espèces de poissons, en particulier les refuges d'eau douce et en eau froide, dont ils dépendent pendant les périodes de sécheresse et de chaleur estivale.

Il est également important d'inclure la science autochtone et de reconnaître que les détenteurs du savoir autochtone peuvent posséder des connaissances uniques sur les sources d'eau et la variabilité saisonnière.

💧 **Prévoir les changements de régime d'eau douce**

Les scientifiques doivent déterminer, à l'échelle mondiale et régionale, les seuils de température de l'air qui entraînent des changements de régime dans les systèmes d'eau douce. Ces changements sont notamment les suivants :

- Changements irréversibles de la chimie de l'eau douce dans les cours d'eau du Nord.
- Modifications permanentes des régimes de débit des cours d'eau qui affectent la disponibilité saisonnière de l'eau.
- Modifications des écosystèmes aquatiques, telles que des changements de l'état trophique des lacs.

Les changements liés à la température des systèmes d'eau douce restent mal caractérisés, bien que la température soit un facteur qui influence grandement les processus chimiques et biologiques aquatiques, de même que la stratification et le mélange des lacs. Certains changements de régime sont peut-être

déjà en cours, comme le recul des glaciers de montagne et les modifications des régimes de débit des cours d'eau qui en découlent.

Il est essentiel d'identifier les processus dominants dans le bassin versant (p. ex. la production du ruissellement, l'alimentation en eau souterraine) et les fonctions (p. ex. la dynamique source-puits des nutriments ou des produits chimiques) qui contrôlent la disponibilité et la qualité de l'eau douce. Ces processus doivent être intégrés aux modèles hydroclimatiques et de qualité de l'eau pour protéger la santé publique et orienter la planification de la répartition de l'eau. Pour la planification à long terme, il faut modéliser et projeter ces processus et ces fonctions sur des échelles de temps décennales pour orienter l'efficacité de la gestion de l'eau douce et des stratégies d'adaptation.

Encadré 3.1 Ressources en eau souterraine

Comme les eaux de surface, les eaux souterraines sont vulnérables à la contamination, à la surexploitation et aux répercussions des changements climatiques. Elles constituent la principale source d'eau pour de nombreuses collectivités et industries, et elles soutiennent la production agricole dans une grande partie du Canada. Les eaux souterraines jouent également un rôle essentiel dans le maintien du débit des eaux de surface pendant les périodes d'étiage.

Malgré leur importance, l'information sur les eaux souterraines au Canada demeure limitée. On constate notamment des lacunes dans les données sur l'étendue spatiale des aquifères, les taux de recharge et de décharge ainsi que sur la qualité des eaux souterraines. L'absence d'une cartographie complète de l'emplacement et des caractéristiques des aquifères rend difficiles la surveillance et l'évaluation efficaces des conditions et des tendances des eaux souterraines ainsi que la production de rapports sur ces questions.

Dans de nombreuses régions, la surveillance et la modélisation des eaux de surface et des eaux souterraines ne sont pas bien intégrées, ce qui réduit la capacité de gestion de la demande et de l'utilisation durable de l'eau à l'intérieur d'un bassin versant. Une coordination scientifique élargie et l'établissement de pratiques normalisées de collecte de données et de production de rapports sur les eaux de surface et les eaux souterraines améliorerait grandement les connaissances et favoriseraient une gestion plus intégrée et durable de l'eau douce.

♦ **Caractérisation de la vulnérabilité des eaux souterraines et élaboration d'outils intégrés de prévision des eaux de surface et des eaux souterraines**

L'élargissement de la surveillance et de l'évaluation des réserves d'eaux souterraines et de la qualité de l'eau au Canada est nécessaire à la gestion durable des ressources en eau douce. Ce travail doit permettre de concilier les demandes en eau des municipalités, de l'agriculture et de l'industrie, ainsi que les besoins d'assèchement pour la construction et l'extraction des ressources. À l'heure actuelle, on connaît mal les effets combinés du changement climatique et de l'utilisation de l'eau par l'homme sur les ressources en eaux souterraines, ou la manière dont les eaux de surface et les eaux souterraines interagissent et se compensent mutuellement en cas de sécheresse.

Il est particulièrement essentiel de combler ces lacunes en matière de connaissances dans les régions où l'approvisionnement en eau douce dépend principalement des eaux souterraines. Les chercheurs doivent évaluer l'incidence des changements climatiques sur les débits de recharge et de décharge des aquifères, puisque ceux-ci influent à leur tour sur la disponibilité de l'eau en surface et près de la surface. Dans le cas des aquifères déconnectés des eaux de surface ou qui se rechargent lentement, il est essentiel de quantifier les taux de prélèvement durables pour prévenir la surexploitation.

La surveillance de la qualité des eaux souterraines est également essentielle, en particulier dans les zones où l'approvisionnement en eau potable et la production de nourriture dépendent des eaux souterraines, de même que dans les régions côtières exposées à des risques d'intrusion saline. Les études devraient examiner divers scénarios liés au climat et à la demande en eau afin d'orienter la gestion durable des eaux souterraines à l'échelle des bassins versants et des aquifères transfrontaliers. Ces travaux doivent être appuyés par des études hydrologiques de référence (p. ex., conditions hydrogéologiques, dynamique des aquifères), lesquelles pourraient contribuer à l'élaboration de modèles intégrés des eaux de surface et des eaux souterraines.

💧 **Comprendre la vulnérabilité de la qualité de l'eau et de la santé des écosystèmes aux extrêmes hydroclimatiques**

Des recherches sont nécessaires pour évaluer l'incidence d'une hausse de la fréquence et de l'intensité des inondations et des sécheresses, selon différents scénarios climatiques, sur la qualité de l'eau douce. Cela comprend l'évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques aux inondations et aux sécheresses, de même que l'étude de l'incidence de ces extrêmes sur les fonctions écosystémiques, la biodiversité et la prestation de services écosystémiques.

Les scientifiques doivent déterminer de quelle manière les sécheresses et la rareté de l'eau douce influent sur la qualité de l'eau et la biodiversité, ainsi que sur les services écosystémiques qui en dépendent. La hausse de la température de l'eau a aussi une incidence sur la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes aquatiques, indépendamment des variations de la quantité d'eau dans le bassin versant. En outre, d'autres recherches sont nécessaires pour comprendre de quelle manière les incendies de forêt graves – particulièrement en terrain escarpé – influent sur la gravité des crues soudaines par l'entremise de la formation de sols hydrophobes, de même que les répercussions de ces crues sur la qualité de l'eau.

💧 **Comprendre la vulnérabilité des infrastructures hydrauliques aux conditions climatiques extrêmes**

Un climat plus chaud causera des vagues de chaleur et des sécheresses plus intenses, augmentera la température de l'eau et modifiera les régimes de précipitations (p. ex., épisodes de pluie sur neige), entraînant des inondations plus fréquentes et plus graves. Afin de prévoir et d'atténuer les risques pour les infrastructures hydrauliques, y compris les réseaux d'eau potable, il est essentiel de mieux comprendre les effets des inondations.

Ces dernières peuvent faire en sorte de submerger les infrastructures municipales de gestion de l'eau en raison de débordements d'égouts ou de ruptures de digues et de barrages, entraînant ainsi l'inondation des terres et un ruissellement agricole qui posent des risques pour la santé publique. Les systèmes qui dépendent des eaux souterraines, comme les puits privés, les systèmes d'approvisionnement municipaux qui puisent dans les eaux souterraines et les infrastructures hydrauliques dans le Nord, sont confrontés à des vulnérabilités uniques face à ces conditions changeantes. Pour relever ces défis, il est nécessaire d'évaluer les risques et de planifier en vue de renforcer la résilience.

La recherche sur ce sujet aidera également à estimer les coûts et les avantages économiques (dont les coûts évités) de l'entretien et de la mise à niveau des infrastructures d'approvisionnement en eau afin d'en améliorer la résilience dans le contexte d'un climat changeant.

💧 **Comprendre les interventions et les activités humaines comme faisant partie du cycle hydrologique**

Les activités et interventions humaines, comme les barrages, les détournements de cours d'eau, le drainage des milieux humides, l'agriculture, la foresterie et l'utilisation de l'eau par l'industrie et les municipalités, sont étroitement liées au cycle hydrologique. Ces activités influent sur la disponibilité, le débit et la qualité de l'eau douce, sur la santé et la résilience des écosystèmes aquatiques, de même que sur les fonctions et services écosystémiques.

Les milieux humides jouent un rôle crucial dans le stockage de l'eau et l'atténuation des sécheresses, ce qui en fait un élément central de la conservation de l'eau pour les besoins humains et écologiques. Approfondir les connaissances scientifiques sur les eaux douces dans les milieux humides permettra de mieux comprendre leur rôle dans le cycle hydrologique et de soutenir des pratiques de gestion plus efficaces.

Les changements climatiques amplifient les effets des interventions humaines, influençant à la fois la quantité d'eau douce disponible et la qualité de celle-ci. Il est donc essentiel de prioriser la collecte et l'interprétation de données multisectorielles sur l'utilisation de l'eau. Même lorsque les données sont disponibles, des lacunes demeurent lorsqu'il s'agit de comprendre la manière dont les politiques d'affectation des ressources en eau, les décisions relatives à l'utilisation des terres, l'exploitation des réservoirs et les transferts d'eau en vrac devront s'ajuster aux changements climatiques, ainsi que la manière dont ces changements influenceront sur le cycle hydrologique.

Les décisions relatives à l'utilisation des terres (voir le chapitre 4) et les interventions qui modifient les régimes d'écoulement naturels et les débits environnementaux (voir le chapitre 5) intersectent les mesures d'adaptation aux changements climatiques, et l'ensemble façonne la disponibilité et la chimie de l'eau à l'avenir. Une meilleure compréhension de ces dynamiques interreliées, qui englobent l'utilisation des terres, le climat et la gestion de l'eau par les humains, orientera la conception et l'exploitation d'infrastructures hydrauliques durables, de même que les investissements dans de telles infrastructures.

Les nouvelles technologies d'économie, de stockage, de conservation et de traitement de l'eau créent de nouvelles possibilités d'amélioration de la gestion de l'eau, en particulier en ce qui concerne l'irrigation. Les innovations qui visent à résoudre les problèmes liés aux fluctuations de la disponibilité de l'eau, à la sécheresse et à la variabilité de la demande peuvent améliorer la conservation et la capacité de stockage. De nouvelles technologies de stockage et de recyclage de l'eau sont mises au point dans les secteurs industriels, les collectivités et les résidences. Comprendre l'emplacement, l'envergure et le moment de ces activités permettra d'améliorer les modèles hydrologiques à l'échelle des bassins versants et d'orienter la manière de coordonner et de mettre en application les technologies de gestion de l'eau pour qu'elles soient le plus efficaces possible.

3.2 Résultats en matière de connaissances

Si les priorités susmentionnées sont mises en œuvre, les résultats possibles auxquels on peut s'attendre sont notamment les suivants :

- Meilleure compréhension des changements de régime découlant des futures augmentations de température et modifications de la cryosphère sur la quantité et la qualité de l'eau douce ainsi que sur les écosystèmes aquatiques. Ces connaissances aideront à orienter l'évaluation des risques et à appuyer l'élaboration d'initiatives intégrées de surveillance et de modélisation hydroclimatiques.
- Meilleures connaissances intégrées sur les plages de variation et les probabilités associées des futurs bilans hydriques et des futures conditions chimiques de l'eau, afin d'orienter la répartition efficace, la planification et l'évaluation de l'eau ainsi que la conception d'infrastructures qui soutiennent les pratiques de gestion durable de l'eau.
- Amélioration de la capacité à prévoir les résultats des stratégies d'adaptation aux changements climatiques quant à la gestion de l'eau, afin de mieux comprendre les avantages et compromis en matière d'intendance de l'eau douce et d'adaptation, particulièrement dans le contexte de l'évolution de l'offre et de la demande en eau douce.

3.3 Faire progresser les outils scientifiques

Afin de renforcer la capacité du Canada à comprendre, à prévoir et à gérer la disponibilité de l'eau, les outils et approches scientifiques suivants devraient être mis de l'avant :

- **Données** : Des données plus détaillées sur l'utilisation de l'eau, tant l'eau de surface que l'eau souterraine, sont essentielles pour comprendre et gérer la disponibilité de l'eau et la sécurité de l'approvisionnement en eau. Il est tout aussi important d'étendre la surveillance à long terme de la quantité et de la qualité de l'eau, à la fois dans les milieux sensibles et dans ceux touchés par l'activité humaine, afin de détecter les changements au fil du temps et d'évaluer les effets des mesures d'atténuation. La surveillance devrait prioriser les zones où l'intervention humaine est importante, avec l'appui de technologies modernisées, tout en augmentant la couverture dans les milieux sensibles, comme les milieux humides, les cours d'eau d'amont et les bassins versants non perturbés, afin de consigner les conditions de référence et de déceler les changements écologiques précoces.

Des renseignements sur les règles d'exploitation des réservoirs, y compris les débits et le moment des interventions, sont également nécessaires pour tenir compte avec exactitude de l'influence humaine dans l'estimation des bilans hydriques et de la disponibilité de l'eau. Il est essentiel d'avoir des protocoles de données normalisés pour pouvoir intégrer les systèmes nationaux et régionaux aux modèles écosystémiques en ce qui a trait aux conditions hydroclimatiques, à la qualité de l'eau ainsi qu'à la surveillance et à la modélisation des eaux souterraines. La cartographie et la caractérisation approfondies des aquifères sont nécessaires pour appuyer la modélisation et la production de rapports sur la disponibilité des eaux souterraines. Comme la neige joue un rôle important dans les bilans hydriques au Canada, il faut mettre davantage l'accent sur l'utilisation de produits de données qui concernent la neige (p. ex., équivalent en eau de la neige, densité et étendue du couvert de neige) pour comprendre la perte de neige selon différents scénarios climatiques.

- **Surveillance, modélisation et analyse intégrées** : Évoluer vers des programmes de surveillance, de modélisation et de recherche mieux intégrés et multi-échelles sur le climat, l'hydrologie et la qualité de l'eau, englobant à la fois les systèmes d'eaux souterraines et d'eaux de surface. Cette intégration devrait appuyer l'élaboration d'indices sur l'eau douce qui en décriraient la disponibilité, l'offre et la demande. Il est également nécessaire de relier les systèmes de prévision et de surveillance des eaux de surface et des eaux souterraines, et de créer des outils qui évaluent la manière dont les changements dans la cryosphère influent sur la qualité et la disponibilité de l'eau douce. Étendre ces projections hydroclimatiques et écosystémiques de part et d'autre de la frontière canado-américaine est essentiel pour dresser un portrait transfrontalier complet.
- **Évaluation de la vulnérabilité des infrastructures** : Accorder la priorité à l'évaluation de la vulnérabilité des infrastructures hydrauliques (production hydroélectrique, réseaux municipaux d'approvisionnement en eau, puits, etc.) en fonction des scénarios futurs de sécheresse ou de conditions météorologiques extrêmes.
- **Systèmes de prévision à échelles multiples** : Mettre en service des plateformes de modélisation qui tirent parti des systèmes informatiques à haut rendement pour produire des simulations sur des périodes quotidiennes, mensuelles, saisonnières, annuelles et pluriannuelles dans le cadre des systèmes intégrés de prévision relative aux eaux de surface et aux eaux souterraines à l'échelle des bassins versants locaux et continentaux. Ces plateformes de modélisation constituent la base pour l'amélioration des systèmes d'alerte précoce afin de déceler les changements brusques dans la quantité et la qualité de l'eau par suite de phénomènes météorologiques extrêmes.
- **Intégration des technologies de surveillance** : Combiner les innovations dans les systèmes de capteurs, les systèmes de télédétection par satellite et engin télépiloté ainsi que la surveillance sur

place et en temps réel, y compris les programmes de surveillance communautaire, de manière à accroître la résolution spatiale et temporelle des données sur la quantité et la qualité de l'eau dans l'ensemble du vaste territoire canadien et, ainsi, à améliorer la réponse en temps opportun et à soutenir la planification à long terme. Tirer parti de l'intelligence artificielle fondée sur les données ainsi que de l'apprentissage automatique peut aider à synthétiser des ensembles diversifiés de données de surveillance, à saisir des interactions complexes et à améliorer la détection des anomalies, la modélisation prédictive et la prévision à long terme de la quantité et de la qualité de l'eau.

4. Facteurs de stress liés à l'utilisation des terres et pollution de l'eau

Les activités humaines, comme les aménagements municipaux, l'agriculture, l'industrie et l'extraction des ressources, combinées à l'utilisation et à la dégradation des terres, ont une incidence importante sur la quantité et la qualité de l'eau douce, ainsi que sur les écosystèmes aquatiques et la biodiversité. Bien que de nombreuses pratiques de gestion, mesures de conservation et mesures correctives aient été mises en œuvre, il subsiste des lacunes importantes en matière de science et de connaissances concernant leur efficacité et les effets cumulés de l'aménagement du territoire et des rejets de contaminants.

Les modifications dans l'utilisation et la couverture des terres qui affectent les systèmes d'eau douce sont également amplifiées par les changements climatiques. Toutefois, il reste encore difficile de comprendre par quels processus et dans quelle mesure les changements de température et de précipitations affectent la qualité et la disponibilité des ressources en eau douce. Comme nous l'avons vu au chapitre 3, les interventions humaines sur le système hydrologique (dérivations, barrages et pompes d'eaux souterraines) viennent complexifier davantage les pressions biochimiques que l'utilisation des terres exerce sur la qualité de l'eau, pressions qui ne sont pas encore entièrement prises en compte dans les dispositifs de surveillance et de modélisation.

La communauté scientifique des eaux douces a établi les priorités scientifiques ci-dessous pour mieux comprendre l'incidence de l'utilisation des terres sur les systèmes d'eau douce. Bien que présentées sous le thème des facteurs de stress liés à l'utilisation des terres et de la pollution de l'eau, ces priorités recoupent également plusieurs thèmes abordés dans d'autres chapitres du rapport. Les questions scientifiques spécifiques liées à ces priorités figurent à l'annexe 1.

4.1 Priorités scientifiques

💧 Évaluer les pratiques de gestion bénéfiques et les stratégies d'atténuation

L'intensification des activités agricoles et de l'utilisation de l'eau qui y est associée, combinée à la sylviculture, au drainage des zones humides, à l'aménagement des plaines inondables et à la modification des cours d'eau à des fins d'irrigation et de drainage, continue d'affecter la qualité de l'eau douce et de contribuer à l'eutrophisation et à la sédimentation. L'intégration, la gestion et l'évaluation continues des pratiques de gestion bénéfiques sont essentielles pour atténuer les répercussions de l'utilisation des terres à des fins agricoles, forestières, urbaines et industrielles sur la qualité de l'eau douce et l'habitat des poissons.

Des recherches sont nécessaires pour mieux comprendre la dynamique géochimique saisonnière des nutriments (p. ex., le carbone, l'azote et le phosphore) et des contaminants (le chlorure, les métaux, etc.) et la manière dont ils se déplacent entre les systèmes d'eaux souterraines et d'eaux de surface. Le fait de comprendre ce phénomène permettra d'affiner les pratiques de gestion. Au-delà de l'incidence géochimique, il est tout aussi important de comprendre les répercussions physiques de l'exploitation forestière et l'efficacité des pratiques de gestion bénéfiques pour les éviter ou les atténuer. Les activités, telles que la récolte sur des pentes raides et instables, la construction de routes forestières et l'exploitation forestière dans les zones riveraines, contribuent également à la sédimentation qui affecte la géomorphologie des cours d'eau, la qualité de l'eau et l'habitat aquatique.

Étant donné que les conditions climatiques et paysagères varient d'un bout à l'autre du Canada, il est nécessaire d'élaborer des modèles d'utilisation des terres spécifiques aux bassins hydrographiques dans le cadre de différents scénarios climatiques et de pratiques de gestion bénéfiques, en particulier dans les

régions où l'utilisation des terres est intensive. Ces modèles permettront d'affiner les pratiques de gestion bénéfiques afin de garantir leur efficacité et leur adaptabilité dans les conditions climatiques futures.

💧 **Évaluer la composition, le devenir et la transformation des eaux usées, des eaux de ruissellement et des lixiviats des sites d'enfouissement**

Les eaux de ruissellement et les effluents provenant de sources municipales, industrielles, minières, agricoles et de sites d'enfouissement contiennent des mélanges complexes de contaminants chimiques et biologiques, notamment des virus, des bactéries, des micropolluants, des produits pharmaceutiques, des pesticides, des plastiques, des nutriments et d'autres composés inconnus. Bien que la plupart des eaux usées soient traitées avant d'être rejetées, des phénomènes météorologiques extrêmes, comme de fortes pluies ou des inondations peuvent surcharger les systèmes de traitement, permettant ainsi aux effluents non traités et aux eaux de ruissellement de pénétrer dans les eaux de surface et les eaux souterraines. Ces événements augmentent les risques pour la qualité de l'eau douce, la santé humaine et les écosystèmes aquatiques.

Les contaminants persistants et mobiles qui résistent au traitement dans des conditions normales posent des problèmes supplémentaires. La compréhension des propriétés, du devenir et de la transformation de ces mélanges chimiques et biologiques dans les systèmes d'eau de surface et d'eau souterraine reste une lacune scientifique importante.

Les programmes de surveillance doivent mieux saisir la qualité de l'eau de référence et les tendances à long terme, en particulier en ce qui concerne les précipitations extrêmes, les pratiques de gestion des eaux usées et la mise en œuvre des pratiques de gestion bénéfiques. À mesure que les collectivités nordiques se développent, il est également essentiel de caractériser le ruissellement et les lixiviats dans les systèmes aquatiques nordiques vulnérables, en particulier ceux qui reposent sur le pergélisol ou qui dépendent de l'approvisionnement en eau de surface.

Les progrès de l'analyse non ciblée fournissent des outils précieux pour combler ces lacunes. La mise au point de méthodes non ciblées pour mesurer les compositions chimiques complexes et les produits de dégradation, combinée à des évaluations des effets au niveau de l'organisme (p. ex., études in vitro, in vivo et multigénérationnelles), renforcera l'évaluation des risques. Il est également essentiel de comprendre de quelle manière les eaux souterraines interagissent avec les matériaux géologiques et de quelle façon le temps de séjour influe sur le devenir des contaminants pour évaluer les risques à long terme pour la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes.

💧 **Comprendre les facteurs de stress multiples et les effets cumulatifs**

Les écosystèmes d'eau douce sont exposés à de multiples facteurs de stress qui varient selon l'espace et le temps. Il s'agit notamment de la pollution de sources ponctuelles et diffuses provenant des eaux usées municipales, des fosses septiques privées, des sites d'enfouissement, de l'agriculture, de l'exploitation forestière, de la production de pâte et de papier, du pétrole et du gaz, de l'exploitation minière et du développement des énergies renouvelables et non renouvelables. La prise en compte des effets cumulatifs nécessite une approche de surveillance interdisciplinaire, basée sur les effets, qui tient compte des activités passées, présentes et futures, ainsi que d'influences plus larges, telles que les changements climatiques et les dépôts atmosphériques.

La recherche devrait se concentrer sur les mélanges chimiques hautement prioritaires, en continuant d'étudier les perturbateurs endocriniens et en s'intéressant davantage aux « produits chimiques éternels », y compris les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques, qui présentent des risques bien documentés pour la vie aquatique et la santé humaine. Des réseaux de surveillance adaptatifs, axés sur les bassins hydrographiques, qui intègrent des observations sur l'eau, l'air et la faune et qui s'alignent sur les changements d'utilisation des terres sont nécessaires pour améliorer la compréhension des effets cumulatifs et orienter les évaluations des risques pour la santé humaine et la santé de l'écosystème.

💧 **Prévoir le devenir et les effets des contaminants préoccupants**

Des modèles stochastiques et probabilistes améliorés de la qualité de l'eau sont nécessaires pour prévoir la dispersion des produits chimiques, les effets cumulatifs à long terme et les répercussions des événements polluants ou des déversements dans le cadre de divers scénarios climatiques (p. ex., augmentation de la température, modification des régimes de précipitations, inondations et sécheresses). Ces modèles devraient intégrer la variabilité spatiale et saisonnière de la qualité de l'eau, de l'hydrologie et des conditions des eaux souterraines afin de refléter les effets combinés des multiples facteurs de stress liés à l'utilisation des terres sur les écosystèmes d'eau douce.

Des données de surveillance à long terme et tout au long de l'année sont essentielles pour soutenir l'élaboration de modèles et améliorer la représentation des propriétés chimiques, des interactions eau-sédiments et du comportement des mélanges chimiques. Les contaminants particulièrement préoccupants sont les perturbateurs endocriniens, les polluants organiques persistants et les microplastiques, qui présentent tous des risques connus pour la santé humaine et celle des écosystèmes.

La recherche sur les nouveaux contaminants doit utiliser des méthodes d'analyse rigoureuses capables de détecter de faibles niveaux de pollution. La modélisation prédictive devrait également intégrer des données détaillées sur les activités sectorielles afin de tenir compte des effets des mesures d'atténuation et de l'incidence cumulative des pratiques de gestion bénéfiques dans les bassins hydrographiques. Il est particulièrement important de comprendre le devenir et le transport des contaminants pour évaluer les risques en matière de sécurité alimentaire dans les collectivités qui dépendent de la pêche pour leur subsistance. Des recherches complémentaires en sciences sociales peuvent aider à expliquer de quelle manière les préoccupations liées à la contamination affectent la sécurité alimentaire et les pratiques culturelles locales.

💧 **Évaluer l'incidence des modifications du paysage et de la végétation**

Les modifications de la couverture terrestre et de la végétation résultant d'activités, telles que l'agriculture, l'exploitation forestière, le développement hydroélectrique, l'expansion de l'industrie de l'énergie renouvelable et l'urbanisation peuvent affecter de manière significative les systèmes d'eau douce et d'eau souterraine. Les zones riveraines et la végétation jouent un rôle essentiel dans la régulation de la qualité de l'eau, la prévention de l'érosion et de la sédimentation, le maintien de la circulation des nutriments, le soutien de la biodiversité et l'influence sur les processus hydrologiques, comme le ruissellement et l'évaporation.

Un suivi à long terme des interactions entre les zones riveraines et les eaux douces est nécessaire pour établir des bases de référence et orienter les pratiques de gestion qui réduisent les vulnérabilités des écosystèmes. À l'échelle du bassin hydrographique, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre comment les pratiques forestières, y compris le reboisement et le boisement, influencent les cycles, la rétention et le rejet de l'eau. La conservation et la restauration des zones riveraines et des zones tampons adjacentes aux plans d'eau peuvent contribuer à protéger la qualité de l'eau et les habitats d'eau douce.

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux de forêt sous l'effet des changements climatiques pose également des risques croissants. Des études à l'échelle du bassin hydrographique sont nécessaires pour évaluer de quelle façon les feux modifient la qualité de l'eau douce par la libération et le dépôt de contaminants. Les changements dans l'utilisation des terres qui réduisent la perméabilité de la surface ou modifient le drainage, comme le pavage, les travaux de terrassement et la conversion des terres agricoles ou forestières, peuvent perturber l'équilibre hydrique, la recharge des eaux souterraines et la disponibilité globale de l'eau. Il est essentiel d'évaluer ces changements pour une gestion durable des bassins hydrographiques et des terres.

Encadré 4.1 Santé des sols et eau douce

Le maintien de sols sains et de grande qualité est essentiel pour préserver et gérer la qualité et la quantité d'eau douce. La qualité des sols – mesurée par des paramètres comme la teneur en eau, le pH, les niveaux de nutriments, la biodiversité et la structure – est étroitement liée à la disponibilité et à l'état de l'eau douce et joue un rôle essentiel dans le soutien de l'agriculture.

Une gestion efficace de la qualité des sols permet également de prévenir la désertification et d'améliorer la résistance à la sécheresse, protégeant ainsi le secteur agricole contre les effets croissants des changements climatiques. La teneur en nutriments du sol (phosphore, azote et carbone) influence directement la qualité de l'eau qui s'écoule dans les écosystèmes d'eau douce avoisinants. La gestion des apports en nutriments et l'amélioration de la qualité des sols sont donc des éléments essentiels de la protection des systèmes d'eau douce.

Ainsi, la santé des sols et la gestion de l'eau douce sont profondément liées : l'amélioration de la qualité des sols favorise la rétention de l'eau, réduit la pollution due au ruissellement et renforce la résilience globale des écosystèmes agricoles et aquatiques.

4.2 Résultats en matière de connaissances

Voici plusieurs résultats attendus en matière de connaissances si les priorités susmentionnées sont mises en œuvre :

- **Données élargies et accessibles** sur les pratiques d'utilisation et de gestion des terres, ainsi que sur les sources de contamination ponctuelles et diffuses, afin d'améliorer la compréhension de leurs effets sur la qualité de l'eau au fil du temps et de renforcer les prévisions concernant les répercussions futures.
- **Connaissances approfondies des effets cumulatifs** des contaminants afin de mieux orienter les évaluations des risques et d'évaluer l'efficacité des mesures réglementaires.
- **Meilleure compréhension des interactions entre les pratiques de gestion**, notamment la façon dont les pratiques de gestion bénéfiques agricoles, forestières, urbaines et industrielles se croisent et fonctionnent, afin de guider l'évolution d'interventions plus efficaces qui réduisent les effets cumulatifs sur l'eau douce.
- **Capacités prédictives avancées** pour modéliser la dispersion, le devenir et les effets combinés de multiples facteurs de stress et d'effets cumulatifs sur la santé des écosystèmes aquatiques dans des conditions climatiques changeantes.
- **Amélioration de la prédiction et de la prévision des modifications du paysage** à l'aide de données sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre, de technologies de télédétection et de méthodes d'apprentissage en profondeur afin d'anticiper les transformations futures du paysage et leurs répercussions pour les systèmes d'eau douce. Ces modèles devraient également prendre en compte les changements attribuables au climat dans les cycles de l'eau, les régimes des feux de forêt et le déplacement des limites des écozones.

4.3 Faire progresser les outils scientifiques

Les outils scientifiques suivants contribueront à renforcer la capacité d'évaluer, de prévoir et de gérer les répercussions de l'utilisation des terres et de la pollution sur les systèmes d'eau douce au Canada :

- **Données** : rendre plus accessibles les données sur le débit et les réserves des eaux souterraines et de surface, ainsi que l'information sur l'utilisation des terres et de l'eau, pour le développement et l'évaluation des modèles de qualité de l'eau. Ces ensembles de données doivent provenir de sources multiples et comprendre des données à haute résolution sur l'utilisation des terres et de l'eau, ainsi que sur les activités sectorielles (p. ex., données de télédétection, données sur l'affectation des terres et des ressources et données des propriétaires agricoles, industriels et commerciaux).
- **Systèmes de données** : développer des systèmes de données multidisciplinaires accessibles et interopérables qui intègrent de l'information sur la qualité de l'eau et de l'information sectorielle. Ces systèmes devraient servir de base à l'élaboration, l'évaluation et l'application de modèles à plusieurs échelles pour évaluer les résultats et l'efficacité des pratiques de gestion bénéfiques et d'autres mesures de gestion des eaux douces liées à l'utilisation des terres.
- **Synthèse des connaissances sur les facteurs de stress liés à l'utilisation des terres à l'échelle du bassin hydrographique** : réaliser des évaluations des sciences et des connaissances qui examinent les effets cumulatifs des activités humaines (municipales, agricoles, industrielles et d'extraction des ressources) afin de mieux comprendre les mélanges chimiques et les multiples facteurs de stress ponctuels et diffus qui affectent les affluents, les rivières, les lacs, les zones humides et les eaux souterraines. Ces évaluations soutiendront les analyses sectorielles et intégrées des effets cumulés au sein d'un même bassin hydrographique, contribuant ainsi à l'aménagement du territoire et à la mise en œuvre de pratiques de gestion bénéfiques.
- **Surveillance ciblée de la qualité de l'eau** : renforcer les réseaux de suivi et de surveillance pour les aligner sur les stratégies d'atténuation des effets cumulatifs dans les zones prioritaires et les régions préoccupantes, notamment les écosystèmes nordiques. La surveillance doit se concentrer sur l'établissement de bases de référence, le suivi des tendances à long terme et l'évaluation des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de rétablissement et à l'égard du respect des normes environnementales.
- **Méthodes d'analyse de la qualité de l'eau** : faire progresser l'utilisation de la bio-informatique, des outils moléculaires (p. ex., les techniques fondées sur l'ADN) et de l'analyse des données pour améliorer les évaluations de la qualité de l'eau. Dans les domaines où les données sont limitées, appliquer des méthodes statistiques avancées pour évaluer l'état de la qualité de l'eau, les tendances et les effets cumulés des multiples facteurs de stress et des utilisations des terres à l'échelle du paysage et du bassin hydrographique.
- **Modèles numériques de qualité de l'eau** : améliorer les systèmes de prévision de la qualité de l'eau par l'intégration des processus actualisés des écosystèmes aquatiques et en assurant la compatibilité avec les données des scénarios climatiques, les modèles hydrologiques et biogéochimiques et les modèles d'écosystèmes. Ces modèles évolutifs – du niveau local au niveau du bassin hydrographique – peuvent contribuer à l'établissement de limites biophysiques, de normes, de lignes directrices et de cadres d'évaluation des risques.
- **Nouvelles technologies** : tirer parti des avancées en matière de nanotechnologie, de microprocesseurs et de drones pour développer des capteurs de nouvelle génération qui améliorent la résolution spatiale et temporelle de la surveillance. Les mesures en temps réel effectuées par ces systèmes peuvent améliorer la détection précoce des problèmes de qualité de l'eau et favoriser une prise de décision plus rapide afin de réduire les risques pour l'écosystème et la santé humaine.

5. Résilience des écosystèmes d'eau douce et biodiversité

Les réseaux d'eau douce façonnent la structure, la fonction et la résilience des écosystèmes aquatiques, et la qualité et la quantité de l'eau douce ont une incidence directe sur la biodiversité aquatique. La santé des communautés et la qualité de vie en général dépendent aussi, directement et indirectement, des fonctions et des services fournis par ces écosystèmes. Cependant, les changements climatiques, l'utilisation des terres et de l'eau continuent d'entraîner des changements majeurs dans les réseaux d'eau douce, avec des conséquences importantes pour la biodiversité aquatique et les fonctions et la résilience à long terme des écosystèmes.

La [Stratégie pour la nature 2030 du Canada : Freiner et inverser la perte de biodiversité au Canada](#) reconnaît que la perte de biodiversité s'accélère et que les écosystèmes d'eau douce sont parmi les plus menacés. Il est donc essentiel de faire progresser la science des eaux douces pour fournir les données probantes nécessaires à la conservation, à la restauration et à la gestion durable des écosystèmes aquatiques, surtout dans le contexte des changements climatiques.

L'amélioration et l'évolution des connaissances sur la santé des écosystèmes aquatiques, en prenant appui sur les recherches existantes, exigent des approches intégrées qui établissent un lien entre les connaissances sur les facteurs de stress liés à l'utilisation des terres et l'efficacité des pratiques de gestion bénéfiques. Cet effort interdisciplinaire doit combiner les études traditionnelles in situ des écosystèmes avec des outils scientifiques modernes, comme la génomique, la microbiomique, la métabolomique, l'apprentissage automatique et la télédétection. Ces progrès aideront à prévoir les changements, à déterminer les points de basculement écologiques et à mettre au point des systèmes d'alerte rapides pour détecter les changements écosystémiques non durables.

Encadré 5.1 Une seule santé

Une seule santé est une approche intégrée et unificatrice qui vise à équilibrer et à optimiser de façon durable la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes. Elle reconnaît que la santé humaine est étroitement liée à la santé de l'environnement et d'autres espèces, et qu'une action coordonnée et intersectorielle est cruciale pour gérer les risques complexes pour la santé.

L'importance de renforcer l'évaluation multisectorielle des risques a été reconnue à l'échelle internationale par des initiatives comme le [Plan d'action conjoint Une seule santé de la Quadripartite](#) et [l'instrument de l'Organisation mondiale de la santé relatif aux pandémies](#), avec le Canada parmi les pays qui dirigent la mise en œuvre. Les secteurs fédéraux, notamment les trois organismes, peuvent jouer un rôle clé dans le soutien de la recherche et de la collaboration multisectorielles nationales et régionales entre les ministères et les partenaires externes.

Une seule santé s'attaque à un large éventail de menaces — biologiques, chimiques, environnementales et météorologiques — au moyen d'une évaluation et d'une gestion intégrées. L'objectif est d'élaborer des évaluations des risques de grande qualité fondées sur des données probantes qui améliorent la compréhension des risques pour la santé et permettent de prendre des mesures efficaces en temps opportun pour protéger les personnes, les animaux, les plantes et les écosystèmes.

[Approche « Une seule santé » en matière d'évaluation des risques](#)

Une meilleure coordination entre la science des écosystèmes aquatiques et les utilisateurs finaux permettra d'effectuer des évaluations éclairées des risques et de mener des interventions de gestion

efficaces. Ces mesures comprennent l'atténuation de la propagation des espèces envahissantes, la protection et le rétablissement des habitats pour les espèces aquatiques et semi-aquatiques, la réduction de la menace des agents pathogènes d'origine hydrique qui ont une incidence sur la salubrité des aliments et de l'eau, et la sauvegarde des services écosystémiques qui soutiennent le bien-être humain et écologique.

Les priorités scientifiques suivantes en matière d'eau douce ont été déterminées grâce à la mobilisation de la communauté de la science des eaux douces. Des questions scientifiques précises liées à ces priorités sont incluses à l'annexe 1.

5.1 Priorités scientifiques

💧 Fonctions, seuils et points de basculement des écosystèmes aquatiques

Les écosystèmes aquatiques sont vulnérables aux changements brusques de régime lorsque des seuils critiques, comme la température, l'abondance des espèces ou les processus écosystémiques, sont dépassés. Ces changements peuvent être déclenchés par les changements climatiques, les altérations hydrologiques, les modifications de l'utilisation des terres, la pollution, la charge en éléments nutritifs et les espèces envahissantes. Bien que les écosystèmes puissent résister à des facteurs de stress individuels, l'influence combinée de pressions multiples peut les pousser au-delà des seuils de rétablissement, ce qui entraîne un changement à long terme ou irréversible.

Il est essentiel de comprendre comment les facteurs de stress interagissent et où se situent les seuils clés, car les changements dans la fonction des écosystèmes aquatiques peuvent modifier la qualité de l'eau, perturber les réseaux trophiques, réduire la séquestration du carbone et affaiblir la résilience aux événements extrêmes. La recherche doit miser sur la détermination des seuils de température, d'espèces et de biodiversité qui régulent les fonctions écosystémiques et sur l'évaluation de la façon dont des facteurs comme les espèces envahissantes, les extrêmes climatiques, la modification de l'hydrologie et la pollution perturbent ces relations.

Une attention particulière doit être accordée aux écosystèmes aquatiques déjà soumis à des pressions, ainsi qu'à une meilleure compréhension des points de basculement (p. ex., systèmes eutrophes ou acides). Les données sur la température de l'eau, les réponses des espèces et les processus biogéochimiques comme la respiration, la nitrification et le cycle du carbone ou du phosphore demeurent limitées. Des recherches concertées sont nécessaires pour comprendre comment la contamination et l'eutrophisation influent sur la séquestration du carbone dans les réseaux aquatiques de surface et souterrains — des données qui sont essentielles à la modélisation de leur rôle dans les cycles mondiaux du carbone.

La collecte de données ciblées, surtout dans les régions éloignées ou vulnérables, est cruciale pour définir les seuils écologiques et suivre les tendances des écosystèmes. Ce travail est à la base de l'élaboration des indicateurs de la fonction et des services écosystémiques qui sont utilisés pour éclairer les stratégies de gestion adaptative.

💧 Prévisions fondées sur les effets écologiques

L'amélioration des prévisions fondées sur les effets écologiques grâce à une combinaison de méthodes visuelles et d'outils analytiques modernes permettra de mieux comprendre la biodiversité et la résilience écologique face à de multiples facteurs de stress. L'ensemble d'outils « omiques » – comme la génomique, la métabolomique et la microbiomique – demeure sous-utilisé pour caractériser les assemblages d'espèces aquatiques. L'application de ces outils peut appuyer le développement de biomarqueurs et renforcer les analyses in vitro et in situ de la biodiversité, de l'écotoxicité et de la santé des écosystèmes.

Les approches interdisciplinaires qui combinent les sciences autochtone et occidentale, plus particulièrement au moyen d'évaluations élaborées conjointement et enracinées dans la surveillance communautaire, peuvent élargir la portée et la pertinence des prévisions écologiques. Elles comprennent l'intégration d'indicateurs autochtones, comme les observations organoleptiques (sensorielles), qui complètent les données scientifiques occidentales.

💧 **Gestion de la préservation des milieux humides et des débits environnementaux**

Les décisions relatives à la répartition des ressources en eau, façonnées par l'utilisation des terres, la demande en eau et les changements climatiques, peuvent poser des risques importants pour les écosystèmes aquatiques. Les milieux humides, qui agissent comme des tampons naturels contre la charge en éléments nutritifs, les contaminants et les conditions météorologiques extrêmes, sont particulièrement vulnérables. Toutefois, des lacunes persistent dans les connaissances sur l'incidence de la fluctuation des niveaux d'eau dans les zones de transition des milieux humides – provoquée tant par les pratiques de gestion que par les changements climatiques – sur les services écosystémiques.

Les modèles de milieux humides actuels doivent intégrer davantage les interactions entre les eaux souterraines et de surface et la dynamique des colonnes d'eau pour évaluer la vulnérabilité de l'écosystème. Ils doivent mieux intégrer les caractéristiques de la colonne d'eau et les interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface pour évaluer leur réponse combinée et leur vulnérabilité à la gestion du niveau de l'eau, aux pratiques d'allocation de l'eau et aux changements climatiques. Il est également crucial de faire progresser les connaissances sur l'intégrité des écosystèmes aquatiques et de combler les lacunes en matière de données nécessaires pour évaluer la gestion du débit écologique, notamment la façon dont les changements du débit, de la température et des niveaux d'eau influent sur la navigabilité, la fonction écosystémique et la biodiversité. Ces connaissances éclaireront les critères du débit réservé et appuieront la protection et le rétablissement des avantages socialement valorisés qu'offrent les écosystèmes aquatiques sains, résilients et biodiversifiés. Dans de nombreuses régions, les données ne permettent toujours pas de comprendre le bilan hydrique complet entre les diverses demandes des utilisateurs et les ressources intégrées d'eaux souterraines et de surface disponibles.

Les critères du débit environnemental doivent être élaborés conjointement avec les peuples autochtones, les collectivités locales et les secteurs des ressources afin de refléter les multiples résultats culturels, écologiques et économiques. La gestion durable nécessite une meilleure compréhension du bilan hydrique entre les demandes des utilisateurs et les réseaux d'eau souterraine et d'eau de surface connectés.

💧 **Interface eau douce/eau salée et qualité de l'eau**

Les estuaires et deltas servent de zones de transition vitales entre les écosystèmes d'eau douce et marins et soutiennent une variété d'habitats et d'espèces. La qualité et la salinité de l'eau dans ces régions déterminent la capacité à maintenir des fonctions écologiques et économiques. Cependant, les activités d'utilisation des terres dans les bassins hydrographiques côtiers peuvent introduire un excédent de sédiments et d'éléments nutritifs, ce qui dégrade la qualité de l'eau et modifie les conditions de l'habitat.

Les aquifères côtiers sont confrontés à des risques croissants d'intrusion d'eau salée, ce qui menace l'eau potable et les approvisionnements en irrigation. Il existe des lacunes importantes en matière de connaissances sur les interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans ces zones de transition, ainsi que sur l'étendue et le taux d'intrusion d'eau salée dans les sources d'eau souterraine.

L'interface eau douce/eau salée soutient également des habitats essentiels pour les poissons anadromes et les oiseaux côtiers. Les changements dans le débit des cours d'eau, la température et l'élévation du niveau de la mer peuvent modifier les gradients de salinité, transformer les écosystèmes côtiers et avoir un impact sur la répartition des espèces. Il est essentiel de comprendre ces dynamiques pour planifier efficacement la protection, la conservation et le rétablissement dans ces zones.

💧 Contamination et rétablissement du réseau d'eau douce

Les écosystèmes aquatiques se rétablissent à des degrés variables selon l'utilisation des terres, la fragmentation et les conditions climatiques. Dans les régions nordiques, le rétablissement peut être particulièrement lent en raison de la repousse limitée et de l'atténuation naturelle. Il est important de comprendre comment les écosystèmes aquatiques se rétablissent des perturbations — leurs processus de rétablissement et réponses écologiques à long terme. Ces contextes de rétablissement comprennent les répercussions du mercure et du dégel du pergélisol, ainsi qu'un large éventail de perturbations causées par l'homme, comme les déversements d'hydrocarbures et de produits chimiques, la contamination par les produits pharmaceutiques, les nutriments et les pesticides agricoles, le drainage minier acide, les rejets des bassins de rétention ou des digues de résidus miniers, les eaux usées non traitées, le ruissellement, l'infiltration dans les sites d'enfouissement, la remobilisation des sédiments contaminés et la méthylation du mercure dans les barrages et les réservoirs. Dans un climat changeant, ces événements sont susceptibles de se reproduire plus fréquemment et d'avoir des répercussions plus importantes. La recherche doit être axée sur les processus de rétablissement à l'échelle spatiale et temporelle, depuis les petits cours d'eau jusqu'aux grands lacs, et sur des échelles de temps dans les systèmes d'écoulement des eaux souterraines, en reflétant le décalage entre le transport et les réponses écologiques, allant d'années à des siècles.

Les changements climatiques accélèrent la biodisponibilité et la bioaccumulation des contaminants comme le mercure, les éléments nutritifs et les polluants organiques persistants, d'où la nécessité d'avoir des modèles de prévisions qui intègrent les données chimiques, biologiques et hydrologiques.

💧 Résilience des écosystèmes, espèces envahissantes et changements climatiques

Les espèces envahissantes demeurent l'une des principales causes de la perte de biodiversité dans le monde et posent de graves risques pour la sécurité alimentaire, les économies et la santé humaine. Les changements climatiques amplifient ces répercussions en permettant aux espèces aquatiques et semi-aquatiques envahissantes de se propager dans de nouvelles régions, de se reproduire plus rapidement et de persister toute l'année.

Les changements dans l'hydrologie, la quantité et la qualité de l'eau peuvent créer des conditions qui favorisent les espèces envahissantes et entraînent un stress sur les populations indigènes, plus particulièrement les espèces en péril. Ces pressions peuvent s'aggraver et entraîner la diminution de la qualité de l'eau, l'eutrophisation et la perte d'habitat, qui ont une incidence sur la résilience des écosystèmes.

Favoriser l'utilisation de la télédétection, de l'ADN environnemental (ADNe) et de la surveillance in situ peut améliorer la détection précoce et le suivi des espèces envahissantes. Les évaluations socioéconomiques et biologiques peuvent aider à prioriser les espèces et les voies d'entrée à risque élevé. La collecte des données nécessaires pour combler les principales lacunes, ainsi que l'élaboration de modèles de prévision des risques et l'évaluation des mesures de prévention (notamment des approches d'intendance et de communication éclairées par les sciences sociales), aideront également à orienter des activités de prévention plus efficaces.

💧 Santé des écosystèmes d'eau douce et espèces en péril

Les habitats d'eau douce fournissent un soutien essentiel à de nombreuses espèces en péril. L'avancement de la surveillance et de la recherche pour détecter les changements démographiques, déterminer les menaces et les répercussions cumulatives et modéliser la vulnérabilité des espèces et des habitats aux changements climatiques améliorera les efforts de conservation et de rétablissement.

La cartographie et l'établissement de priorités pour les habitats essentiels et l'utilisation d'approches multisécifiques (lorsqu'appropriée) peuvent améliorer les stratégies de rétablissement tout en offrant des avantages écosystémiques plus vastes. Les espèces en péril servent souvent d'indicateurs de la santé

des écosystèmes; leur déclin signale un stress écologique plus vaste. La surveillance de leur état et de leurs habitats est donc cruciale pour la gestion durable de l'eau douce et la protection de la biodiversité.

💧 **Risques de biosécurité, sécurité de l'eau et sécurité alimentaire**

La résistance aux antimicrobiens (RAM) d'origine hydrique et les agents pathogènes provenant des eaux de ruissellement municipales et agricoles posent des risques croissants en matière de biosécurité pour la santé humaine et écosystémique. Les produits pharmaceutiques et autres polluants qui pénètrent dans les réseaux d'eau douce contribuent à la propagation de la RAM, tandis que les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent surcharger les systèmes de traitement, ce qui entraîne une contamination de l'eau potable et des sources alimentaires aquatiques.

Des recherches sont nécessaires pour mieux comprendre comment les produits pharmaceutiques et les polluants non pharmaceutiques influent sur le développement et la transmission de la RAM, en tirant parti à la fois de méthodes normalisées et nouvelles pour combler cette lacune. L'élargissement de la surveillance des eaux usées municipales et du ruissellement agricole renforcera la capacité d'évaluer, de modéliser et d'atténuer les éclosions. La RAM et les agents pathogènes affaiblissent également la résilience écologique, ce qui a des conséquences pour les pêches qui soutiennent les économies et la sécurité alimentaire des collectivités.

L'intégration de ces études aux approches Une seule santé (**Encadré 5.1**) et aux systèmes de prévision des effets peut éclairer directement la prise de décisions en cas de déversement, de débordement d'eaux usées et d'événements de contamination futurs. Le renforcement des réseaux de surveillance qui intègrent les systèmes d'eaux de surface et souterraines sera important dans la gestion des risques pour la santé publique, la sécurité alimentaire et la résilience des écosystèmes d'eau douce.

💧 **Science de l'eau douce et urgences environnementales**

La science des urgences environnementales joue un rôle crucial dans la préparation et l'intervention en cas d'incidents impliquant le rejet de polluants dans les réseaux d'eau douce. Ces données scientifiques sont particulièrement importantes dans des régions comme les Grands Lacs, la voie maritime du Saint-Laurent et le fleuve Fraser, où le transport maritime, l'activité industrielle et l'extraction des ressources sont concentrées. Dans l'Arctique, les changements climatiques, le réchauffement des températures et l'amincissement de la glace présentent de nouveaux risques au fur et à mesure que les routes de glace traditionnelles deviennent instables et que la navigation commerciale s'étend dans des eaux auparavant inaccessibles.

Les lacunes actuelles dans les connaissances limitent la capacité de planifier et d'intervenir efficacement en cas de contamination de l'eau douce. La caractérisation hydrodynamique des rivières et des environnements littoraux qui sont susceptibles d'être vulnérables aux déversements est insuffisante, plus particulièrement en ce qui concerne la bathymétrie et la morphologie. De meilleures estimations du débit et observations en temps quasi réel du débit à l'aide de technologies comme le radar haute fréquence sont nécessaires pour mieux prévoir le devenir et le transport des matières déversées dans les rivières, les lacs et les voies interlacustres.

Il faut également améliorer la caractérisation des données de référence du littoral pour améliorer la préparation aux situations d'urgence et éclairer les stratégies d'atténuation des déversements¹¹. D'autres recherches doivent être effectuées sur l'affinage et le ciblage de l'utilisation de la télédétection aérienne, de surface et souterraine pour détecter et suivre les déversements dans les réseaux d'eau douce.

De plus, les modèles hydrodynamiques qui relient les rivières, les affluents et les lacs — surtout dans le bassin des Grands Lacs — doivent être améliorés afin de mieux représenter les débits d'eau dans

¹¹Amélioration de la caractérisation de base du littoral en termes de caractéristiques physiques, de type de sédiments, de couverture végétale et d'exposition aux vagues, conformément aux pratiques d'intervention en cas de déversement telles que définies par [Un guide pratique d'interventions sur les rives en eau douce : chapitre 5 - Canada.ca](https://www2.ec.gc.ca/info/fact/index.php?lang=eng&lang2=fr&lang3=eng&lang4=fr&lang5=eng&lang6=fr&lang7=eng&lang8=fr&lang9=eng&lang10=fr&lang11=eng&lang12=fr&lang13=eng&lang14=fr&lang15=eng&lang16=fr&lang17=eng&lang18=fr&lang19=eng&lang20=fr&lang21=eng&lang22=fr&lang23=eng&lang24=fr&lang25=eng&lang26=fr&lang27=eng&lang28=fr&lang29=eng&lang30=fr&lang31=eng&lang32=fr&lang33=eng&lang34=fr&lang35=eng&lang36=fr&lang37=eng&lang38=fr&lang39=eng&lang40=fr&lang41=eng&lang42=fr&lang43=eng&lang44=fr&lang45=eng&lang46=fr&lang47=eng&lang48=fr&lang49=eng&lang50=fr&lang51=eng&lang52=fr&lang53=eng&lang54=fr&lang55=eng&lang56=fr&lang57=eng&lang58=fr&lang59=eng&lang60=fr&lang61=eng&lang62=fr&lang63=eng&lang64=fr&lang65=eng&lang66=fr&lang67=eng&lang68=fr&lang69=eng&lang70=fr&lang71=eng&lang72=fr&lang73=eng&lang74=fr&lang75=eng&lang76=fr&lang77=eng&lang78=fr&lang79=eng&lang80=fr&lang81=eng&lang82=fr&lang83=eng&lang84=fr&lang85=eng&lang86=fr&lang87=eng&lang88=fr&lang89=eng&lang90=fr&lang91=eng&lang92=fr&lang93=eng&lang94=fr&lang95=eng&lang96=fr&lang97=eng&lang98=fr&lang99=eng&lang100=fr)

diverses conditions. À l'heure actuelle, ces modèles sont souvent élaborés pour des applications régionales particulières et leurs exigences en matière de données varient selon qu'il s'agit de systèmes côtiers ou intérieurs. La coordination de l'élaboration et de l'évaluation d'une série de modèles hydrodynamiques compatibles ainsi que l'établissement de dépôts de données normalisées pour les extrants des modèles améliorerait grandement la capacité de planifier et d'intervenir en cas d'urgences environnementales dans les réseaux d'eau douce du Canada et d'atténuer leurs répercussions.

5.2 Résultats en matière de connaissances

Voici plusieurs résultats attendus en matière de connaissances grâce à la mise en œuvre des priorités susmentionnée :

- **Une capacité de prévision améliorée** pour évaluer la résilience des écosystèmes et la biodiversité face aux pressions combinées des changements climatiques et des activités humaines. Elle comprend la détermination des espèces essentielles et des seuils de biodiversité pour éclairer les décisions en matière de conservation, de protection et de gestion de l'eau douce, tout en tenant compte des risques pour la santé humaine.
- **L'amélioration des connaissances sur l'intervention et le rétablissement en cas de contamination** grâce à une surveillance environnementale de pointe et à des recherches interdisciplinaires sur les processus de contamination des eaux douces (p. ex., déversements, résistance aux antimicrobiens). Ces efforts favoriseront une planification des urgences plus efficace et une protection accrue de la santé publique.
- **Une meilleure compréhension des interventions de gestion de l'eau** en évaluant comment les mesures, comme la répartition, la conservation, la protection et les transferts de l'eau, influencent les services écosystémiques et la biodiversité, ce qui donne lieu à des approches de gestion plus durables et adaptatives.
- **Des approches de surveillance et de recherche interdisciplinaires et élaborées conjointement** qui intègrent de multiples systèmes de connaissances afin de générer la compréhension globale nécessaire pour conserver la biodiversité et assurer la sécurité et la salubrité des ressources alimentaires et hydriques.

5.3 Faire progresser les outils scientifiques

Les outils scientifiques suivants amélioreront la capacité du Canada à prévoir, à surveiller et à réagir aux changements environnementaux, à la contamination et à la perturbation des écosystèmes dans les réseaux d'eau douce :

- **Données** : Améliorer l'accès aux données en temps réel sur le débit des eaux souterraines et des eaux de surface, plus particulièrement dans les environnements littoraux (0 à 200 m) et reliant les réseaux fluvio-lacustres et fluvio-océaniques. Ces données sont importantes pour éclairer les modèles de trajectoire des déversements et améliorer les prévisions du transport des contaminants.
- **Systèmes de données** : Intégrer et améliorer l'accessibilité aux données sur la qualité de l'eau et de surveillance de l'approche Une seule santé afin de mieux déterminer les risques liés à la biosécurité et éclairer les interventions d'urgence. Renforcer les systèmes de surveillance, notamment ceux qui suivent la résistance aux antimicrobiens (RAM), en tirant parti des sites sentinelles de santé publique existants, des points de rejet des effluents et des réseaux de surveillance de la qualité de l'eau. L'intégration des approches de l'ADN environnemental (ADNe) et de la science « omique » améliorera les capacités de détection, de surveillance et d'évaluation des risques.

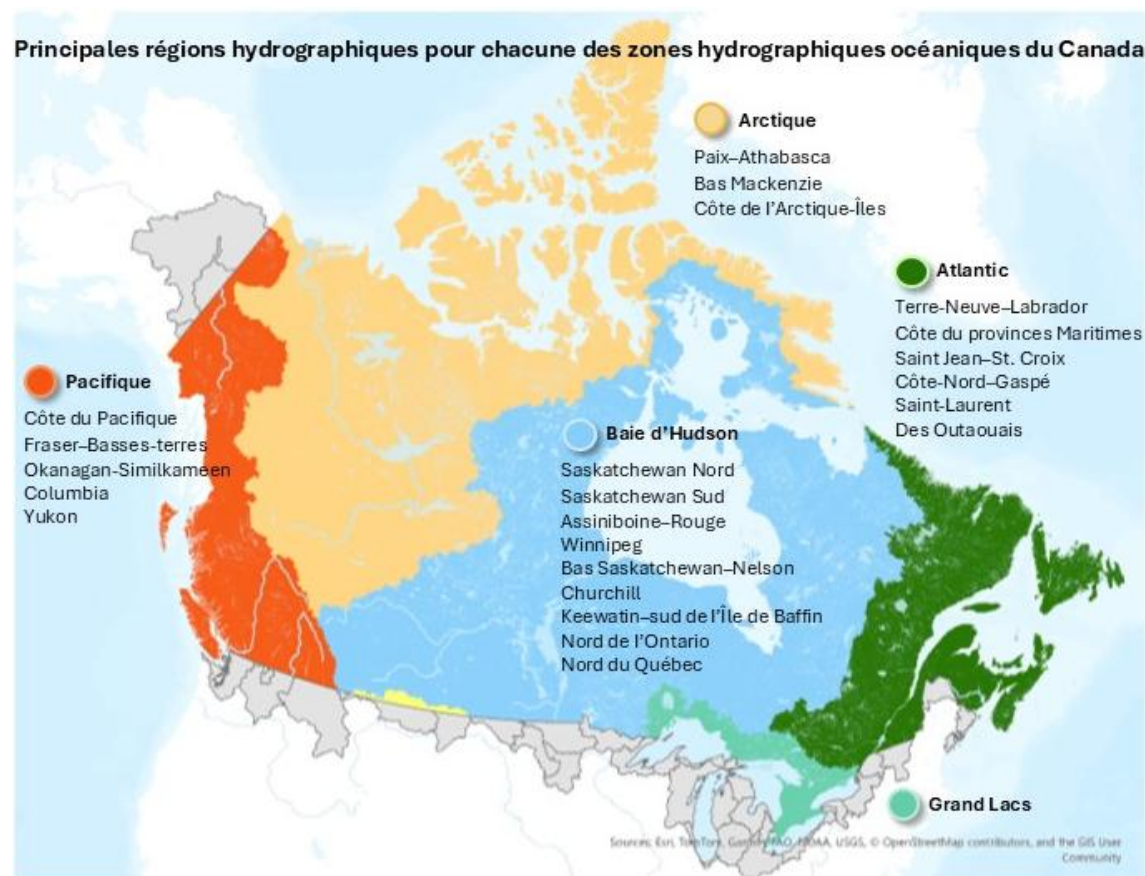
- **Outils de télédétection, de cartographie et de surveillance** : Accroître l'utilisation des observations par satellite, LiDAR aéroporté, véhicules aériens sans pilote (p. ex., drones), des véhicules sous-marins et des capteurs au sol (p. ex., géoradar) pour évaluer l'état des eaux souterraines peu profondes et des eaux de surface. Combiner ces technologies avec l'analyse fondée sur l'intelligence artificielle pour détecter et surveiller en temps réel et à long terme les changements écosystémiques, comme l'eutrophisation, les changements de l'état trophique, la prolifération des algues, les rejets d'effluents et les perturbations industrielles ou urbaines dans les milieux humides, les rivières et les lacs.
- **Données topographiques et d'élévation à haute résolution** : Utiliser des ensembles de données topographiques et d'élévation détaillées pour appuyer la délimitation de l'habitat, la modélisation hydrologique et la détection des changements, comme l'évaluation des changements volumétriques dans la capacité naturelle de stockage des lacs et des étangs. Ces outils augmenteront la résolution de la surveillance spatiale et temporelle, plus particulièrement dans les régions éloignées, et renforceront les systèmes d'alerte précoce et les évaluations environnementales à long terme.
- **Protocoles et indicateurs « omiques » (fondés sur l'ADN) normalisés** : Appliquer les techniques « omiques » aux diagnostics liés à l'eau douce pour évaluer les relations interspécifiques et intraspécifiques, la diversité génétique, la charge microbienne et les infections par saut d'espèces ou zoonotiques en milieu aquatique. Ces méthodes peuvent fournir de puissants indicateurs de la santé des écosystèmes et du changement biologique à de multiples niveaux, allant des gènes à des communautés entières.
- **Nouvelles approches méthodologiques (NAM)** : Promouvoir l'utilisation des NAM pour réduire la dépendance aux essais sur les animaux aquatiques vertébrés. Ces méthodes moins invasives, comme la toxicogénomique, la métabolomique et les essais sur cellules, appuient l'évaluation de la toxicité aiguë et chronique tout en s'harmonisant avec les pratiques de recherche éthiques et durables.
- **Études in situ ciblées et à long terme** : Mener des études systématiques axées sur les écosystèmes qui améliorent les connaissances mécanistiques et en temps réel des processus aquatiques favorisant la résilience des écosystèmes. Ces études aident à combler des lacunes critiques dans les connaissances sur les effets écologiques des mélanges chimiques, des espèces envahissantes, des perturbations du paysage et des changements de l'habitat. Elles offrent également des occasions de mettre à l'essai les approches de rétablissement et de restauration et d'intégrer les espèces importantes sur le plan social et culturel dans les cadres de surveillance.
- **Modèles de prévision** : Intégrer les données de télédétection, l'apprentissage en profondeur et l'apprentissage machine afin d'élaborer des modèles de prévision pour détecter, surveiller et prévoir la propagation des espèces aquatiques envahissantes. Faire progresser la modélisation des réponses écologiques pour les principaux réseaux de lacs, rivières et d'eaux souterraines afin de mieux comprendre la dynamique du réseau trophique et d'éclairer les décisions de restauration et de gestion. Coordonner l'élaboration et la normalisation de modèles hydrodynamiques régionaux pour renforcer les capacités d'intervention en cas d'urgence et appuyer l'intendance à long terme des eaux douces.

6. Perspectives régionales

Les régions hydrologiques constituent une base solide pour la planification globale de la science de l'eau douce, la surveillance, la recherche ciblée et la gestion. Partout au Canada, de nombreux partenariats scientifiques existent déjà entre les nations autochtones, les gouvernements, les collectivités, les organisations non gouvernementales et d'autres intervenants au sein de ces régions.

Chaque région hydrologique présente des caractéristiques sociales, économiques et écologiques distinctes, ainsi que des régimes hydrologiques uniques. Ainsi, bien que des facteurs de stress similaires, comme la pollution, les changements climatiques ou l'utilisation des terres, puissent être présents dans plusieurs régions, leurs incidences et les mesures de gestion les plus efficaces peuvent varier considérablement. Cette variation met en évidence la nécessité d'établir des priorités scientifiques en matière d'eau douce propres à chaque.

L'adoption d'une approche fondée sur les régions hydrologiques permet de cibler les mesures destinées à répondre aux priorités définies dans les chapitres précédents. Cinq régions hydroclimatiques canadiennes, définies par des limites topographiques naturelles qui englobent l'hydrologie régionale, les écosystèmes, les aires de drainage océaniques et les principales sources d'eau douce, constituent les fondements qui servent à déterminer les priorités régionales (**Figure 6-1**). Ces régions comprennent les aires de drainage principales indiquées au **Figure 6-1**, qui englobent ensemble les bassins hydrographiques, les sous-bassins hydrographiques et les systèmes d'eaux côtières du Canada.



Remarques : (1) Les Grands Lacs, qui se déversent dans l'aire de drainage Océan Atlantique, ont été traités séparément aux fins du présent chapitre, puisque les intervenants et les gestionnaires de l'eau bénéficient depuis longtemps d'un ensemble bien établi d'accords internationaux, d'activités scientifiques concertées et de mécanismes

de gouvernance. (2) Une très petite région du Canada est drainée dans les bassins du Missouri, qui ont été exclus des analyses présentées dans le présent chapitre.

Figure 6-1: Régions des bassins hydrographiques pour les priorités scientifiques en matière d'eau douce, alignées sur les aires de drainage principales définies dans les données de Statistique Canada, 2009, totalisation spéciale provenant de Pearse, P.H., F. Bertrand et J.W. MacLaren. 1985. Vers un renouveau : Rapport définitif de l'Enquête sur la politique fédérale des eaux.

Comme il est expliqué au chapitre 2 et dans l'ensemble du rapport, le leadership des Premières Nations, des Inuits et des Métis en matière de connaissances autochtones et de science s'exprime le plus efficacement par des approches scientifiques concernant les bassins versants adaptées au lieu et élaborées conjointement. Une perspective inclusive, fondée sur les distinctions et globale de la science de l'eau douce est donc intégrée à toutes les priorités présentées dans ce chapitre régional et n'est pas reprise dans les tableaux suivants. De même, la surveillance communautaire et la recherche sur les effets cumulatifs sont considérées comme des éléments essentiels afin de combler les lacunes régionales en matière de science et de connaissances et ne sont pas présentées séparément.

Chaque contexte régional nécessite des interfaces scientifiques adaptées et conviviales, qui intègrent des outils de pointe en matière de science de l'eau douce afin d'appuyer une prise de décisions efficace. Ces systèmes d'aide à la décision devraient offrir des capacités de surveillance en temps réel, de prévision et de visualisation des données afin d'éclairer des interventions de gestion rapides, par exemple, la détection précoce des espèces envahissantes, la gestion des sécheresses et de la demande en eau, ou encore les interventions de santé publique. Lorsque les cadres de prévisions relatives à l'eau douce intègrent également des facteurs comme la modification de l'utilisation des terres, la croissance démographique, le développement économique et la demande énergétique, ils deviennent encore plus pertinents pour la prise de décision à l'échelle locale et régionale.

À l'instar des services climatiques, les produits de données et d'information sur l'eau douce, à l'échelle régionale ou des hydrographiques versants, devraient être adaptés pour répondre aux besoins propres à chaque secteur, notamment en matière d'attribution de l'eau, de restauration et de conservation. Le renforcement des efforts de synthèse et de mobilisation des connaissances rendra les données scientifiques existantes plus accessibles et plus exploitables pour les décideurs. La production de rapports par bassin hydrographique, appuyée par des indicateurs clairs et l'intégration de la surveillance communautaire aux systèmes d'aide à la décision, peut renforcer la gestion responsable de l'eau douce, orienter la gestion des usages concurrents, soutenir les objectifs de conservation et de protection, et permettre de déterminer des options d'adaptation ou d'atténuation.

Bien que les informations scientifiques et la production de rapports soient essentielles à l'échelle régionale et des bassins hydrographiques, l'intégration des connaissances au-delà des limites des bassins devient de plus en plus importante. Cette intégration appuie la prise de décisions concernant les transferts massifs d'eau, les exportations d'eau et la gestion des eaux douces transfrontalières. De plus, les lacunes en matière de connaissances socioécologiques et économiques énoncées dans le chapitre suivant offrent des occasions d'harmoniser la science avec les contextes propres aux bassins hydrographiques, ce qui permet de réaliser des analyses avantages-coûts plus robustes et d'améliorer l'intendance de l'eau douce.

Les **Tableau 6-1** à **Tableau 6-5** donnent un aperçu des principales priorités scientifiques en matière d'eau douce pour chacune des grandes régions hydrologiques du Canada sous trois thèmes : l'eau – la science du changement climatique, l'eau – la science de l'utilisation des terres et l'eau – la science de la biodiversité.

Tableau 6-1: Priorités scientifiques en matière d'eau douce : Atlantique (y compris le fleuve Saint-Laurent).

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Atlantique (incluant le fleuve Saint-Laurent)		
Prédire les répercussions concurrentes des changements climatiques, notamment les changements des régimes de fonte des neiges, les mesures d'adaptation et la gestion des débits, dans des systèmes comme le fleuve Saint-Laurent et ses affluents. Améliorer la surveillance de l'eau douce pour combler les lacunes dans les connaissances relatives aux données de référence sur la quantité et la qualité de l'eau, et élaborer des points de référence appropriés pour soutenir la modélisation hydroclimatique et l'évaluation des effets et des risques cumulatifs liés à l'aménagement terrestre. Ceci est particulièrement important pour les cours d'eau de la côte atlantique qui se jettent dans des zones telles que la baie de Fundy et le détroit de Northumberland. Élaborer des modèles hydroclimatiques évolutifs au niveau des sous-bassins versants (p. ex. affluents du Saint-Laurent et cours d'eau de la côte atlantique) pour évaluer la disponibilité de l'eau douce et les risques associés, notamment la connectivité entre les systèmes d'eau douce et les systèmes marins comme dans l'estuaire du Saint-Laurent. Relier les résultats des modèles hydroclimatiques aux modèles de	Élaborer un outil d'intégration des données pour modéliser et prédire les changements d'utilisation des terres et de l'eau, en intégrant des données sectorielles et de l'information sur les zones dégradées, telles que les sites contaminés. Évaluer les effets cumulatifs en établissant des sites de surveillance multimédias intégrés (couvrant les eaux de surface et souterraines, les sédiments et le biote) dans des systèmes clés comme le fleuve Saint-Laurent, la rivière Saint-Jean/Wolastoq et le lac Saint-Pierre. Surveiller les conditions de référence et les risques d'effets cumulatifs de manière proactive dans les régions éloignées où de nouveaux aménagements terrestres ou l'expansion d'aménagements existants sont prévus, en particulier dans les zones d'exploitation minière stratégique du nord du Québec et de Terre-Neuve-et-Labrador. Évaluer les effets cumulatifs de l'agriculture intensive et des changements climatiques sur les systèmes d'eaux de surface et souterraines, et évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation existantes et nouvelles. Évaluer les risques et l'efficacité des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) en lien avec la	Déterminer, évaluer et prédire les changements des populations bactériennes, planctoniques, nectoniques et benthiques (faune, flore et bactéries), et examiner leurs liens avec les proliférations d'algues et la mortalité des poissons dans des zones sensibles et à forte biodiversité telles que le lac Saint-Pierre. Élaborer un système d'alerte précoce pour détecter et prévenir la propagation de nouvelles espèces envahissantes, y compris les micro-organismes, conformément aux systèmes d'alerte existants des Grands Lacs afin de renforcer la capacité de réponse régionale. Évaluer les impacts écologiques et le rétablissement dans les systèmes d'eau douce sensibles tels que le lac Saint-Pierre, les lacs acides de Nouvelle-Écosse et les cours d'eau dégradés qui se déversent dans les zones côtières, en tenant compte des effets en aval sur les milieux marins adjacents. Déterminer et surveiller les réponses des écosystèmes d'eau douce aux changements climatiques et à l'utilisation des terres par l'humain qui influencent les refuges d'eau froide et la connectivité fluviale, essentiels au maintien de l'habitat qui abrite les espèces vulnérables et en péril. Intégrer la biosurveillance aquatique dans les relevés des

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Atlantique (incluant le fleuve Saint-Laurent)		
qualité de l'eau afin d'évaluer les répercussions des changements climatiques sur les charges de sédiments, de nutriments et de contaminants, ainsi que l'efficacité des mesures de contrôle de la pollution. Évaluer la qualité de l'eau et les risques pour les écosystèmes, y compris ceux qui touchent les eaux de marée, liés à l'agriculture intensive, et évaluer les impacts de l'intrusion des eaux de surface et des eaux salées résultant de l'utilisation des eaux souterraines, en particulier dans l'Île-du-Prince-Édouard. Évaluer la variabilité locale et régionale dans des bassins versants clés afin de mieux comprendre comment les changements climatiques affectent l'hydrologie, la qualité de l'eau et la fonction des écosystèmes dans diverses conditions environnementales.	mortalité des poissons et les événements anoxiques dans le sud du golfe du Saint-Laurent, en mettant l'accent sur le transport des nutriments excédentaires provenant des pratiques agricoles intensives par la voie des eaux de surface et souterraines.	écosystèmes des milieux humides afin d'élaborer des modèles reliant la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes à l'échelle du bassin versant, ce qui permettra de mieux hiérarchiser les mesures de protection, de remise en état et de conservation.

Tableau 6-2: Priorités scientifiques en matière d'eau douce : Grands Lacs.

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Grands Lacs		
Appliquer des données de scénarios climatiques à échelle réduite pour prédire la charge, la mobilisation et la remobilisation des nutriments lors d'épisodes météorologiques extrêmes et d'inondations, afin de mieux	Mener des études sur les effets cumulatifs des activités industrielles transfrontalières, des effluents d'eaux usées municipales et des rejets de sources ponctuelles combinées au fil du temps, conformément aux stratégies de	Poursuivre l'évaluation du rétablissement des écosystèmes dans les secteurs préoccupants (SP) des Grands Lacs, en tenant compte des multiples mesures de gestion qui visent à remédier aux utilisations bénéfiques altérées et

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Grands Lacs		
comprendre comment la variabilité climatique influence la qualité de l'eau. Évaluer les impacts du déclin de la couverture de glace et de neige sur les lacs dans les bassins versants, y compris les effets de l'augmentation des températures, de la stratification accrue et des changements associés dans le biote, la qualité de l'eau et l'approvisionnement net en eau du bassin. Ces évaluations devraient également tenir compte des impacts concomitants positifs et négatifs de l'utilisation des terres à proximité. Réaliser des évaluations spécifiques aux affluents (sous-bassins versants) de la disponibilité de l'eau afin d'évaluer comment les épisodes météorologiques extrêmes affectent collectivement la quantité et la qualité de l'eau en aval, dans le système des Grands Lacs. Comblent les lacunes dans les données relatives à la saison hivernale en améliorant la surveillance et la recherche pendant les périodes de couverture de glace, et évaluer comment les changements saisonniers de température, de précipitations et de couverture de glace influencent la dynamique des contaminants, l'hydrologie et les décisions politiques et de gestion connexes.	réduction de la pollution prévues dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Prédire les répercussions combinées des charges de polluants et des réponses biologiques provenant de sources de pollution diffuses dans les affluents, les voies interlacustres et les systèmes lacustres afin de mieux comprendre les liens entre la terre et les lacs et la manière dont les changements climatiques peuvent modifier ces interactions. Élaborer des approches de modélisation normalisées et des évaluations intégrées de la contamination des eaux souterraines et de surface, en tenant compte à la fois des sources anciennes et actuelles de décharge et d'élimination des eaux usées (municipales et industrielles). Concentrer ces études sur des zones clés telles que la rivière Grand, y compris les évaluations des effets en aval sur la qualité de l'eau potable. Évaluer les impacts cumulatifs de l'agriculture intensive dans un contexte de changements climatiques, notamment la manière dont l'évolution des pratiques de gestion des nutriments et la surveillance continue des charges dans les bassins versants influencent la qualité de l'eau douce. Il s'agit entre autres d'évaluer l'efficacité des pratiques de gestion bénéfiques (BMP) dans	en évaluant les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de remise en état. Mettre en œuvre des programmes de surveillance adaptative afin de soutenir un système d'alerte transfrontalier permettant de détecter les changements microbiologiques et la présence d'agents pathogènes dans les Grands Lacs, ce qui améliorera les capacités d'alerte précoce et la protection de la santé publique. Appliquer des outils analytiques complets pour évaluer les changements dans les réseaux trophiques des Grands Lacs et de leurs affluents, y compris les impacts indirects sur la santé humaine et la sécurité alimentaire (p. ex. par le biais de la pêche et de l'utilisation des ressources aquatiques). Élaborer des plateformes d'observation intégrées et peu coûteuses à l'échelle d'un lac, équipées de capteurs multiples pour surveiller les paramètres de l'air et de l'eau, afin d'améliorer la capacité d'observation de grands lacs et l'intégration des données. Étendre la surveillance par télédétection à l'échelle d'un lac pour suivre le développement, la propagation et l'intensité des proliférations d'algues dans le but de soutenir les stratégies d'intervention et de gestion précoces.

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Grands Lacs		
	l'ensemble du bassin des Grands Lacs. Poursuivre la surveillance et la recherche sur les nouveaux contaminants, tels que les microplastiques, afin de mieux comprendre leurs sources, leur comportement dans l'environnement, leurs incidences écologiques et les stratégies d'atténuation potentielles.	Améliorer la surveillance biologique à l'aide de technologies émergentes telles que le métacodage à barres de l'ADN environnemental (ADNe) pour détecter et surveiller l'arrivée ou la propagation d'espèces envahissantes, et évaluer leurs répercussions en cascade sur les réseaux trophiques, le cycle des nutriments et les fonctions écosystémiques.

Tableau 6-3: Priorités scientifiques en matière d'eau douce : Baie d'Hudson (y compris les Prairies).

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Baie d'Hudson (y compris les Prairies)		
Surveiller et modéliser les changements de la cryosphere en suivant la diminution des glaciers et du manteau neigeux, le moment de la fonte des neiges et la dynamique entre la fonte des neiges et les eaux souterraines afin d'évaluer les implications pour l'approvisionnement régional en eau et en énergie. Évaluer les risques de navigation liés à la « perte d'hiver » en réalisant: Réaliser des évaluations complètes des risques liés à la façon dont des hivers plus courts et plus chauds peuvent aggraver les difficultés de navigation à cause des faibles niveaux des cours d'eau (p. ex. cours inférieur de la rivière Athabasca).	Appliquer des scénarios climatiques à échelle réduite pour évaluer les changements d'utilisation des terres spécifiques à chaque secteur et les risques liés aux ressources en eau pour l'agriculture, l'énergie et l'exploitation minière, en accordant une attention particulière aux grands systèmes lacustres (p. ex. lac Winnipeg). Mettre en place une surveillance de base pour l'exploitation des minéraux critiques en effectuant une surveillance de la quantité et de la qualité de l'eau et en utilisant des outils prédictifs pour évaluer les risques liés à l'expansion de l'exploitation minière (p. ex. dans la région du Cercle de feu).	Entreprendre une surveillance adaptative des emplacements des espèces envahissantes aquatiques et terrestres et de leurs déplacements transfrontaliers, en particulier dans le bassin versant du lac Winnipeg, dans les Prairies et à la frontière entre le Canada et les États-Unis, afin de permettre la production de rapports et la prise de mesures en temps opportun. Évaluer le rôle des espèces envahissantes dans la dynamique des nutriments et des pêches, comme observé dans le lac Winnipeg, et évaluer la vulnérabilité de l'écosystème afin de hiérarchiser les mesures de gestion. Améliorer les évaluations de la biodiversité des milieux humides à l'échelle des bassins versants,

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Baie d'Hudson (y compris les Prairies)		
Analyser la dynamique de l'écoulement fluvial en évaluant les réponses à la modification des régimes d'écoulement, à l'expansion de l'irrigation, à la gestion des milieux humides et à l'influence des zones à contribution nulle sur l'écoulement dans le bassin. Quantifier les changements de volume des lacs et des milieux humides en déterminant l'évolution de la capacité de stockage des lacs et des milieux humides dans les Prairies et les implications qui en résultent pour les systèmes d'eaux souterraines. Évaluer les ressources en eaux souterraines en évaluant la disponibilité et l'exploitabilité des eaux souterraines, les effets des changements climatiques sur les interactions entre les eaux de surface et souterraines, la recharge des aquifères et la génération de ruissellement. Suivre les changements d'hydropériodes des milieux humides en examinant les réponses spatialement variables des hydropériodes des milieux humides (p. ex. marmites des Prairies) aux changements climatiques. Étendre la surveillance dans les régions de pergélisol en surveillant la quantité et la qualité de l'eau dans les zones connaissant un dégel rapide du pergélisol (p. ex. nord de la baie d'Hudson).	Évaluer les effets cumulatifs de l'agriculture intensive et des changements climatiques sur les eaux de surface et souterraines, et évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation. Mettre au point des solutions fondées sur la nature pour renforcer la résilience aux changements climatiques (p. ex. protection des milieux humides, plantation d'arbres pour rétablir les flux naturels, remise en état des berges et des cours d'eau pour réduire les inondations et accroître la biodiversité, amélioration de la connectivité des cours d'eau et gestion améliorée des pâturages). Poursuivre la surveillance des nutriments et l'évaluation des sources, des charges et de l'efficacité des pratiques exemplaires de gestion dans le bassin versant du lac Winnipeg afin d'évaluer les effets en cascade dans les lacs et les réservoirs (p. ex. lacs des Bois, Winnipeg, Winnipegosis et Cedar), y compris les contributions transfrontalières (p. ex. rivière Rouge). Évaluer les scénarios de production hydroélectrique en tenant compte de la demande future et des impacts sur les communautés en aval, en particulier la modification de l'utilisation des terres et la méthylation du mercure, en mettant l'accent sur les grands réservoirs (p. ex. rivières	en particulier dans les zones touchées par un excès de nutriments et de contaminants chimiques. Élargir les connaissances scientifiques sur le bassin du lac Winnipeg pour examiner les interactions entre plusieurs espèces qui favorisent les pêches durables. Évaluer comment le climat, la qualité de l'eau et la disponibilité de l'eau influencent le rétablissement des poissons menacés et en voie de disparition. Utiliser la télédétection pour surveiller le développement et l'expansion des proliférations d'algues.

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Baie d'Hudson (y compris les Prairies)		
Étudier les effets des sécheresses pluriannuelles en étudiant les conséquences hydrologiques d'années de sécheresse consécutives sur les systèmes de prairies, notamment la réduction du manteau neigeux et la modification des interactions entre les eaux souterraines et de surface et de leur utilisation. Se concentrer sur les affluents du lac Winnipeg en évaluant les changements climatiques dans les affluents (p. ex. fréquence des inondations et des sécheresses) et leurs implications pour la disponibilité de l'eau au niveau municipal et communautaire.	Saskatchewan, Churchill et La Grande). Élargir les connaissances scientifiques sur le bassin du lac Winnipeg afin d'inclure des évaluations des effets cumulatifs de multiples facteurs de stress à l'échelle locale et du bassin versant, dont le transport transfrontalier de contaminants.	

Tableau 6-4: Priorités scientifiques en matière d'eau douce : Pacifique.

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Pacifique		
Étudier les implications de la diminution des glaciers et manteau neigeux sur l'approvisionnement régional en eau et en énergie, y compris les changements de la disponibilité saisonnière de l'eau à mesure que les régimes d'écoulement passent de systèmes dominés par la fonte des neiges à des systèmes hybrides ou dominés par les précipitations. Entreprendre une évaluation intégrée des ressources en eau douce, englobant les précipitations, l'évapotranspiration, la recharge	Mener des études sur les effets cumulatifs des pratiques d'utilisation des terres (p. ex. urbanisation, agriculture, foresterie, développement industriel et exploitation des ressources), des changements dans la couverture terrestre (p. ex. feux de forêt, exploitation forestière, infestations d'insectes) et des changements climatiques afin de déterminer les incidences sur les cycles hydrologiques, les eaux de surface et souterraines, et le rendement des infrastructures de rétention d'eau	Étudier la hausse des températures des cours d'eau et les processus biogéochimiques pour comprendre les effets sur le cycle du carbone et des nutriments et sur la santé des écosystèmes fluviaux, en mettant l'accent sur les espèces de poissons d'eau froide (p. ex. saumon, truite) qui dépendent des cours d'eau du Pacifique pour frayer. Évaluer l'efficacité de la gestion actuelle des débits environnementaux pour protéger l'habitat aquatique et maintenir les

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Pacifique		
des nappes phréatiques et l'identification des points sensibles des bassins versants. Évaluer les impacts des événements hydroclimatiques extrêmes (p. ex. inondations provoquées par les rivières, sécheresses météorologiques, agricoles et hydrologiques, vagues de chaleur estivales) sur la quantité et la qualité de l'eau. Évaluer les effets du dégel du pergélisol sur la qualité et la disponibilité de l'eau dans la partie septentrionale de la région. Déterminer la capacité de réponse et les limites de la gestion cumulative de l'eau, y compris la performance des barrages, des digues et des systèmes d'irrigation dans des conditions hydroclimatiques extrêmes futures (p. ex. dans la vallée du fleuve Fraser).	pour l'utilisation et la demande futures d'eau. Évaluer les effets cumulatifs de l'exploitation minière (p. ex. gaz naturel liquéfié, minéraux) sur la quantité et la qualité de l'eau, y compris les eaux souterraines, afin d'évaluer la disponibilité de l'eau en aval et les risques de contamination des sources d'eau. Établir des conditions de base/de référence et une surveillance ciblée pour orienter la remise en état des anciens sites d'exploitation minière (p. ex. extraction de minéraux, d'or, de gaz naturel), avec une participation importante de la communauté afin de définir conjointement les mesures de rétablissement et les priorités. Évaluer les compromis entre l'eau et l'énergie pour une production durable d'hydroélectricité et d'énergie propre en tenant compte des changements futurs dans l'offre et la demande d'eau, des effets en aval de la régulation des réservoirs et des questions transfrontalières (p. ex. Traité du fleuve Columbia). Surveiller les eaux souterraines et les eaux des tronçons principaux (p. ex. lac Okanagan) pour quantifier le transport des nutriments et des contaminants provenant de l'agriculture, de l'exploitation minière et de l'urbanisation, et répartir les sources de pollution en aval (c.-à-d. répartition des sources)	services écosystémiques, et identifier les ajustements nécessaires pour répondre aux conditions futures. Améliorer les connaissances de l'interface entre les eaux douces et les eaux marines côtières en surveillant les espèces et les biotes clés sensibles ou sentinelles (p. ex. saumon) qui sous-tendent le fonctionnement des écosystèmes, des services, de la sécurité alimentaire (aliments traditionnels) et du bien-être des communautés. Évaluer l'état et la résilience des fonctions et des services écologiques dans les cours d'eau vulnérables et purs (p. ex. rivière Skeena) afin d'orienter les mesures de protection et de conservation.

Tableau 6-5: Priorités scientifiques en matière d'eau douce : Région de l'Arctique.

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Région de l'Arctique		
Évaluer les impacts climatiques combinés sur le cycle hydrologique en évaluant comment le dégel du pergélisol, la diminution du manteau neigeux et la variabilité climatique (p. ex. changements neige-pluie) modifient les régimes des eaux souterraines et affectent la santé des écosystèmes aquatiques de l'Arctique, la qualité de l'eau et l'approvisionnement en eau des collectivités et des industries. Faire progresser la recherche et la surveillance des écosystèmes basées sur les processus en mettant en place des programmes complets à long terme pour suivre les changements climatiques, depuis la couverture neigeuse jusqu'aux services écosystémiques liés à l'eau douce qui soutiennent l'agriculture durable et la sécurité alimentaire dans les communautés nordiques et éloignées (p. ex. incidences sur les espèces utilisées comme « aliments traditionnels »). Appliquer l'exploration de données et l'apprentissage automatique en utilisant des outils d'analyse avancés pour identifier et caractériser les tendances en matière de disponibilité et de pollution de l'eau dans l'Arctique, afin d'améliorer la détection précoce et le diagnostic des risques émergents.	Appliquer des scénarios climatiques à échelle réduite pour évaluer les changements d'utilisation des terres spécifiques à chaque secteur et les risques liés aux ressources en eau dans les secteurs de l'énergie et de l'exploitation minière, en mettant l'accent sur les grands lacs (p. ex. Grand lac des Esclaves et lac Athabasca). Surveiller et évaluer les effets cumulatifs de l'extraction des ressources, de la remise en état des terres et d'autres changements d'utilisation des terres dans les systèmes clés (p. ex. bassins versants de la rivière de la Paix-Athabasca et du fleuve Mackenzie), en tenant compte de la variabilité et des changements climatiques. Réaliser des évaluations à grande échelle des gradients nord-sud dans les tendances des dépôts atmosphériques dans les cours d'eau et les lacs afin d'évaluer l'efficacité des stratégies passées, actuelles et futures de réduction de la pollution dans des conditions climatiques changeantes. Surveiller les dépôts de contaminants atmosphériques dans les écosystèmes aquatiques provenant des régions sources du sud, y compris les risques futurs liés à l'augmentation du dégel et de la réémission par l'« effet sauterelle ».	Définir les seuils de quantité et de qualité de l'eau afin de protéger la nature et les services écosystémiques, et les utiliser pour éclairer les approches de gestion conjointe des débits environnementaux dans le delta de la rivière de la Paix-Athabasca, le parc national Wood Buffalo et le delta de la rivière Saskatchewan. Renforcer la recherche et la surveillance de la biodiversité des eaux douces de l'Arctique en s'alignant sur les initiatives circumpolaires internationales, en affinant les méthodes d'évaluation normalisées et en intégrant les nouveaux outils génomiques. Faire progresser la compréhension des risques écologiques pour les écosystèmes aquatiques de l'Arctique associés à des changements environnementaux à grande échelle, notamment le dégel du pergélisol et le verdissement du paysage. Surveiller et prévoir l'expansion vers le nord, sous l'effet du climat, des espèces terrestres, aquatiques et semi-aquatiques, et évaluer les incidences qui en résultent sur le fonctionnement et l'intégrité de l'écosystème.

Eau – Science des changements climatiques	Eau – Science de l'utilisation des terres	Eau – Science de la biodiversité
Région de l'Arctique		
Intégrer la modélisation et la surveillance climatique et hydrologique en développant des capacités de prévision adaptées aux écorégions arctiques, y compris les dépôts atmosphériques dans les régions froides, et en intégrant les observations de surface aux données satellitaires pour une couverture panarctique afin d'améliorer les prévisions de la qualité de l'eau douce et de repérer les zones vulnérables pour des études ciblées et basées sur les processus concernant la qualité de l'eau et la biodiversité.	Entreprendre des études sur les effets cumulatifs en fonction du lieu concernant la bioaccumulation et la bioamplification des polluants et les nouveaux produits chimiques préoccupants pour l'Arctique (NPCPA) associées à l'expansion de l'activité économique. Inclure la prévision des risques futurs liés à la réémission de polluants organiques persistants (POP) hérités du passé provenant de sources secondaires, notamment à cause du dégel du pergélisol et des incidences sur les espèces sauvages. Évaluer l'évolution de la couverture terrestre (p. ex. arbustification et le déplacement vers le nord de la limite des arbres) et ses implications pour l'évapotranspiration, la distribution de la neige et l'alimentation des eaux souterraines.	

7. Recherche socioécologique et économique sur l'eau douce

Le processus décisionnel associé à l'intendance durable de l'eau doit tenir compte de la diversité des valeurs et des perspectives qui sous-tendent l'utilisation et la protection de l'eau douce. Les indicateurs de la qualité et de la quantité d'eau reflètent des aspects de l'utilisation de l'eau et de l'approvisionnement en eau, mais ils ne représentent pas adéquatement toute la gamme et la complexité des utilisations de l'eau douce ou les nombreux résultats précieux associés à l'intendance. Il est essentiel de renforcer les systèmes de données de suivi et de prévision pour élaborer des indicateurs plus complets qui reflètent les priorités écologiques, culturelles et socioéconomiques.

Aussi, il est crucial de comprendre la valeur marchande et non marchande de l'eau douce propre pour éclairer les décisions et évaluer les compromis. Par exemple, les choix liés à l'utilisation des eaux souterraines par rapport aux eaux de surface, à la protection des eaux utilisées à des fins récréatives, au maintien des voies navigables ou à la production d'énergie hydroélectrique sont tous liés à un équilibre entre divers intérêts. L'évaluation économique peut être un outil utile non seulement pour évaluer les compromis dans des contextes précis, mais aussi pour révéler comment différentes communautés perçoivent, priorisent et valorisent l'eau douce dans le processus décisionnel.

Encadré 7.1 Justice environnementale

Le sondage de 2024 du Programme scientifique national sur l'eau douce a souligné l'importance de l'interconnexion pour la compréhension des défis liés à l'eau douce. Les facteurs interconnectés et les identités intersectionnelles peuvent amplifier ou modifier les risques pour certaines populations, notamment les collectivités autochtones qui sont souvent touchées de façon disproportionnée par les changements dans la qualité et la quantité de l'eau douce causés par les catastrophes naturelles, la pollution et d'autres facteurs de stress. La reconnaissance de ces interconnexions souligne la nécessité de données exhaustives sur les activités sectorielles et de développement qui décrivent où et comment l'eau est utilisée, et par qui. Ces données peuvent appuyer les analyses des effets cumulatifs et approfondir la compréhension des expériences à l'échelle communautaire concernant les problèmes de qualité de l'eau.

La *Loi sur la stratégie nationale relative au racisme environnemental et à la justice environnementale* établit de nouvelles responsabilités de lutte contre les inégalités dans les résultats en matière d'environnement. De même, des principes de justice environnementale sont intégrés à la *Loi sur les droits en matière d'environnement* des Territoires du Nord-Ouest et à la *Loi sur l'évaluation environnementale et socioéconomique au Yukon*, renforçant la nécessité d'un processus décisionnel en matière d'eau douce qui est inclusif, juste et transparent.

L'intendance de l'eau douce se fait dans un cadre complexe caractérisé par des demandes concurrentes, des droits divers et des intérêts variés des intervenants. Pour tenir compte de cette complexité, l'adoption d'approches à critères multiples peut aider à éclairer la prise de décisions par l'intégration de différents types de renseignements — qualitatifs, semi-quantitatifs et quantitatifs (notamment les données économiques). Dans de nombreux cas, le processus décisionnel nécessitera également la prise en compte des perspectives culturelles, éthiques et juridiques pour que la gestion de l'eau douce reflète toute la gamme des valeurs et des responsabilités sociétales.

Dans les visions du monde autochtones, l'eau n'est pas simplement une ressource, mais un être vivant distinct qui a son propre esprit et sa propre capacité d'action. L'eau détient le pouvoir de donner la vie, soutient tous les êtres vivants et maintient l'équilibre au sein des écosystèmes. Cette relation profonde avec l'eau façonne les croyances autochtones selon lesquelles l'eau ne peut pas être « administrée » au sens traditionnel occidental.¹² Cependant, dans le contexte de la gestion de l'eau, de nombreux peuples autochtones préconisent des pratiques qui honorent le rôle sacré de l'eau, notamment l'importance des femmes autochtones qui ont un lien et un rôle particulier par rapport à l'eau en tant que protectrices et donneuses de vie.^{13,14} Différents groupes autochtones ont des relations uniques avec l'eau qui reflètent l'histoire et le contexte culturel qui leur sont propres, ainsi que différentes façons de connaître et d'être, comme l'Inuit Qaujimajatuqangit.¹⁵ Par exemple, pour les communautés Inuites, l'eau fait partie d'un flux interconnecté qui soutient la vie dans l'Arctique et qui les relie à leurs territoires de chasse et de pêche ancestraux.¹⁶ Les Métis ont des traditions associées aux cours d'eau et aux bassins versants qui sont essentiels à leur transport, à leur commerce et à leur subsistance dans les prairies.¹⁷ Pour de nombreuses Premières Nations, l'eau est vénérée par des enseignements de réciprocité et de respect, où chaque personne est tenue de prendre soin de l'eau en tant que parent.¹⁸ Ces responsabilités sont ancrées dans la compréhension que le fait de nuire à l'eau finit par nuire à toutes les formes de vie, ce qui souligne l'importance de la sensibilisation aux risques dans les pratiques d'intendance. Pour de nombreux peuples autochtones, la protection de l'eau est liée à des traditions et des coutumes, qui fournissent un système de gestion durable. Comme l'ont fait valoir les Premières Nations membres de la Maa-nulth Treaty Society lors de consultations du PSNED, les considérations socioécologiques doivent également refléter les caractéristiques socio-hydrologiques ainsi que le rétablissement et le maintien du lien entre l'eau et les peuples autochtones en tant qu'intendants de l'eau, et tenir compte des flux culturels.

7.1 Priorités scientifiques

💧 Compréhension des avantages et des compromis grâce à une analyse à critères multiples

Il existe peu d'information à l'échelle du sous-bassin versant sur la façon dont les pratiques de gestion bénéfiques mises en œuvre influencent les réactions cumulatives aux répercussions de l'utilisation des terres sur la qualité et la quantité de l'eau, ou sur la façon dont les solutions terrestres peuvent améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau et réduire la pollution en aval. De même, il existe des lacunes importantes dans les connaissances concernant les répercussions des choix en matière d'allocation et de traitement de l'eau dans les secteurs municipaux, industriels et autres. Ces lacunes font en sorte qu'il est difficile d'évaluer pleinement les compromis lors de la prise de décisions sur la conservation et la protection de l'eau douce. Une analyse participative à critères multiples offre un complément précieux aux évaluations économiques propres à un secteur en intégrant des dimensions écologiques, sociales et culturelles. Elle peut exprimer les répercussions en termes non monétaires et fournir de l'information sur la valeur écologique et sociétale plus large de l'eau douce, notamment ses contributions à la santé publique et à la biodiversité.

¹² [Meanings of indigenous land-based healing and the implications for water governance](#) (la signification de la guérison basée sur la terre pour les Autochtones et ses incidences sur la gouvernance de l'eau; en anglais seulement)

¹³ Water Song: Indigenous Women and Water (chanson de l'eau : les femmes autochtones et l'eau; en anglais seulement) – [resilience](#)

¹⁴ [Sacred Science – Indigenous women and our relationship with water](#) (science sacrée — les femmes autochtones et leur relation avec l'eau; en anglais seulement)

¹⁵ [Étape 4 : Approche et méthodes — Boîte à outils pour la surveillance autochtone du climat](#)

¹⁶ [L'océan Arctique et la glace de mer sont notre Nuna — Nations Unies](#)

¹⁷ [Métis Knowledge, Land Use And Occupancy Study For The Lake St. Martin And Lake Manitoba Permanent Outlet Channels Project](#) (étude sur les connaissances des Métis ainsi que leur utilisation et leur occupation des terres pour le projet des canaux de sortie permanents du lac St. Martin et du lac Manitoba; en anglais seulement)

¹⁸ [La terre comme école : comprendre l'apprentissage autochtone inspiré de la terre Commission canadienne pour l'UNESCO](#)

💧 Élaboration d'indicateurs

Les indicateurs jouent un rôle essentiel dans l'élaboration et l'orientation des systèmes de suivi et des cadres prédictifs pour l'évaluation de l'efficacité des interventions ainsi que des risques liés à l'allocation, à la conservation, à la protection et à l'assainissement de l'eau et à l'accès équitable. L'élaboration d'indicateurs nationaux évolutifs et à critères multiples qui cadrent avec la santé des humains et des écosystèmes, la résilience énergétique et la croissance économique durable renforcera la capacité du Canada à relever les défis associés à la sécurité alimentaire et à l'approvisionnement en eau. La normalisation de ces indicateurs entre les administrations améliorerait également l'uniformité des rapports et la mobilisation des connaissances. Voici des exemples de catégories d'indicateurs possibles :

- Les indicateurs biophysiques et chimiques de la qualité de l'eau, de la quantité d'eau, de la charge en contaminants et de l'utilisation de l'eau. Ces indicateurs existent, mais ils ne rendent souvent pas compte de la nature intégrée des systèmes d'eaux de surface et souterraines en tant que services écosystémiques qui soutiennent la santé humaine ainsi que la sécurité alimentaire et hydrique. Dans de nombreux cas, les indicateurs doivent être améliorés pour mieux correspondre aux résultats de gestion bénéfiques, à la prévention de la pollution ou aux objectifs d'atténuation.
- Les indicateurs dirigés par les Autochtones qui relient l'état de l'eau aux services écosystémiques, à la biodiversité et aux valeurs culturelles et spirituelles et qui reflètent ainsi la science et les systèmes de connaissances autochtones.
- Les indicateurs socioécologiques qui reflètent divers résultats précieux de l'intendance de l'eau, notamment des perspectives fondées sur les droits, la culture et des générations multiples. Ces indicateurs peuvent également refléter les préférences sociales et les aspects non monétaires du bien-être liés à l'eau douce.

Les indicateurs économiques qui relient le suivi des eaux douces et les données prédictives aux résultats économiques. Ces indicateurs peuvent aider à déterminer le changement progressif dans un ou plusieurs indicateurs de l'eau en réponse à une activité humaine ou économique, à l'appui d'évaluations plus transparentes des compromis — tels que les gains ou les pertes — entre des utilisations de l'eau, des objectifs de qualité et des priorités de gestion du paysage qui sont concurrents.

Encadré 7.2 Analyse coûts-avantages et à critères multiples

L'analyse coûts-avantages (ACA) est un outil décisionnel structuré utilisé pour évaluer les coûts et les avantages économiques, sociaux et environnementaux d'une politique, d'un projet ou d'un règlement proposé. Elle évalue les changements différentiels entre la situation et la trajectoire actuelles et une solution de rechange potentielle au moyen de méthodes quantitatives et qualitatives. L'ACA implique souvent l'attribution de valeurs monétaires à des répercussions, mais elle peut également intégrer des facteurs non monétaires lorsque la monétisation n'est pas réalisable.

Dans le contexte de l'intendance de l'eau douce, l'ACA appuie l'inclusion des biens et services environnementaux dans le processus décisionnel. Il peut s'agir d'un éventail de techniques d'évaluation, comme l'estimation du coût de remplacement d'un service naturel (p. ex. le rôle des milieux humides dans le filtrage des contaminants), l'analyse de la façon dont le comportement des gens reflète la valeur qu'ils attribuent à un avantage environnemental (p. ex. la valeur des propriétés près de sources d'eau propre) ou la réalisation de sondages pour comprendre les préférences du public. Plutôt que de mettre un prix définitif sur la nature, ces méthodes soulignent l'importance économique des avantages écologiques, de sorte qu'ils soient dûment pris en compte dans les décisions stratégiques et de gestion.

L'analyse à critères multiples (ACM) et l'ACA se complètent souvent, et elles peuvent mener à des conclusions similaires. La rigueur de l'ACA découle de ses règles méthodologiques et de sa structure quantitative, tandis que l'ACM met l'accent sur l'inclusion et la transparence. L'ACM est de nature participative, rendant explicite la façon dont les facteurs qualitatifs et quantitatifs sont pondérés, tandis que l'ACA a tendance à être de nature plus technique et analytique, la pondération des facteurs qualitatifs étant laissée au décideur. Pour obtenir des résultats équilibrés et équitables, il est essentiel que l'ACM reflète adéquatement les aspects économiques et que l'ACA ne néglige pas les dimensions sociales et non monétaires de la valeur.

💧 Amélioration de l'analyse coûts-avantages économiques

L'évaluation des coûts économiques des investissements réglementaires et techniques (infrastructures) est de plus en plus courante; toutefois, l'absence de méthodes normalisées et la disponibilité limitée des données sur les avantages donnent souvent lieu à des constatations incohérentes. Pour y remédier, il faut que les évaluations intègrent des renseignements, des perspectives et des méthodes qui reflètent l'équité et la justice environnementale. Des cadres élargis sont également nécessaires pour la prise en compte des changements climatiques, des réponses de la biodiversité et des répercussions de l'action climatique. La réalisation d'études de cas au niveau du bassin versant aidera à évaluer l'adéquation des données disponibles et la pertinence des méthodes dans des contextes précis.

Malgré les données limitées, plusieurs types d'études économiques peuvent éclairer de manière significative l'élaboration de règlements, de normes, de lignes directrices et de processus décisionnels plus vastes :

- Estimer les coûts et les avantages d'éviter la pollution de l'eau douce, notamment monétiser les répercussions sur la santé humaine et écosystémique de l'exposition à des contaminants à court et à long terme, et tenir compte des effets cumulatifs. Ce genre d'analyse peut éclairer les évaluations des risques et orienter les politiques, les programmes et les services.
- Évaluer les compromis entre les avantages économiques de grands projets de ressources et leurs répercussions sur la quantité et la qualité de l'eau dans le cadre d'évaluations environnementales et stratégiques.

- Quantifier la valeur, les coûts et les avantages de la disponibilité de l'eau douce pour les secteurs qui en dépendent (p. ex. hydroélectricité, pétrole et gaz, agriculture, loisirs et tourisme).
- Mesurer les coûts des dommages environnementaux et des répercussions sur la santé publique associés aux phénomènes météorologiques extrêmes qui ont une incidence sur la disponibilité, la qualité et le débit de l'eau douce, ainsi que ceux liés aux défaillances d'infrastructures, aux rejets d'eaux usées non traitées, aux dépôts atmosphériques et à la propagation d'espèces envahissantes et d'agents pathogènes.
- Estimer la valeur et les avantages des solutions fondées sur la nature, en tant que solutions de rechange ou compléments aux infrastructures grises qui exploitent les services écologiques (p. ex. atténuation des inondations, filtration des contaminants, cycle des nutriments et soutien à la biodiversité).

💧 **Compréhension de la réponse intégrée à l'échelle du bassin versant à des pratiques de gestion bénéfiques**

Pour mieux comprendre les interventions à l'échelle du bassin versant, il faut disposer de stratégies de collecte de données et de méthodologies normalisées permettant d'évaluer uniformément diverses interventions de gestion au moyen de mesures quantitatives et qualitatives. Cette perspective élargie peut aider à déterminer quand et où appliquer les outils existants ou en adopter de nouveaux. Pour améliorer la pertinence des politiques, il faudrait que les évaluations économiques reposent sur des approches telles que l'analyse des coûts évités, l'optimisation dynamique et l'évaluation dans un contexte d'incertitude, en fonction de scénarios contrefactuels de référence clairement définis (« ce qui se passerait sans intervention ») pour l'évaluation de l'efficacité.

Voici quelques exemples :

- Évaluations à l'échelle d'exploitations agricoles, de serres et d'unités forestières, extrapolées aux échelles du bassin versant et du sous-bassin versant pour l'évaluation de scénarios de gestion bénéfiques tenant compte des changements liés au climat et à l'utilisation des terres, de la dynamique sol-eau et du moment choisi pour des interventions.
- Évaluations de l'efficacité d'outils économiques conçus pour favoriser les pratiques de gestion bénéfiques ou l'utilisation durable des terres et de l'eau. Ces outils, allant des mesures incitatives aux mesures réglementaires, devraient être évalués en fonction de leur capacité à susciter un changement de comportement, à stimuler l'innovation et à produire les résultats escomptés. Des études à plus petite échelle pourraient tester des interventions (p. ex. normes de flux environnemental, subventions, paiements pour des services écosystémiques) de manière à comprendre leur adoption, leurs répercussions économiques et leur pertinence régionale.
- Études sur les obstacles et les facteurs de réussite liés à différents outils de gestion, programmes et règlements. Des évaluations des effets économiques cumulatifs qui intègrent des variables multiples pourraient aider à cerner les interactions entre des interventions, qu'elles soient synergiques, additives ou antagonistes.

💧 **Application de données sur l'eau douce adaptées pour le suivi, la prévision et l'évaluation lors de la prise de décisions propres à un secteur**

Des études à plusieurs échelles qui examinent la façon dont les décideurs utilisent les données sur l'eau douce peuvent aider à améliorer les approches de gestion pour la protection de la santé publique et la durabilité économique. De telles études peuvent également éclairer la création de données et de produits d'information adaptés et relier des résultats empiriques à des modèles de prévision économique (p. ex. équilibre général stochastique dynamique ou analyse des options réelles).

Voici des exemples :

- Gérer la demande croissante en eau et en énergie pour les infrastructures informatiques et de données parallèlement aux besoins municipaux, agricoles et industriels.
- Utiliser les prévisions des risques pour la santé publique (p. ex. les éclosions de maladies, les défaillances d'infrastructures ou les inondations) afin d'éclairer des stratégies proactives de gestion de l'eau et d'atténuation.
- Appliquer des technologies d'irrigation avancées dans les régions où l'eau est rare ou pendant les conditions de sécheresse de manière à optimiser l'utilisation et à réduire au minimum le gaspillage.

Ensemble, les analyses coûts-avantages et les analyses à critères multiples fournissent un cadre solide pour la prise de décisions sur la gestion de l'eau douce fondées sur des compromis. Idéalement, l'intendance de l'eau douce devrait s'appuyer sur un ensemble d'approches qui intègrent le codéveloppement, la mobilisation participative et la prise en compte explicite de l'équité. Les processus décisionnels inclusifs — comme les évaluations à critères multiples, les dialogues délibératifs et les évaluations communautaires — garantissent que les points de vue des détenteurs de droits, du public et des intervenants concernés sont reflétés de manière significative.

Les outils analytiques de sources ouvertes peuvent soutenir davantage la prise de décisions transparentes et participatives. Ces plateformes permettent aux utilisateurs de modéliser les coûts et les avantages de diverses options de gestion de l'eau douce (p. ex. enlèvement de barrages, restauration de milieux humides, mécanismes d'établissement des prix), d'explorer les compromis entre plusieurs objectifs (p. ex. intégrité écologique, productivité agricole, valeurs culturelles) et de comparer des scénarios de façon à orienter des résultats durables et équitables liés à l'eau douce.

7.2 Résultats en matière de connaissances

L'amélioration de la recherche socioécologique et économique sur l'eau douce permettra de mieux comprendre comment les décisions, les politiques et les pratiques en matière de gestion de l'eau façonnent les résultats environnementaux, sociaux et économiques à toutes les échelles. Les résultats liés aux connaissances ci-dessous reflètent les domaines clés où il est nécessaire d'améliorer la compréhension et l'intégration :

- Une meilleure compréhension des coûts et des avantages de la gestion de l'eau et des services écosystémiques liés à l'eau douce, en fonction des demandes multiples des utilisateurs et des diverses interventions établies et proposées qui sont effectuées simultanément dans un bassin versant.
- Une meilleure compréhension des compromis et des avantages associés à l'intendance de l'eau douce, en fonction de la variété des visions du monde, des valeurs, des droits et des intérêts afin de mieux équilibrer l'intégrité écologique, les priorités culturelles et le développement économique dans la prise de décisions.

7.3 Faire progresser les outils scientifiques

Le renforcement de la recherche socioécologique et économique sur l'eau douce dépend de systèmes de données, de suivi et de modélisation robustes qui relient la science environnementale aux analyses sociales et économiques. Les outils scientifiques ci-dessous aideront à établir la base de données probantes nécessaire pour appuyer la prise de décisions intégrées en vue d'une gestion durable de l'eau douce :

- **Données** : établir des registres de données et des outils d'analyse qui sont accessibles et cohérents pour permettre une recherche économique multidisciplinaire et à critères multiples sur les avantages et les coûts de l'intendance de l'eau douce.

- **Suivi et surveillance** : combler les lacunes en matière d'information sur l'utilisation de l'eau, ainsi que sur les coûts et les avantages de la gestion de l'eau, afin de soutenir l'élaboration et la production de rapports sur les indicateurs socioécologiques et économiques liés à l'eau douce. Les systèmes de suivi doivent être évolutifs de manière à répondre aux besoins de multiples utilisateurs.
- **Cadres de modélisation prédictive** : créer des cadres de modélisation qui combinent des modèles sur l'hydrologie, la géographie, le climat et l'écosystème aquatique à des modèles d'évaluation économique et à critères multiples, de façon à réaliser des analyses plus complètes et plus intégrées des options et des résultats associés à la gestion de l'eau douce.

8. Science de l'eau douce et systèmes d'aide à la décision

L'utilisation de l'eau douce — de surface ou souterraine — par la société est un élément fondamental du cycle de l'eau. La disponibilité sécurisée et fiable d'une eau propre et adaptée à l'usage prévu favorise des collectivités saines, une économie forte et un environnement résilient. Pour assurer un approvisionnement en eau qui est durable et sûr, il faut non seulement comprendre les ressources en eaux de surface et souterraines qui sont présentes dans un bassin versant, mais aussi les tendances liées à la demande en eau, à son utilisation et aux répercussions connexes. Il est essentiel d'avoir une compréhension approfondie du bilan hydrologique à l'échelle du bassin versant ou du sous-bassin versant pour orienter des décisions complexes en matière d'allocation de l'eau. Ces décisions doivent reposer sur des compromis trouvés entre les pressions pesant sur les systèmes d'eau douce en raison de la rareté de l'eau, de la diminution de la qualité de l'eau ou de priorités économiques et sociales concurrentes.

Le concept d'utilisation durable reflète le fait que l'eau douce est essentielle à la qualité de vie, au bien-être économique ainsi qu'à la santé humaine et environnementale. La gestion durable doit faire appel à des approches participatives qui reconnaissent l'importance économique, écologique et culturelle de l'eau, ainsi que son rôle en tant que bien public. Ces principes soulignent la nécessité d'une collaboration entre plusieurs disciplines scientifiques, notamment les sciences sociales et économiques, et de l'intégration de divers systèmes de connaissances et de diverses perspectives. Cette approche intégrée constitue le fondement des décisions basées sur des données probantes concernant l'allocation, la conservation, l'assainissement et le traitement de l'eau et la planification des infrastructures connexes.

Encadré 8.1 LCPE et droit à un environnement sain

Il est indiqué dans le préambule de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* (LCPE), modernisée en 2023 par l'entremise de la Loi sur le renforcement de la protection de l'environnement pour un Canada en santé, que chaque personne au Canada a droit à un environnement sain, comme le prévoit la Loi. Un cadre de mise en œuvre est en cours d'élaboration en vue de préciser les trois nouveaux principes directeurs suivants : la justice environnementale, la non-régression pour maintenir les niveaux de protection et l'équité intergénérationnelle. Ces principes se rapportent directement à la réalisation des travaux scientifiques sur l'eau douce et à la mise en commun des connaissances.

L'[ébauche du cadre](#) décrit cinq facteurs clés — scientifiques, environnementaux, sanitaires, sociaux et économiques — et souligne l'importance d'y intégrer les connaissances autochtones. Cette approche cadre avec le leadership scientifique autochtone en matière de recherche sur l'eau douce et favorise la collaboration avec les collectivités afin de veiller à ce que les systèmes de connaissances, les visions du monde et les valeurs distinctes des Premières Nations, des Inuits et des Métis soient rapprochés, entrecroisés et intégrés dans les activités relatives à la LCPE d'une manière significative et appropriée.

Les travaux scientifiques sur l'eau douce fournissent des données et des renseignements essentiels qui peuvent éclairer l'évaluation et la gestion des substances toxiques dans les milieux aquatiques en vertu de la LCPE, ainsi que l'élaboration de lignes directrices pour la protection de la vie aquatique et le maintien d'écosystèmes dulcicoles sains.

Les travaux scientifiques exploitables au sujet des eaux douces sont axés sur l'élaboration de systèmes nationaux entièrement intégrés de suivi des bassins versants et sur l'établissement d'un lien entre les modèles hydroclimatiques et hydroéconomiques en tant qu'outils d'aide à la décision. Ces systèmes

doivent pouvoir évaluer des demandes concurrentes en eau propre provenant des collectivités, de l'industrie, du secteur énergétique, de l'agriculture, de la foresterie, de l'exploitation minière et des services écosystémiques, de façon à soutenir la prise de décisions à des échelles temporelles allant de quelques jours à plusieurs décennies.

8.1 Priorités scientifiques

💧 Suivi intégré de la quantité et de la qualité de l'eau

Il est essentiel de renforcer, grâce à une meilleure gestion des données, le lien entre les réseaux de suivi des eaux de surface et des eaux souterraines pour faire progresser les prévisions à plusieurs échelles, les systèmes d'alerte précoce et les évaluations de l'eau douce et des vulnérabilités à l'échelle du bassin versant :

- La science communautaire et citoyenne peut compléter le suivi effectué sur place et à distance grâce à la télédétection, en ajoutant une perspective basée sur les effets. Les renseignements obtenus au niveau de la population aident à déterminer les risques, les expositions et les sources (rejets ponctuels, non ponctuels et accidentels).
- Des réseaux de suivi uniformes et des systèmes de données partagés sont nécessaires là où les eaux traversent des frontières internationales, provinciales, territoriales et autochtones.
- Des outils de suivi de pointe, notamment des technologies d'observation de la Terre, des capteurs avancés et des techniques « omiques », devraient être jumelés à des analyses fondées sur l'intelligence artificielle qui intègrent les observations provenant de plusieurs plateformes de façon à combler les lacunes spatiales et temporelles en matière d'information.

💧 Données repérables, accessibles et interopérables sur l'eau douce et des sujets connexes

Les ensembles de données actuels sur les eaux souterraines, les eaux de surface et la qualité de l'eau sont sous-utilisés en raison d'une conservation limitée et de normes incohérentes sur les données. Il faut établir des protocoles nationaux normalisés pour l'observation et la collecte des données de manière à assurer l'interopérabilité des divers ensembles de données et ainsi exploiter tout leur potentiel. Ces protocoles sont particulièrement importants compte tenu de la masse terrestre importante et des réseaux hydrographiques complexes du Canada.

L'établissement de données partagées sur l'économie et l'utilisation des terres ainsi que de cadres analytiques communs améliorera l'évaluation des coûts et des avantages liés aux services écosystémiques apportés par l'eau douce, en plus d'appuyer les décisions sur les mécanismes d'allocation et de partage de l'eau. Les données doivent être repérables et accessibles pour l'ensemble des secteurs, des administrations et des institutions et être compatibles avec les outils d'analyse et de visualisation lisibles par machine. Il sera ainsi possible d'utiliser des statistiques, l'intelligence artificielle et des méthodes d'apprentissage profond pour analyser les tendances spatiales et temporelles essentielles à l'attribution des sources et à l'évaluation des risques. Les principes FAIR pour les données — faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables — demeurent fondamentaux.

💧 Critères et lignes directrices concernant la qualité de l'eau

Il est essentiel d'élaborer de nouveaux critères et de nouvelles lignes directrices au sujet de la qualité de l'eau pour l'évaluation de l'eau douce et la production de rapports connexes (p. ex. pour l'eau potable et la vie aquatique). Les méthodes de dérivation doivent continuellement être mises à jour pour la prise en compte des conditions propres au site, des substances émergentes et des effets cumulatifs.

Les progrès en sciences « omiques », notamment la génomique, la protéomique et la métabolomique, sont très prometteurs pour l'établissement de seuils de qualité de l'eau pertinents sur le plan biologique. Les approches décisionnelles doivent également refléter de multiples résultats précieux en matière

d'intendance de l'eau et de services écosystémiques aquatiques, par l'intégration des perspectives et des valeurs autochtones dans l'élaboration des lignes directrices.

💧 Travaux scientifiques sur les liens avec l'eau douce

La progression des travaux scientifiques sur l'eau douce nécessite une collecte et une modélisation multidisciplinaires des données en vue de mieux comprendre les compromis et les avantages associés aux domaines stratégiques interreliés. La gestion de l'eau douce influe directement sur les objectifs d'adaptation aux changements climatiques et de conservation de la biodiversité, et elle les soutient.

Par exemple, la gestion de la santé et de la quantité des sols, en particulier dans les régions agricoles, est étroitement liée à la qualité et à la quantité de l'eau douce. De même, la transition énergétique et l'électrification accrue ont des répercussions majeures sur l'utilisation, le stockage et le transfert de l'eau. L'encadrement de la recherche sur les liens existant entre l'eau, l'énergie, l'alimentation et le climat peut aider à concevoir des analyses sur mesure qui favorisent un processus décisionnel global et intégré pour la gestion et la durabilité de l'eau douce.

Regard sur l'avenir : données sur l'eau douce

Le paysage des données sur l'eau douce du Canada est très complexe, et l'accès à ces données ou leur utilisation demeure un défi important. Les données sur l'eau douce sont recueillies, communiquées et gérées par de nombreux systèmes différents et par un large éventail d'organisations. Cependant, des normes de données incohérentes et une interopérabilité limitée continuent de nuire à l'intégration et à l'utilisation. Les données sont détenues par de nombreuses entités, notamment le gouvernement du Canada, les gouvernements provinciaux et territoriaux, les municipalités, les peuples autochtones, les établissements d'enseignement, l'industrie et les organisations non gouvernementales.

La capacité d'utiliser ces divers ensembles de données pour produire des rapports sur les conditions de l'eau douce par bassin versant et les tendances connexes — ou pour répondre aux priorités scientifiques multidisciplinaires concernant l'eau douce qui sont définies dans le présent document — est limitée par l'absence d'approches normalisées et de systèmes de données interopérables pour la collecte, l'organisation et la communication de l'information.

La [plateforme d'information sur l'eau douce](#) (en anglais seulement) de l'Union européenne fournit un modèle précieux d'une approche fondée sur des systèmes dont la [Stratégie nationale en matière de données sur l'eau douce](#) du Canada pourrait s'inspirer pour élaborer ce qui suit :

- Des systèmes intégrés de données sur l'eau douce qui permettent une connectivité harmonieuse entre les administrations et les détenteurs de données (secteur public, secteur privé et milieu universitaire), tout en adhérant aux principes FAIR (faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables).
- Des outils avancés de données sur l'eau douce pour l'analyse, la cartographie et la visualisation, pouvant intégrer l'information provenant des réseaux de suivi, des plateformes d'observation et des cadres de modélisation prédictive.

Pour être le plus utiles possible, les systèmes de données sur l'eau douce doivent être harmonisés et interopérables avec des domaines connexes, notamment des systèmes de données sur le climat, l'atmosphère, les sols, la biodiversité, l'utilisation des terres et les questions socioéconomiques. Sans cette harmonisation, la capacité de mener des études scientifiques multidisciplinaires robustes en environnement

demeurera limitée. Il sera essentiel de relever ces défis pour obtenir un écosystème national, coordonné et accessible de données scientifiques sur les eaux douces au Canada.

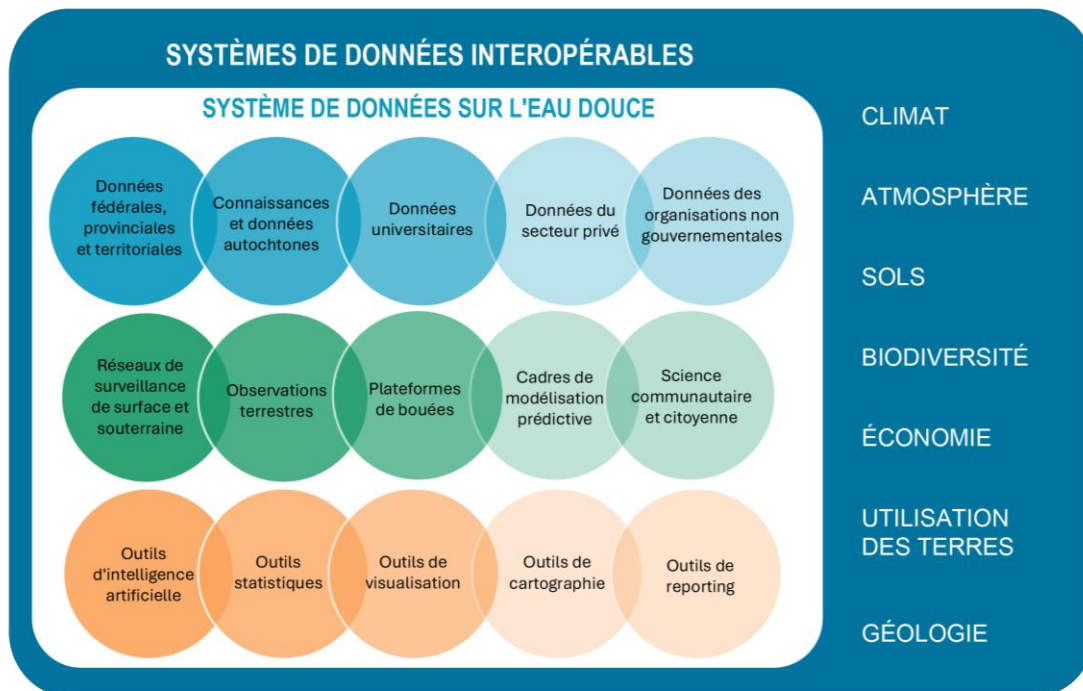


Figure 8-1: Éléments clés des systèmes de données sur l'eau douce et liens d'interopérabilité avec les systèmes de données sur le climat, l'atmosphère, les sols, la biodiversité, l'économie et l'utilisation des terres.

Encadré 8.2 Liens entre l'eau, l'énergie et l'alimentation

Les travaux scientifiques sur les liens existant entre l'eau, l'énergie et l'alimentation cherchent à comprendre les interdépendances entre les systèmes connexes — plus particulièrement, la façon dont l'approvisionnement énergétique dépend de la disponibilité de l'eau, la façon dont la production alimentaire dépend à la fois de l'eau et de l'énergie, ainsi que la façon dont l'approvisionnement en eau et le traitement et la répartition de l'eau dépendent de l'énergie. Ces relations se complexifient sous les pressions exercées conjointement par les changements climatiques et la demande mondiale croissante pour les trois ressources.

La recherche dans ce domaine doit tenir compte à la fois de l'accès équitable à l'eau, à la nourriture et à l'énergie et de la prospérité économique à plusieurs échelles, notamment celles du pays, du bassin versant, du secteur, de la collectivité et de l'individu. Pour approfondir les connaissances sur les liens existant entre l'eau, l'énergie et l'alimentation, il faut mener des analyses interdisciplinaires et intersectorielles qui intègrent des outils de prévision hydrologique (couvrant les processus liés à la cryosphère, à la surface terrestre et aux précipitations), des ensembles de données et des modèles économiques, ainsi que des renseignements détaillés sur l'utilisation de l'eau et la demande en eau.

Il existe des besoins uniques en matière de connaissances sur l'Arctique, où l'insécurité alimentaire, les changements climatiques rapides et le développement économique croissant créent des défis complexes en matière de durabilité.

Les travaux scientifiques sur les liens existant entre l'eau, l'énergie et l'alimentation peuvent orienter la création de cadres stratégiques et réglementaires cohérents et bien harmonisés qui renforcent la résilience de la gestion de l'eau tout en soutenant une production d'énergie et des systèmes alimentaires durables.

💧 Modélisation multisectorielle intégrée de l'eau douce

L'élaboration de modèles multisectoriels intégrés sur l'hydrologie des bassins versants et la qualité de l'eau peut fournir des résultats adaptés à des contextes d'utilisation de l'eau précis au-delà des frontières géopolitiques et territoriales. Grâce à l'intégration d'une variété d'activités d'utilisation des terres et de facteurs socioéconomiques, ces modèles peuvent générer des analyses évolutives utiles pour un large éventail d'utilisateurs et d'applications. Les cadres de modélisation intégrée jouent un rôle essentiel dans l'aide à la prise de décisions fondées sur des données probantes — en éclairant les politiques, les règlements et les stratégies de gestion — et dans l'évaluation de l'efficacité des interventions, telles que les pratiques de gestion bénéfiques, les programmes de conservation et les allocations de débit selon l'environnement conçues pour maintenir la qualité et la disponibilité de l'eau à l'échelle du bassin versant.

Voici des exemples d'activités précises :

- Évaluer les répercussions économiques transfrontalières (tant au Canada qu'à l'étranger) liées aux niveaux d'eau, aux infrastructures, aux décisions de régularisation du débit et aux transferts entre bassins, en tenant compte des coûts et des avantages en amont et en aval.
- Combiner des modèles sur l'hydroclimat et la qualité de l'eau avec une analyse économique à plusieurs échelles pour évaluer les coûts, les avantages et l'efficacité relative de différentes interventions de gestion.
- Évaluer les sources de contaminants cumulatives et passées dans les eaux transfrontalières, en intégrant les dimensions économiques et sociales pour fournir des évaluations complètes des répercussions à long terme.

- Faire progresser la recherche pour relier des modèles d'évaluation de l'environnement, de l'économie et de critères multiples, de façon à améliorer la compatibilité des données et l'estimation de l'incertitude afin de permettre l'intégration de divers ensembles de données et de garantir la robustesse des évaluations dans un éventail de scénarios de gestion du climat et de l'eau douce.
- Évaluer les conditions et les dynamiques physiques et biologiques des bassins versants, ainsi que les activités d'utilisation des terres et de l'eau et les scénarios climatiques, pour orienter, suivre et évaluer les priorités, les méthodes, les investissements et les résultats en matière de restauration.

Regard sur l'avenir : une stratégie de modélisation de la qualité de l'eau douce

L'accès à de l'eau douce salubre et propre n'est pas uniforme à l'échelle du Canada. De nombreuses collectivités petites et éloignées, notamment des collectivités autochtones, continuent de faire face à des défis persistants en matière d'eau potable. Les zones urbaines peuvent également connaître des problèmes de qualité de l'eau à la suite d'événements météorologiques extrêmes, en particulier des inondations, qui peuvent entraîner des débordements d'eaux usées ou des défaillances d'infrastructures. Dans les régions rurales, où les ménages dépendent de puits privés, la qualité des eaux souterraines demeure souvent inconnue ou non surveillée.

Des systèmes d'aide à la prise de décisions efficaces dépendent d'outils prédictifs qui fonctionnent sur plusieurs échelles de temps : de quelques heures à quelques jours pour fournir des avertissements précoces des risques pour la santé humaine et environnementale; de quelques jours à plusieurs mois pour orienter la gestion des problèmes de qualité de l'eau à court terme; et de quelques années à des décennies pour éclairer les investissements dans l'infrastructure, la planification à long terme et les réponses aux demandes émergentes (p. ex. les besoins en eau des centres de données d'intelligence artificielle). La capacité prédictive sur ces échelles de temps permet de prendre des décisions éclairées sur l'allocation, la conservation et la protection de l'eau, en veillant à ce que les services écosystémiques apportés par l'eau douce continuent de soutenir les secteurs économiques, la production alimentaire et la biodiversité.

Une stratégie nationale de modélisation de la qualité de l'eau douce devrait donc faire ce qui suit :

- **Tirer parti des modèles existants** en sciences du climat, de l'hydrologie et des eaux souterraines de manière à prendre appui sur les bases solides des systèmes de prévision environnementale du Canada.
- **Élaborer de nouveaux modèles** qui tiennent compte des sources de contaminants, de l'infiltration et de la dynamique du ruissellement, ainsi que des processus biogéochimiques qui décrivent la dégradation, la bioaccumulation et les transformations chimiques des contaminants dans les systèmes aquatiques.
- **Intégrer et normaliser les données** et les protocoles de modélisation dans toutes les disciplines — comme la science atmosphérique, l'hydrologie, l'hydrogéologie, les systèmes terrestres et les observations terrestres — fondés sur une infrastructure informatique répartie pour plus d'efficacité et d'évolutivité.
- **Fournir des outils de modélisation flexibles et évolutifs** qui peuvent être appliqués de l'échelle du bassin versant à celle du pays, en fonction des besoins des différentes administrations et des différents secteurs et contextes de gestion des ressources.

- **Interfacer les données sur la qualité de l'eau avec les résultats de modèle** et d'autres systèmes prédictifs (p. ex. prévisions météorologiques et environnementales) à plusieurs échelles temporelles et spatiales.

Une stratégie nationale de modélisation de la qualité de l'eau douce pourrait aider à coordonner le développement de systèmes complets de modélisation de la qualité de l'eau permettant de produire des rapports cohérents sur l'état de l'eau, y compris la répartition des sources directement liée aux résultats en matière de qualité de l'eau. Une telle approche coordonnée renforcerait la capacité du Canada à rendre compte des risques futurs pour la santé des écosystèmes et des humains au moyen d'indicateurs fiables sur l'eau douce et à mieux comprendre comment la qualité de l'eau change dans les régions et les bassins versants.

Surtout, cette stratégie permettrait de combler des lacunes clés dans les connaissances sur les vulnérabilités et les possibilités de protection et de gestion des sources d'eau, qui sont essentielles à la salubrité de l'eau potable et à la santé des écosystèmes. Pour établir une bonne capacité de modélisation de la qualité de l'eau, il faut combler les lacunes dans les données sur l'eau douce et assurer l'accès à des données de haute qualité, normalisées et interopérables.

Il est tout aussi essentiel d'améliorer la capacité de mobilisation des connaissances pour veiller à ce que l'intégration des renseignements sur la qualité et la quantité de l'eau atteigne les utilisateurs finaux, comme les collectivités, les décideurs et l'industrie, de manière à appuyer une gestion éclairée, rapide et efficace de l'eau douce.

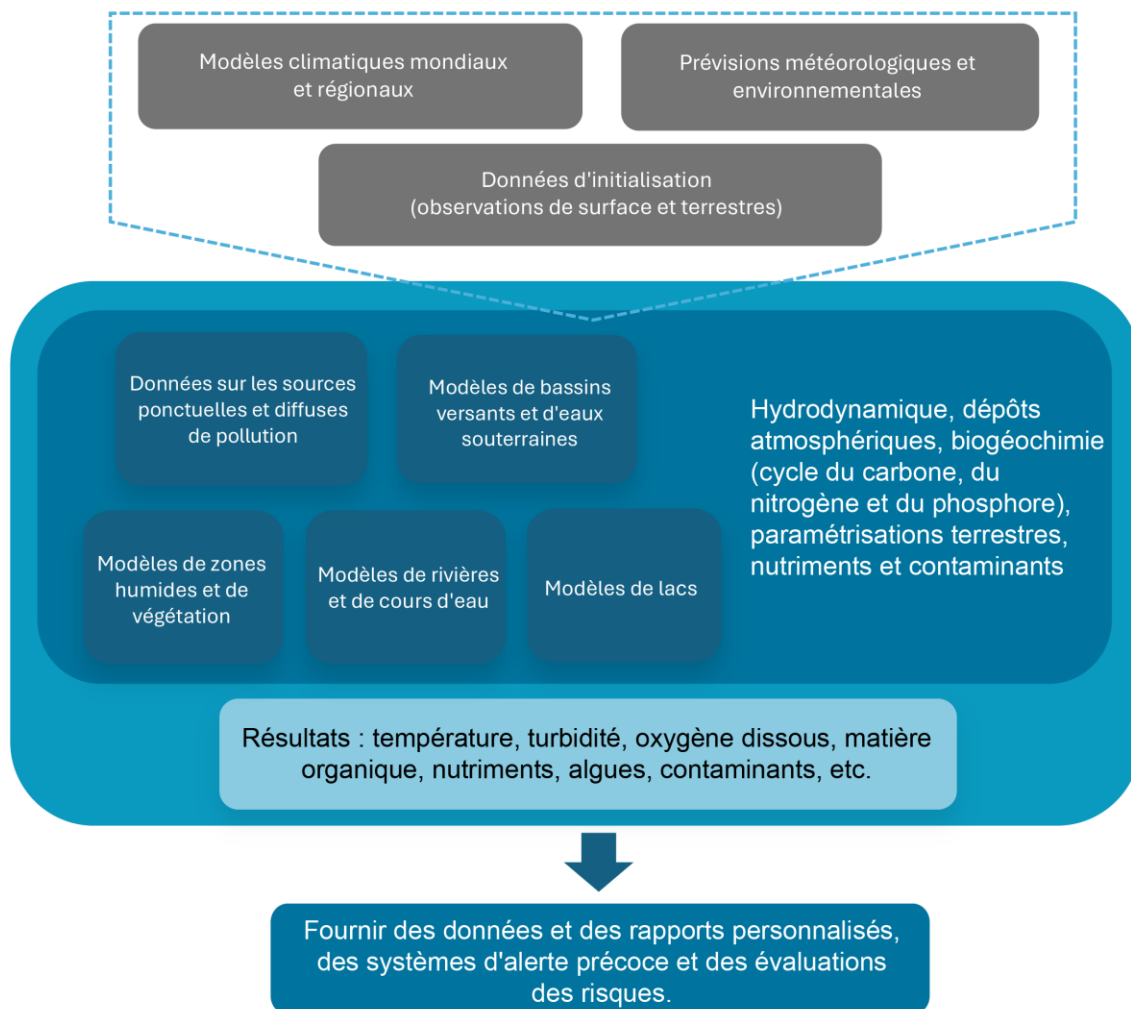


Figure 8-2: Les composants de base d'une stratégie de modélisation de la qualité de l'eau douce.

◆ Mobilisation et synthèse des connaissances sur l'eau douce

Faire progresser l'évaluation, la synthèse et la mobilisation des sciences multidisciplinaires et interdisciplinaires à l'appui des connaissances sur l'eau douce et de la prise de décisions fondées sur des données probantes, en tenant compte d'une variété de systèmes de connaissances et de voix. Plus précisément :

- Produire des rapports de synthèse des connaissances sur : les facteurs de stress multiples et les effets cumulatifs; les ressources en eau souterraine (notamment les prélèvements, la caractérisation intégrée des eaux de surface et souterraines et les répercussions climatiques); la demande en eau actuelle et future dans le contexte de facteurs sociétaux (p. ex. changement de population, transition énergétique, évolution des choix d'utilisation des terres, équité en matière d'eau); le bilan hydrologique et la disponibilité de l'eau en fonction des pressions climatiques et

sociétales combinées; et des évaluations globales des liens existant entre l'eau, l'alimentation et la biodiversité.

- Clarifier les injustices liées à l'eau en documentant la façon dont les connaissances limitées sur la qualité et la disponibilité de l'eau affectent les populations vulnérables dans les régions urbaines et non urbaines; déterminer les inégalités dans l'accès aux ressources de suivi et de recherche; et combler les lacunes connexes qui limitent la compréhension des risques pour les collectivités vulnérables.
- Rendre compte de l'état de l'eau à l'échelle du bassin versant et du pays au moyen d'évaluations scientifiques régulières et d'initiatives de synthèse conjointes qui suivent les tendances liées à la qualité et à la disponibilité de l'eau douce et qui font correspondre les résultats avec des risques pour les écosystèmes et la santé humaine.
- Renforcer les initiatives d'apprentissage sur l'environnement qui renforcent les connaissances sur l'eau douce, qui prennent en compte des perspectives diverses et multigénérationnelles et qui soulignent le rôle essentiel de l'eau dans le maintien de la santé publique, de la sécurité alimentaire et hydrique, de l'intégrité des écosystèmes et de la productivité économique.

Encadré 8.3 Travaux scientifiques et aide à la prise de décisions pour des solutions en matière d'eau douce fondées sur la nature

Les systèmes d'eau douce, y compris les milieux humides, sont des infrastructures naturelles essentielles qui peuvent être intégrées aux cadres décisionnels pour la gestion durable de l'eau. L'application de données scientifiques et la modélisation améliorent la capacité à planifier, à prévoir et à évaluer comment ces systèmes contribuent à la lutte contre la pollution, au stockage de l'eau et à la résilience des écosystèmes. L'amélioration de ces travaux scientifiques permet aux solutions fondées sur la nature de fonctionner dans le cadre d'un processus décisionnel fondé sur des données probantes pour l'adaptation au climat, les infrastructures communautaires et la protection de la biodiversité. Voici quelques exemples :

- Les **milieux humides** (naturels ou artificiels) qui servent à filtrer les contaminants et les nutriments de sources diffuses, comme le ruissellement agricole et municipal, et qui sont utilisés dans le cadre des systèmes de traitement des eaux usées pour éliminer les contaminants organiques et les métaux lourds. Les milieux humides offrent également une importante capacité de stockage de l'eau qui aide à atténuer la sécheresse.
- Les **infrastructures vertes**, comme les rigoles de drainage biologique, les jardins pluviaux et les toits verts, qui permettent de gérer la quantité et la qualité des eaux pluviales dans les environnements urbains en remplaçant les surfaces imperméables et en permettant à l'eau de s'infiltrer dans le sol.
- La **protection des zones de transition vers les milieux humides**, y compris les zones riveraines bordant les cours d'eau et les lacs, pour atténuer les risques de précipitations extrêmes et d'inondations.
- La **création, remise en état ou conservation** de systèmes riverains ou lacustres pour soutenir le rétablissement d'espèces aquatiques et semi-aquatiques, notamment les habitats de fraie.
- La **protection et préservation des principales sources d'eau souterraine** pour maintenir le débit de base dans les cours d'eau et les milieux humides pendant les périodes de sécheresse où les niveaux d'eau de surface sont bas.
- L'**utilisation durable de l'eau pour la production d'électricité** (p. ex. production d'hydroélectricité et d'énergie nucléaire) qui maintient l'intégrité des écosystèmes aquatiques.
- Le **maintien de l'intégrité des écosystèmes aquatiques** pour améliorer la séquestration et le stockage du carbone dans les systèmes aquatiques et terrestres (p. ex. forêts et sols).

8.2 Résultats en matière de connaissances

L'avancement des travaux scientifiques sur l'eau douce et des outils d'aide à la décision permettra d'obtenir plusieurs résultats clés en matière de connaissances qui renforceront la capacité du Canada à gérer l'eau de manière durable et équitable. Voici des exemples de résultats :

- Une **compréhension intégrée des ressources en eaux de surface et en eaux souterraines** par bassin versant ou région — notamment leurs disponibilité, approvisionnement, utilisation, bilan, état et qualité — dans le cadre de scénarios climatiques futurs.

- **Une meilleure compréhension des risques pour la santé humaine et environnementale** et de l'exposition à des contaminants (individuellement et cumulativement), appuyée par de meilleures connaissances sur l'attribution des sources.
- **Une meilleure compréhension des facteurs de stress biologiques et de la transmission des maladies** entre les espèces de façon à permettre l'utilisation d'approches « Une seule santé » qui protègent la santé humaine et environnementale ainsi que la salubrité des aliments.
- **Une amélioration des données de référence**, de la capacité prédictive et des connaissances sur les effets cumulatifs pour éclairer les évaluations d'impact et l'octroi de permis conformément à la réglementation lorsqu'un développement peut influencer sur la disponibilité ou la qualité de l'eau douce.
- **Une meilleure compréhension de la valeur des fonctions écosystémiques naturelles** et du rapport coûts-avantages des solutions fondées sur la nature pour l'atténuation ou la gestion des répercussions sur la qualité et la quantité de l'eau douce, en particulier dans un climat changeant.
- **Un renforcement des connaissances sur l'eau douce** et une meilleure compréhension par le public de l'intendance durable de l'eau douce et de ses liens avec la santé, la biodiversité et la résilience économique.
- **Une meilleure compréhension des compromis économiques, sociaux et culturels** associés aux interventions de gestion et aux changements dans la qualité et la disponibilité de l'eau à l'échelle du bassin versant.

8.3 Faire progresser les outils scientifiques

L'amélioration des outils qui soutiennent les travaux scientifiques sur l'eau douce améliorera la capacité à suivre, à analyser et à appliquer les connaissances pour la prise de décisions à toutes les échelles et dans tous les secteurs. Les domaines d'intérêt ci-dessous renforceront la façon dont les données et les renseignements sur l'eau douce sont générés, intégrés et utilisés :

- **Données** : améliorer l'accès à des données de référence normalisées sur l'approvisionnement en eau ainsi que l'utilisation et la qualité de l'eau afin d'évaluer les tendances et les changements associés à l'état de l'eau douce en réponse à des interventions et des pratiques de gestion de l'eau dans le cycle hydrologique.
- **Structures numériques d'aide à la prise de décisions** : élaborer des interfaces et des outils propres aux contextes de la gestion de l'eau douce (p. ex. demande et allocation complexes, accès équitable, services écosystémiques, conservation, biodiversité) qui comprennent des capacités adaptées en matière de données et de visualisation en vue de fournir des analyses axées sur l'utilisateur pour une prise de décisions transparentes et fondées sur des données probantes à l'échelle du bassin versant.
- **Synthèse des connaissances** : améliorer les méthodes et les structures de collaboration pour la production de rapports participatifs et multidisciplinaires sur l'état des systèmes d'eau douce et les tendances connexes, en favorisant l'intégration de divers systèmes de connaissances et en améliorant l'accessibilité des renseignements synthétisés pour les décideurs.

9. Les conditions nécessaires

Les défis associés à la gestion de l'eau douce varient selon la région, l'utilisateur et l'échelle spatiale, mais des priorités scientifiques globales et communes peuvent guider les travaux futurs et renforcer la prise de décisions. À mesure que les connaissances continueront d'évoluer, ces priorités aideront à aborder des contextes complexes et interreliés de gestion de l'eau douce dans tout le Canada.

L'inclusivité est un besoin clé de l'avancement de chaque priorité scientifique et de la mise en œuvre de systèmes efficaces d'aide à la prise de décisions. Chaque groupe au sein de la communauté scientifique nationale de l'eau douce, notamment les gouvernements, les nations autochtones, les établissements d'enseignement et de recherche, l'industrie et les organisations non gouvernementales, a un rôle important à jouer dans l'élaboration, la communication et l'application de ces priorités. La réussite dépendra d'une collaboration significative, d'une responsabilité partagée et d'un échange ouvert des connaissances au sein de cette vaste communauté.

Dans tous les cas, les priorités scientifiques liées à l'eau douce donnent suite à des questions fondamentales qui demeurent au cœur de la gestion de l'eau. Qui utilise l'eau douce, dans quelle mesure, quand et à quelles fins? Comment la qualité et la disponibilité de l'eau douce changent-elles par rapport aux conditions de référence dans chaque bassin versant? Quels sont les facteurs de changement simultanés, et quelle est leur signification pour la gestion à court et long terme? Enfin, les interventions actuelles (p. ex. pratiques de gestion bénéfiques, règlements) permettent-elles d'obtenir les résultats escomptés en matière de qualité et de disponibilité de l'eau?

Tous les travaux scientifiques sur l'eau douce doivent être fondés sur des scénarios climatiques futurs plausibles qui influencent l'eau sur des échelles de temps allant de quelques jours à plusieurs décennies. Cela souligne la nécessité d'optimiser et d'élargir les systèmes de suivi, de modélisation et de données sur l'eau douce qui peuvent interagir efficacement avec les données sur les changements climatiques et les cadres de modélisation connexes.

Le présent document met l'accent sur les orientations futures pour les travaux scientifiques sur l'eau douce, mais il reconnaît également qu'il serait possible de mobiliser beaucoup mieux l'ensemble des données, des renseignements et des connaissances déjà disponibles. Il est essentiel de renforcer l'échange et l'application des connaissances entre les disciplines, les secteurs et les administrations pour éclairer la gestion et les politiques fondées sur des données probantes en matière d'eau douce au Canada.

Pour l'ensemble des priorités scientifiques thématiques et régionales définies dans le présent document, cinq éléments généraux et transversaux peuvent guider la coordination nationale des travaux scientifiques sur l'eau douce et renforcer la collaboration multidisciplinaire à l'échelle du Canada. Ces éléments fournissent une base pour favoriser des travaux scientifiques sur l'eau douce qui sont intégrés, inclusifs et axés sur des solutions :

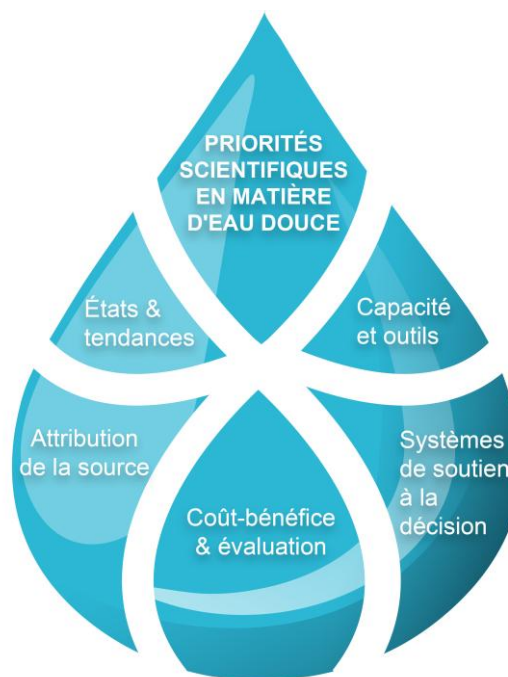


Figure 9-1: Éléments essentiels pour l'avancement des travaux scientifiques sur l'eau douce.

1. **Compréhension globale de l'eau douce et production de rapports exhaustifs** : acquérir une compréhension plus approfondie de l'état de l'eau et des tendances connexes, ainsi que des vulnérabilités des systèmes d'eau de surface et d'eau souterraine par bassin versant, et produire des rapports plus exhaustifs à cet égard. Il s'agit notamment de tenir compte des limites territoriales nationales et internationales et de l'influence des facteurs hydrologiques, tels que les infrastructures de rétention de l'eau (p. ex. barrages), les technologies d'utilisation efficace de l'eau (p. ex. conservation) et les approches écosystémiques qui favorisent la gestion et le stockage durables de l'eau douce.
2. **Attribution des sources et effets cumulatifs des contaminants** : continuer à faire progresser les connaissances sur l'attribution des sources, la transformation et le devenir des mélanges de contaminants, ainsi que sur les effets cumulatifs des contaminants émergents et de ceux issus d'activités passées. Il s'agit notamment de se pencher sur les répercussions combinées des sources urbaines, industrielles, minières et agricoles de contaminants sur les écosystèmes d'eau douce, la salubrité de l'eau et des aliments, la santé humaine, la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes aquatiques.
3. **Compréhension des compromis et des dynamiques sociales en matière de gestion de l'eau douce** : améliorer la compréhension des compromis, des répercussions sur les coûts et les avantages, des valeurs culturelles et des comportements sociaux qui orientent l'intendance de l'eau douce. Pour que la répartition de l'eau soit efficace, il faut comprendre les demandes concurrentielles entre les utilisations avec et sans prélèvement, la répartition des coûts et des avantages entre l'amont et l'aval, ainsi que la justice environnementale et les valeurs culturelles liées à l'eau dans un contexte élargi. La recherche sur les compromis devrait également porter sur la manière dont la perception du risque et le comportement institutionnel ou social influencent la prise de décisions et les résultats en matière de gestion.
4. **Travaux scientifiques sur l'eau douce axés sur des solutions et systèmes d'aide à la décision** : faire progresser les travaux scientifiques qui permettent de mettre en œuvre des

systèmes intégrés d'aide à la décision assortis de capacités de suivi et de prévision fondées sur les bassins versants. Il s'agit notamment d'élaborer des approches à plusieurs échelles et de synthétiser les connaissances provenant de diverses sources, en s'appuyant sur des indicateurs reflétant des résultats précieux en matière d'eau et les mesures de gestion prises à l'égard de multiples facteurs de stress.

5. **Amélioration des capacités et des outils scientifiques en matière d'eau douce** : améliorer les bases scientifiques et les infrastructures techniques nécessaires pour faire progresser les priorités du Programme scientifique national sur l'eau douce. Il s'agit notamment d'améliorer l'accès aux données environnementales, sociales et économiques sur l'eau douce pour tous les organismes, d'élargir les cadres de suivi et de prévision adaptatifs fondés sur les bassins versants, et d'élaborer des initiatives d'évaluation scientifique de l'eau douce reposant sur des contextes d'intendance régionale.

L'avancement de chacun de ces cinq éléments transversaux dépend de l'amélioration de l'acquisition, de la conservation, de l'accessibilité et de la lisibilité par machine de données qui décrivent l'état chimique, biologique et physique de l'eau, ainsi que de données sectorielles et économiques qui reflètent la façon dont l'eau est utilisée. Ces données sont communiquées à de multiples organismes, gouvernements, organisations, acteurs du secteur privé et établissements d'enseignement participant au suivi, à la surveillance et à la prédiction concernant l'eau. L'évaluation de l'efficacité de l'intendance de l'eau douce — et l'atteinte d'un équilibre entre les exigences complexes des utilisations et des valeurs économiques et non économiques de l'eau dans un climat changeant — nécessite des progrès substantiels dans la façon dont ces données sont recueillies, normalisées et conservées.

Les méthodes de recherche axées sur la participation jouent un rôle essentiel dans la réalisation de travaux scientifiques axés sur l'utilisateur et exploitables. La collaboration avec des personnes directement touchées par des enjeux liés à l'eau peut renforcer la pertinence et l'utilisation des connaissances dans la prise de décisions et donner suite aux enjeux de pouvoir, d'accès et d'équité. La communauté scientifique de l'eau douce devrait continuer à créer l'espace nécessaire et à renforcer les capacités pour le leadership scientifique autochtone, en reconnaissant son rôle essentiel dans la compréhension et la gestion des systèmes d'eau douce.

Le suivi communautaire demeure essentiel pour l'obtention de renseignements sur l'utilisation culturelle et traditionnelle des terres qui éclairent les conditions de référence et les résultats valorisés dans les études sur les effets cumulatifs. À mesure que les travaux scientifiques canadiens sur l'eau douce continuent d'évoluer, les méthodes et les pratiques doivent s'adapter en fonction des nouvelles avancées scientifiques, des technologies émergentes et des systèmes de connaissances en évolution, de sorte que ces travaux demeurent inclusifs, réactifs et tournés vers l'avenir.

Encadré 9.1 Les peuples autochtones en tant que scientifiques de l'environnement

Les relations entre les peuples autochtones, la terre, l'eau, la glace, la vie animale et les habitats environnants constituent le fondement de la science et du savoir autochtones. Cette science offre un contexte, une interprétation et une compréhension approfondie de l'interdépendance de tous les éléments au sein des écosystèmes.

L'article 25 de la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones affirme le droit des peuples autochtones à maintenir et à renforcer leurs relations spirituelles distinctives avec la terre et l'eau. Par leur nature, la science et les connaissances autochtones sont fondées sur l'intégration et les relations, et elles reflètent la compréhension que les humains font partie des écosystèmes et qu'ils doivent demeurer en équilibre avec ces derniers.

Regard sur l'avenir : systèmes d'aide à la prise de décisions sur l'eau douce

Les services météorologiques et climatiques établis du Canada illustrent la valeur de partenariats officiels, de données et produits d'information sur mesure et d'une communication claire à l'appui de la prise de décisions régionales. L'intendance de l'eau douce bénéficierait d'une approche coordonnée semblable. Des organisations spécialisées en hydroclimat et en hydrométéorologie offrent des services liés à l'eau douce, mais de nombreux planificateurs et décideurs ne connaissent pas bien ces ressources ou la façon d'y accéder.

Surtout, il manque de données et de produits d'information sur l'eau douce qui sont adaptés et liés à l'approvisionnement en eau de surface et en eau souterraine (disponibilité de l'eau), à la qualité de l'eau, à la santé des écosystèmes aquatiques et aux espèces envahissantes. L'établissement de systèmes d'aide à la prise de décisions sur l'eau douce qui sont basés sur la région ou le bassin versant et qui intègrent la mobilisation des connaissances des utilisateurs aiderait à combler ce manque. De tels systèmes pourraient également renforcer et habiliter le suivi communautaire et les systèmes de connaissances autochtones, en veillant à ce que les décisions régionales reflètent les perspectives scientifiques et locales.

Les services liés au climat et à l'eau douce continuent d'évoluer en vue de répondre aux besoins croissants en matière d'information pour la gestion de l'eau douce. Des exemples, comme le [Centre canadien des services climatiques](#), [AquaWatch Australia — CSIRO](#) et l'initiative [WISE Freshwater](#) de l'Union européenne, démontrent le potentiel des systèmes intégrés et axés sur l'utilisateur. Il est essentiel d'élaborer des capacités adaptées similaires de mobilisation des données, des renseignements et des connaissances sur l'eau douce au Canada pour exploiter pleinement les données et les connaissances existantes sur l'eau douce dans le processus décisionnel.

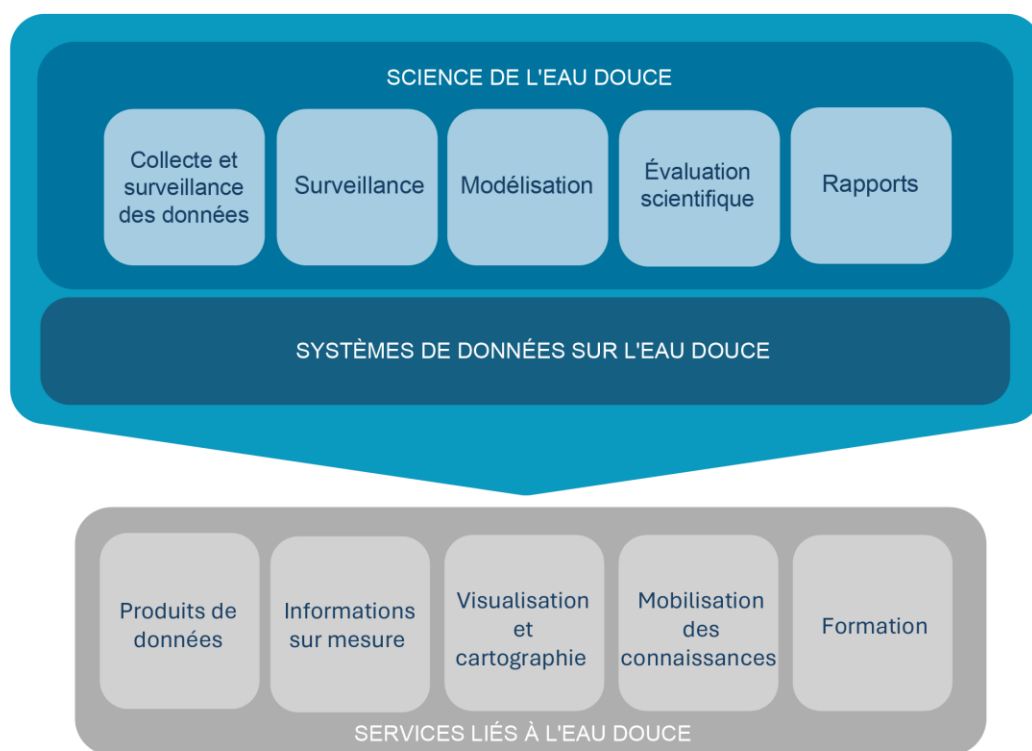


Figure 9-2: Les composantes de base des systèmes d'aide à la prise de décisions sur l'eau douce.

Mise en œuvre réussie des travaux scientifiques sur l'eau douce

La mise en œuvre réussie des travaux scientifiques sur l'eau douce dépend de la prise en compte de la nature fragmentée des activités de suivi et de recherche menées au Canada. Il est encourageant de constater que des projets axés sur les bassins versants qui intègrent des objectifs de recherche en sciences sociales et physiques commencent à émerger, ce qui indique une progression vers une approche plus coordonnée.

L'amélioration des travaux scientifiques sur l'eau douce serait favorisée par les mesures suivantes :

- Mettre au point des structures de coordination des travaux scientifiques sur l'eau douce avec le soutien de l'[Agence de l'eau du Canada](#), dont le mandat consiste à améliorer la collaboration en matière de gestion de l'eau douce, et améliorer la production de rapports fédéraux, provinciaux et territoriaux sur l'état de l'eau douce et les tendances connexes.
- Établir des réseaux de suivi et de surveillance robustes et recevant un bon soutien qui intègrent de nouvelles technologies et applications ainsi que de nouveaux protocoles normalisés à l'échelle nationale, tout en mettant à profit le suivi mené par les Autochtones et les communautés pour renforcer les fondements de la science et des services liés à l'eau douce.
- Améliorer l'accès aux données scientifiques et de recherche sur l'eau douce et leur mobilisation dans le cadre de la [Stratégie nationale en matière de données sur l'eau douce](#) actuellement élaborée par l'[Agence de l'eau du Canada](#), afin de veiller à ce que les données relatives à l'eau douce au Canada soient repérables, accessibles, diffusables et utilisables.

- Coordonner la modélisation de l'hydroclimat et de l'eau douce fondée sur les bassins versants, en intégrant l'eau de surface et l'eau souterraine et la disponibilité et la qualité de l'eau, dans le cadre d'une collaboration entre le gouvernement, le milieu universitaire, ainsi que les organisations et les entreprises utilisatrices d'eau.
- Appuyer les travaux scientifiques menés par les Autochtones concernant les effets cumulatifs et les travaux de recherche autochtones et occidentaux conjoints sur l'eau douce pour orienter les activités de suivi et de prévision fondées sur les effets à l'échelle des bassins versants.
- Favoriser la mise sur pied d'équipes scientifiques multidisciplinaires et l'établissement d'objectifs de recherche qui s'alignent sur les systèmes d'aide à la décision fondés sur les bassins versants et qui rassemblent des données sur l'utilisation des terres et des données économiques pour contribuer à évaluer les services écosystémiques apportés par l'eau douce.
- Harmoniser l'élaboration des réseaux de suivi et des modèles avec les résultats en matière de connaissances concernant les effets sur les écosystèmes et la santé, en adaptant les résultats scientifiques à de multiples facteurs de stress et à des approches « Une seule santé » (p. ex. résistance aux antimicrobiens, nouveaux agents pathogènes d'origine hydrique et substances chimiques).
- Améliorer les initiatives de synthèse des connaissances sur les bassins versants ainsi que de renforcement des connaissances sur l'eau douce ciblant les utilisateurs, afin de mobiliser les données et les connaissances existantes en vue d'assurer une gestion durable de l'eau douce. Le fait de travailler en étroite collaboration avec les décideurs pour faire progresser les priorités scientifiques en matière d'eau douce donne également la possibilité de renforcer les connaissances sur l'eau douce à tous les niveaux du processus décisionnel.

Les travaux scientifiques et les connaissances sur l'eau douce constituent le fondement d'un processus décisionnel basé sur des données probantes. Ils sont essentiels pour comprendre et renforcer la relation entre les Canadiens et leurs ressources en eau douce, assurant ainsi la durabilité et la sécurité à long terme. Des données évolutives et pertinentes sur l'eau douce, soutenues par des cadres de suivi et de prévision robustes, permettent d'évaluer plus efficacement l'état et les tendances, de déterminer les risques et d'évaluer les mesures de gestion. Ces outils sont essentiels pour la planification et la prise de décisions liées à la gestion des eaux à l'intérieur et à l'extérieur des bassins versants, de manière à concilier l'intégrité des écosystèmes, les besoins humains et les priorités économiques.

La mobilisation assurée au cours de la préparation du présent document a mis en évidence la nécessité d'une collaboration plus étroite entre les communautés des sciences sociales et naturelles. Cette collaboration fournit des renseignements essentiels sur le comportement humain, la gouvernance et l'accès équitable, ce qui permet une approche plus globale et plus inclusive de la gestion de l'eau douce. Bien que le Canada possède déjà une base de connaissances substantielle sur laquelle fonder l'intendance, le développement continu de ces connaissances aidera à mieux caractériser les risques, les compromis, les avantages et l'efficacité des mesures continues de gestion de l'eau douce.

Le présent document n'est pas destiné à servir de feuille de route pour la mise en œuvre des travaux scientifiques sur l'eau douce, mais il fournit un cadre pour orienter la planification et la coordination au cours de la prochaine décennie, de manière à favoriser des efforts scientifiques fondés sur la coordination, la collaboration et le partenariat dans le domaine de l'eau douce à l'échelle du Canada selon un ensemble commun de priorités.

Pendant la préparation du document, il est devenu évident que les travaux scientifiques sur l'eau douce doivent se dérouler d'une manière qui fait écho dans les contextes uniques des administrations et des organisations. Ils doivent également rester sensibles aux relations avec l'eau douce, aux priorités et aux résultats précieux des administrations, communautés, détenteurs de droits et intervenants concernés.

La réalisation du plein potentiel du PSNED dépendra de la collaboration entre : les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux; les gouvernements, collectivités et organisations autochtones; le milieu universitaire; l'industrie; et les organisations non gouvernementales et communautaires. De plus, les membres de la communauté scientifique de l'eau douce sont encouragés à travailler ensemble pour déterminer les possibilités de collaboration et à prendre des mesures collectives concernant les priorités présentées dans ce document.

Annexe 1. Questions scientifiques

Les tableaux suivants présentent un aperçu des questions scientifiques identifiées par les experts en sciences de l'eau douce, les détenteurs de connaissances et les décideurs lors de l'élaboration des priorités scientifiques nationales en matière d'eau douce. Ces questions sont classées selon les thèmes scientifiques généraux liés à l'eau douce (c'est-à-dire les chapitres) et les priorités scientifiques qui y sont associées. Ensemble, elles reflètent les connaissances et la curiosité collectives qui stimulent l'avancement des sciences de l'eau douce au Canada.

A1.1 Disponibilité en eau douce et changement climatique

Questions générales	Comment la qualité et la disponibilité de l'eau douce (incluant les eaux de surface et souterraines) ainsi que les écosystèmes d'eau douce et la biodiversité seront-ils affectés par les changements climatiques dans les bassins versants selon différents scénarios climatiques futurs plausibles?
	Quel rôle les technologies émergentes (p. ex. intelligence artificielle et science de l'eau générée par des systèmes) peuvent-elles jouer dans la surveillance, la modélisation et l'évaluation des incidences des changements climatiques afin d'éclairer les décisions futures en matière de répartition de l'eau et de sécurité de l'eau sur des échelles de temps allant de quelques jours à plusieurs décennies?
	Quels sont les coûts et les avantages socio-économiques des mesures climatiques pour la qualité et la disponibilité de l'eau douce?
	Comment le développement conjoint de la mobilisation des connaissances à l'échelle locale et à l'échelle du bassin versant (p. ex. sur la fréquence et l'intensité des sécheresses, ou les changements dans la variabilité saisonnière et la qualité des eaux de surface) peut-il éclairer les pratiques de gestion bénéfiques dans les secteurs municipal, industriel, forestier, minier et agricole?
Perte de la cryosphère	Comment la perte de la cryosphère (neige, glace et pergélisol) au Canada affectera-t-elle les ressources en eau douce, y compris l'hydrologie, les régimes et la saisonnalité des cours d'eau, le stockage des eaux souterraines, la libération des métaux, du carbone et d'autres contaminants séquestrés, le transport et la charge en nutriments, la biodiversité des eaux douces et l'habitat, par bassin versant?
	Quelles sont les méthodes et les normes méthodologiques les plus efficaces pour étudier les flux environnementaux, les besoins de recharge des aquifères et les processus connexes?
	Quels sont les paramètres à utiliser pour déterminer les points de basculement de la cryosphère (p. ex. durée et l'épaisseur de la glace des lacs et des cours d'eau, étendue de la couverture neigeuse, quantité de neige et sa durée [équivalent en eau de la neige], taux d'évaporation, qualité, quantité et température de l'eau), et quelles sont les implications pour le stockage de l'eau douce, la sécurité de l'eau, l'habitat écologique et la production d'hydroélectricité?
	Comment les changements de la cryosphère interagiront-ils avec les autres facteurs de changement des écosystèmes d'eau douce et avec les impacts sur l'écologie et la biodiversité dans les bassins versants?
Changements de régime	Comment les changements climatiques (c.-à-d. la cryosphère, les changements de température et de précipitations) modifient-ils les régimes hydrologiques et physiographiques? Quels sont les seuils (p. ex. température de l'air à l'échelle mondiale ou régionale) qui entraînent des changements de régime dans la disponibilité et la qualité saisonnières de l'eau douce, ainsi que dans l'état et la santé des écosystèmes aquatiques?

	Quels sont les seuils climatiques et les points de basculement critiques pour l'hydrologie, les écosystèmes aquatiques et la biodiversité de l'eau douce? Ont-ils été atteints? Comment peuvent-ils être évités? Sont-ils inévitables?
	Quels sont les points de basculement des systèmes climatiques et hydrologiques? Où se situent ces seuils et comment pourraient-ils entraîner des changements fondamentaux dans les bassins versants et modifier le bilan hydrique et la disponibilité de l'eau?
	Comment les changements climatiques et les changements hydrologiques connexes affecteront-ils le bilan hydrique et la disponibilité de l'eau par bassin versant?
Disponibilité saisonnière	Quelles sont les prévisions en matière d'approvisionnement en eau douce, de bilans hydrologiques et changements dans la composition chimique de l'eau à l'échelle des bassins versants, pour une série de scénarios climatiques futurs plausibles?
	Comment le climat futur, ou la « perte d'hiver », influera-t-il sur le cycle hydrologique, notamment sur la variabilité saisonnière de la qualité et de la disponibilité des eaux de surface et souterraines?
	Comment les différentes mesures de conservation et d'utilisation rationnelle de l'eau influencent-elles le bilan hydrique saisonnier et la durabilité des écosystèmes d'eau douce?
Eaux souterraines	Quels sont l'état actuel et les tendances de la qualité et de la quantité des eaux souterraines au Canada, par aquifère et par bassin versant?
	Comment peut-on assainir efficacement les aquifères contaminés, et dans quelles conditions hydrogéologiques les approches spécifiques donnent-elles les meilleurs résultats?
	Comment les interactions entre les eaux souterraines, les eaux de surface et le climat influencent-elles la qualité et la quantité de l'eau, et quels sont les décalages temporels caractéristiques de ces processus?
	Quelles sont les méthodes et les normes méthodologiques les plus efficaces pour étudier les flux environnementaux, les besoins de recharge des aquifères et les échanges connexes entre les eaux souterraines et de surface?
	Quelles technologies nouvelles ou novatrices (p. ex. télédétection, capteurs distribués de température à fibre optique, capteurs autonomes) peuvent améliorer la couverture, la résolution et la continuité de la surveillance des eaux souterraines?
	Quelles connaissances scientifiques et quels outils supplémentaires sont nécessaires pour intégrer les apports d'eau souterraine dans les modèles de bilan hydrique et de prévision, y compris les modèles hydroclimatiques couplés, de qualité de l'eau et d'écosystèmes?
Extrêmes hydroclimatiques	Comment la variabilité climatique accrue et les changements climatiques affecteront-ils l'agriculture, la foresterie, l'exploitation minière, l'utilisation industrielle de l'eau et l'approvisionnement en eau? Quelles sont les implications en termes de coûts et d'avantages entre les mesures proactives et réactives liées aux risques environnementaux liés aux extrêmes hydroclimatiques?
	Quels sont les effets prévus de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des inondations et des sécheresses sur la qualité de l'eau douce? Quelles sont les implications pour la santé publique, par exemple en ce qui concerne les infrastructures de gestion de l'eau?

	À quelle fréquence et dans quelle mesure les sécheresses et les inondations auront-elles un impact sur la qualité de l'eau douce?
Intervention humaine	Quels impacts les interventions humaines en réponse à la pénurie d'eau provoquée par les changements climatiques (p. ex. les allocations, les barrages, le stockage, la conservation) ont-elles sur les ressources en eau de surface et souterraines, et quelles sont les implications pour la disponibilité future de l'eau? Quelles sont les conséquences imprévues des mesures climatiques sur l'eau douce?
	Comment les principales activités de développement (p. ex. exploitation minière, énergie) et les changements d'utilisation des terres influencent-ils les échanges entre les eaux de surface souterraine, ainsi que la quantité et la qualité des eaux souterraines?
	Quelle est la réponse intégrée de l'eau douce (eaux de surface et souterraines) aux changements simultanés de l'utilisation des terres et de l'hydrologie, dus aux changements climatiques, en termes de bilan hydrique et de disponibilité de l'eau par bassin versant?

A1.2 Utilisation de l'eau douce et des terres et la pollution

Questions générales	À l'échelle nationale, où se situent les impacts les plus importants sur la qualité des eaux souterraines et de surface? Quelles sont les principales sources et quelles sont l'ampleur et la gravité de ces impacts?
	Quelles sont l'ampleur et l'étendue de la contamination géogénique des eaux souterraines (p. ex. arsenic, manganèse, uranium)? Comment les activités humaines exacerbent-elles cette contamination?
	Quels sont les nouveaux besoins en matière de surveillance des bassins versants liés à la croissance et au développement prévus de nouvelles mines de minéraux critiques et de terres rares dans des régions éloignées? Quelles sont les stratégies de surveillance les plus appropriées pour établir les conditions de référence et suivre les risques pour l'écosystème et la santé?
	Quelle est la principale source de contaminants par secteur (p.ex. agriculture, foresterie, exploitation minière, déchets, industrie, zones urbaines) dans chaque bassin versant? Comment cette meilleure compréhension de la répartition des sources peut-elle éclairer les mesures d'assainissement et l'amélioration des pratiques de gestion bénéfiques qui reflètent l'impact simultané de plusieurs types de sources?
	Quels outils et technologies nouveaux ou novateurs (p. ex. métabolomiques, autres « omiques ») peuvent aider à évaluer l'impact actuel et futur des pratiques d'utilisation des terres, telles que les interactions entre les nutriments et les contaminants, sur les communautés biologiques?
	Comment pouvons-nous améliorer les stratégies de surveillance adaptatives des bassins versants, par exemple en incluant la surveillance communautaire, afin de fournir un éventail plus large de données permettant d'évaluer les risques environnementaux, humains et écosystémiques et d'élaborer des indicateurs pertinents pour la société?
Pratiques de gestion bénéfiques	Quelles sont les différences écologiques régionales en matière de compromis entre l'azote, le phosphore, les sédiments, les pesticides et les pratiques d'utilisation des terres (p. ex. agriculture) qui auront le plus d'impact sur la qualité (et la quantité) de l'eau par bassin versant? Quelle combinaison ou évolution des PGB apporterait le maximum d'avantages aux bassins versants locaux?
	Quels sont les effets écologiques des interactions entre les nutriments et les contaminants provenant des activités d'utilisation des terres (p. ex. agriculture) sur les communautés biologiques et la santé des écosystèmes? Comment ces effets se comparent-ils entre les différents types d'utilisation des terres et à l'échelle du pays?
	Quel sera l'impact des changements climatiques sur l'utilisation et la disponibilité de l'eau à des fins agricoles et sur les pratiques agricoles (p. ex. calendrier des cultures, variétés)?
	Comment les changements climatiques, y compris les changements saisonniers et annuels, affecteront-ils les eaux de surface et souterraines ainsi que la disponibilité, l'apport, la charge et la dynamique des nutriments dans les systèmes d'eau douce?
	Dans quelle mesure les changements climatiques influencent-ils le flux de nutriments des bassins versants vers les eaux de surface et souterraines? Comment les changements climatiques et la variabilité hydrologique influencent-ils les charges en nutriments, le cycle des nutriments, l'étendue ou la gravité de l'eutrophisation et les changements dans les communautés biologiques?
	Quels sont l'état et les tendances des concentrations de nutriments dans les masses d'eau souterraine au Canada? Dans quelle mesure les eaux souterraines contribuent-elles à la charge en nutriments des eaux de surface?

	Comment les communautés biologiques d'eau douce évoluent-elles à différents niveaux trophiques en réponse à l'évolution des apports/sources de nutriments et quels sont les indicateurs qui permettraient le mieux de déterminer les points de basculement à partir desquels ces changements ne sont plus viables?
	D'un point de vue régional, quelles sont les principales sources et voies de charge en nutriments (azote et phosphore) et comment varient-elles selon les saisons dans un climat changeant?
	Comment la dynamique géochimique saisonnière des nutriments et des contaminants influe-t-elle sur les PGB?
	Quels sont les mécanismes de transport des nutriments et des contaminants entre les systèmes d'eaux souterraines et de surface et leur impact sur les PGB?
	Comment pouvons-nous améliorer la modélisation de l'utilisation des terres à l'échelle du bassin versant pour prévoir les effets des PGB dans différents scénarios climatiques?
Eaux usées, eaux de ruissellement et lixiviats de décharge	Comment les systèmes municipaux de traitement des eaux usées peuvent-ils être modernisés de manière globale et efficace pour s'adapter à l'urbanisation et aux changements climatiques?
	Quels sont le devenir, la distribution et les effets des principales substances rejetées dans les effluents, et comment peuvent-elles réagir avec les apports de sources ponctuelles et diffuses, les contaminants existants/hérités du passé déjà présents dans l'environnement, et d'autres pressions, telles que les changements climatiques?
	La capacité de charge en eau douce d'un écosystème urbain est-elle principalement limitée par des considérations chimiques (polluants) ou physiques (obstacles et absence de besoins physiques en matière d'habitat)?
	Comment mieux comprendre les propriétés chimiques, les mélanges biologiques et leur transformation dans les eaux de surface et souterraines, ainsi que leurs effets sur le biote?
	Comment pouvons-nous mieux surveiller et caractériser les effluents afin de déterminer la qualité de référence de l'eau en réponse à des précipitations extrêmes?
	Comment mieux caractériser les lixiviats des décharges dans le nord, compte tenu des rejets potentiels de contaminants?
	L'analyse non ciblée est-elle une approche efficace pour mesurer la composition chimique et la dégradation des contaminants dans l'environnement?
	Quels sont les outils analytiques les plus efficaces pour surveiller les rejets d'effluents dans les écosystèmes d'eau douce et pour détecter les contaminants émergents, tels que les plastiques?
	Quelles technologies de traitement de l'eau efficaces et novatrices pourraient mieux traiter de manière globale les effluents industriels et municipaux?
	Quel est l'impact des infrastructures de drainage municipales sur les inondations locales et régionales?
	Dans quelle mesure les normes minimales actuelles de qualité de l'eau (p. ex. MES, sulfates) permettent-elles d'éviter des effets cumulatifs inacceptables? Quelles sont les implications de la révision des normes de qualité de l'eau?
	Quels sont les effets écologiques de la gestion des eaux municipales et des rejets d'eaux usées sur la biodiversité et la santé des écosystèmes aquatiques?

	La capacité de charge en eau douce d'un écosystème urbain est-elle principalement limitée par des considérations chimiques (polluants) ou physiques (obstacles et absence de besoins physiques en matière d'habitat)?
Facteurs de stress multiples et effets cumulatifs	Quels sont les modèles les plus appropriés pour tester les hypothèses sur les effets de multiples facteurs de stress/mélanges complexes?
	Quels indicateurs diagnostiques (utilisant les « omiques ») permettraient de mieux cerner les facteurs de stress dans les environnements d'eau douce complexes?
	Quels sont les effets cumulatifs des effluents et des contaminants sur l'eutrophisation?
	En ce qui concerne les effets cumulatifs, comment les modèles stochastiques et probabilistes de qualité de l'eau peuvent-ils être améliorés pour inclure la variabilité spatiale et les tendances saisonnières de la qualité de l'eau, des concentrations chimiques, du débit de l'eau et des conditions hydrologiques? Comment les données socio-économiques telles que les pratiques exemplaires de gestion peuvent-elles être intégrées dans ces modèles?
	Comment tenir compte efficacement des différentes échelles de temps sur lesquelles les facteurs de stress agissent sur les écosystèmes d'eau douce?
	Quels sont les constituants des effluents les plus susceptibles d'avoir des effets additifs et/ou synergiques qui doivent être pris en compte dans une perspective d'effets cumulatifs?
	Quels sont les effets des multiples facteurs de stress présents dans les effluents préoccupants et à proximité (p.ex. changements de température, nutriments, etc.)?
Contaminants	Comment améliorer la modélisation prédictive pour mieux comprendre la dispersion, le devenir et les effets des facteurs de stress multiples et des impacts cumulatifs sur la santé des écosystèmes aquatiques en réponse aux changements simultanés de l'utilisation des terres et du climat?
	Comment les études sur les effets cumulatifs spécifiques et basées sur le lieu peuvent-elles soutenir l'évaluation des nouveaux produits chimiques préoccupants pour l'Arctique (NPCPA), de même que la prévision des rejets futurs de polluants organiques persistants (POP) hérités du passé et de la présence de méthylmercure, en particulier en raison du dégel du pergélisol et de l'évolution des régimes de perturbations naturelles?
	Comment peut-on recueillir efficacement des données détaillées sur le secteur économique, par exemple à partir des PGB, afin d'améliorer la capacité de prévision?
Changements dans le paysage et la végétation	Quelles sont les interactions entre les écosystèmes terrestres et les écosystèmes d'eau douce, et comment les pratiques de gestion forestière influent-elles sur la qualité de l'eau, les cycles hydrologiques et la biodiversité?
	Comment la préservation et la remise en état des zones riveraines peuvent-elles protéger les systèmes d'eau douce et d'eau souterraine?
	Quels sont les impacts physiques et chimiques de l'augmentation des feux de forêt liés aux changements climatiques sur les systèmes d'eau douce et d'eau souterraine?
	Comment pouvons-nous élargir nos connaissances sur les données de référence de la zone d'interaction entre les zones riveraines et les eaux douces? Comment cela peut-il mieux éclairer les pratiques de gestion?
	Quelles sont les conséquences du développement de l'hydroélectricité sur l'habitat aquatique, la qualité de l'eau et la biodiversité?

	Comment les changements dans l'utilisation des terres ont-ils affecté le nombre, la répartition et l'état des milieux humides et des écosystèmes dépendant des eaux souterraines?
	Dans le Nord, comment les changements de végétation et de paysage résultant du dégel du pergélisol et des feux de forêt auront-ils un impact sur les systèmes hydrologiques et les écosystèmes aquatiques?

A1.3 Fonctionnement, résilience et biodiversité des écosystèmes d'eau douce

Questions générales	Comment les fonctions et les services écosystémiques d'eau douce sont-ils modifiés par des facteurs de stress individuels et multiples (p. ex. utilisation de l'eau et des terres, changements écosystémiques, changements hydrologiques, épisodes extrêmes, changements climatiques)?
	Quelles sont les meilleures techniques pour évaluer la santé des écosystèmes aquatiques et quels outils peuvent être élaborés pour surveiller plus efficacement la qualité de l'eau?
	Quels sont les principaux facteurs spatiaux et temporels à l'origine des changements des écosystèmes d'eau douce et comment interagissent-ils?
	Comment évaluer la valeur économique et sociale des fonctions et services écosystémiques et comment les intégrer dans les processus décisionnels?
Prévisions basées sur les effets écologiques	Existe-t-il des indicateurs écologiques d'alerte précoce (p. ex. les « omiques ») qui permettraient d'intervenir avec succès avant la détérioration de la santé de l'écosystème ou l'atteinte de points de basculements écologiques?
	Quels sont les outils les plus efficaces et les meilleures pratiques pour détecter et surveiller la présence d'espèces aquatiques envahissantes dans les écosystèmes d'eau douce, y compris les méthodes de détection précoce? Comment ces mêmes outils peuvent-ils fournir une évaluation complémentaire de la dynamique de la biodiversité en eau douce? Comment pouvons-nous appliquer les outils « omiques » à différentes espèces et environnements aquatiques pour mettre au point des biomarqueurs?
	Comment les sites d'étude à long terme et in-situ, lorsqu'ils sont associés à la télédétection et aux techniques « omiques », peuvent-ils améliorer la compréhension mécanistique de la réponse des écosystèmes aux conditions réelles et améliorer la capacité de prévision?
	Comment de nouveaux outils peuvent-ils être mis en œuvre pour soutenir le réseau Une seule santé, qui surveille la résistance aux antimicrobiens (RA) dans l'environnement et les agents pathogènes présentant un risque pour l'humain et les espèces animales aquatiques?
Fonctions des écosystèmes, seuils et points de basculement	Quels sont les seuils critiques pour les espèces et la biodiversité (compte tenu de la sensibilité des espèces aux facteurs de stress liés à la qualité et à la quantité de l'eau), le rôle des espèces envahissantes et les risques en cascade de changements irréversibles de la biodiversité aquatique? Comment donner la priorité aux lacs qui sont déjà proches des points de basculement biophysiques?
	Quelle est la relation entre les changements de régime écologique dans les lacs, les cours d'eau, les milieux humides et les eaux souterraines, et les changements dans les cycles biogéochimiques qui ont un impact sur les fonctions et les services écosystémiques clés?
	Quelles données de surveillance sont nécessaires pour déterminer les conditions de référence ou de base et les seuils de biodiversité, et comment des pressions telles que les changements climatiques les affecteront-elles? L'élaboration de méthodes est-elle nécessaire pour surveiller ces paramètres, tels que les interactions entre les réseaux trophiques, les espèces envahissantes, les flux d'énergie et les variables de processus?
	Quelles mesures de référence reflètent l'état actuel des écosystèmes à travers les gradients d'impact anthropique? Quels sont les seuils ou points de basculement du changement dans les différents écosystèmes d'eau douce?

	Quelles sont les composantes d'un écosystème qui sont les plus menacées et qui devraient être prioritaires pour le maintien, la protection ou la remise en état? Quel ensemble d'indicateurs de la structure et de la fonction des écosystèmes permet de mieux saisir les principaux services des écosystèmes d'eau douce?
	Où se trouvent les points chauds de la biodiversité en eau douce et où les espèces connaissent-elles les plus fortes réductions de population? Lesquels sont les plus importants pour la fonction et les services écosystémiques?
	Quels sont les principaux seuils de diversité et d'espèces aquatiques et semi-aquatiques qui régulent les fonctions écosystémiques et sont-ils spécifiques à chaque bassin versant?
	Comment mieux caractériser les relations, et la modélisation, entre les changements de régime écologique et les modifications des cycles biogéochimiques, et les prendre en compte dans le bilan carbone mondial?
	Comment mieux définir comment la contamination et l'eutrophisation affectent le piégeage du carbone dans les écosystèmes aquatiques? Peut-on l'intégrer dans la modélisation du bilan carbone mondial?
	Comment les changements climatiques affectent-ils les flux de carbone, en particulier dans les écosystèmes des milieux humides?
	Quelle surveillance de base est nécessaire en ce qui concerne les seuils des espèces, les processus écosystémiques et les effets des changements climatiques dans les régions éloignées et vulnérables? Comment pouvons-nous suivre les tendances écologiques afin d'éclairer les stratégies de gestion?
Impacts de la gestion du flux environnemental et de	Comment intégrer les caractéristiques de la colonne d'eau dans les modèles de milieux humides?
	Comment la modélisation peut-elle aider à évaluer la réponse intégrée des milieux humides et leur vulnérabilité à la gestion des niveaux d'eau, aux pratiques d'attribution et aux changements climatiques?
	Comment les changements de débit, de température et de niveau d'eau influent-ils la navigabilité, les fonctions écosystémiques et la biodiversité, et affectent-ils les critères de débit environnemental?
Interface marine	Quelle est l'importance des exportations de nutriments d'eau douce dans la contamination des écosystèmes côtiers proches du rivage et la productivité biologique?
Contamination et rétablissement	Quelles sont les lacunes en matière de connaissances, de données et de modélisation concernant les processus de rétablissement des lacs suite à des déversements d'hydrocarbures et de produits chimiques? Comment mieux évaluer les rejets récurrents ou cumulatifs à long terme?
	Les écosystèmes aquatiques peuvent-ils être rétablis à leur pleine fonctionnalité et combien de temps prendrait le processus de rétablissement?
Résilience des écosystèmes et	Quelles données de surveillance sont nécessaires pour déterminer les conditions de référence ou de base et les changements chez les espèces essentielles, et comment les changements climatiques les affectent-elles?
	Quelles sont les méthodes de surveillance et de détection précoce les plus efficaces pour identifier la présence d'espèces envahissantes dans les écosystèmes d'eau douce?

	Comment les espèces envahissantes se propagent-elles et s'établissent-elles dans les écosystèmes d'eau douce, et quels sont les principaux vecteurs et voies d'introduction? Quelles sont les conditions morphologiques, physiques, chimiques et géologiques qui influencent les interactions entre les espèces et les modèles de biodiversité touchés par les espèces envahissantes?
	Comment les effets cumulatifs de la perte d'habitat et des changements climatiques affectent-ils l'intégrité écologique des écosystèmes aquatiques une fois que les espèces envahissantes s'y sont établies?
	Quels sont les impacts écologiques et économiques à long terme des espèces envahissantes sur les écosystèmes d'eau douce et les communautés locales?
Espèces en péril	Comment recueillir les données nécessaires à l'élaboration de modèles de population dans l'habitat d'eau douce, en particulier pour les espèces en péril?
	Comment les espèces indicatrices peuvent-elles être utilisées pour évaluer plus efficacement la santé des écosystèmes aquatiques et terrestres interconnectés?
	Comment mieux intégrer les études sur les espèces en péril et les espèces envahissantes?
Biosécurité et sécurité alimentaire et de l'eau	Comment la surveillance peut-elle mieux prendre en compte les eaux usées municipales et les eaux de ruissellement agricoles pour évaluer la résistance aux antimicrobiens (RA)? Quels sont les paramètres à prendre en compte et à quelle fréquence?
	Quelles sont les conditions environnementales et les sources de contamination qui favorisent le développement et la transmission des agents pathogènes et la RA et comment ces processus peuvent-ils être évalués, gérés et communiqués?
	Comment renforcer la sensibilisation à la RA pour soutenir la modélisation et l'atténuation des risques d'épidémies futures?
Urgences environnementales	Comment l'application des nouvelles technologies peut-elle être utilisée pour détecter et suivre les incidents environnementaux ou les déversements?
	Comment la modélisation prédictive peut-elle être utilisée pour mieux informer l'élaboration de stratégies d'intervention en cas d'urgence?