



Council of Canadian Academies  
Conseil des académies canadiennes

# POINTS SAILLANTS DU RAPPORT

## La gestion durable des eaux souterraines au Canada

Les Canadiens et leurs entreprises utilisent d'énormes quantités d'eau. La consommation d'eau par habitant au Canada est parmi les plus élevées au monde et se chiffre à plus du double de la moyenne européenne. L'eau souterraine représente une partie importante de cette consommation. Près de 30 pour cent de la population du Canada (presque 10 millions de Canadiens) dépendent des eaux souterraines pour obtenir de l'eau potable et, dans une proportion de plus de 80 pour cent, la population rurale du pays compte sur les eaux souterraines pour la totalité de son approvisionnement en eau. L'eau souterraine constitue souvent la source d'approvisionnement préférentielle des collectivités, des fermes et des ménages, car elle peut être à proximité des utilisateurs, elle est relativement peu coûteuse et souvent de meilleure qualité que l'eau de surface fortement sollicitée.

**Près de dix millions de Canadiens utilisent l'eau souterraine comme source d'eau potable, et plus de 80 pour cent de la population rurale du pays compte sur les eaux souterraines pour la totalité de son approvisionnement en eau.**

L'eau souterraine constitue une ressource, mais elle est souvent loin des préoccupations des Canadiens car elle est se retrouve dans le sol et demeure invisible pour la plupart d'entre eux. L'eau souterraine gagne tout de même en visibilité à cause de menaces actuelles croissantes telles que l'urbanisation rampante, l'intensification de l'agriculture, la contamination de diverses sources, la production croissante d'énergie et les changements climatiques. Les Canadiens ont déjà constaté que les problèmes de qualité et de quantité de l'eau souterraine entraînent des coûts énormes pour la société. Cela a été souligné par la contamination tragique de l'eau souterraine survenue en mai 2000 à Walkerton, en Ontario. Ce fut le pire cas documenté d'empoisonnement à la bactérie pathogène *E. coli* par l'eau courante d'une municipalité. Sept personnes ont perdu la vie et plus de 2 300 ont souffert de graves maladies gastro-intestinales.

Malgré la valeur sociale, économique et écologique des eaux souterraines, le cadre législatif et la capacité institutionnelle du Canada en matière de gestion des eaux souterraines n'ont pas encore atteint leur pleine maturité. Les connaissances nécessaires à une gestion durable des eaux souterraines sont en bonne partie disponibles, mais elles ne sont pas appliquées de manière uniforme, et sous certains aspects elles laissent fortement à désirer. Cette situation n'est pas acceptable lorsque l'on considère les contraintes actuelles ou à venir sur les ressources en eau souterraine du Canada.

Le Canada n'a pas encore connu de surexploitation ou de contamination catastrophiques de ses ressources en eau souterraine à l'échelle du pays. Même si un certain nombre de problèmes se sont présentés à l'échelle locale ou régionale, il n'y a pas actuellement de crise nationale. On pourrait donc se demander pourquoi il faudrait se préoccuper des eaux souterraines du Canada, et pourquoi maintenant. C'est parce que, malgré les pressions croissantes que subissent les eaux souterraines, le Canada jouit encore d'une situation enviable qui lui permet de mettre en œuvre de manière proactive des politiques et des méthodes de gestion susceptibles de prévenir des catastrophes telles que l'on en connaît trop dans d'autres régions du monde. De plus, l'attitude de la population canadienne évolue, car elle accorde une place de plus en plus grande aux valeurs environnementales. La qualité et la disponibilité de l'eau sont donc plus importantes que jamais pour les Canadiens.



**Figure 1 — Puits de surveillance muni d'un équipement de télémétrie par satellite**

Gracieuseté de William Cunningham

**Comité d'experts sur les eaux souterraines - James P. Bruce, O.C., MSRC, Président** — Expert-conseil en environnement, Climate and Water (Ottawa, ON); **William Cunningham** — Chef adjoint, Bureau des eaux souterraines, Commission géologique des États-Unis (Reston, VA); **Allan Freeze, MSRC** — Ancien professeur et directeur du programme de génie géologique, Université de la Colombie-Britannique (Surrey, BC); **Robert Gillham, C.M., MSRC** — Professeur émérite distingué, Département des sciences de la Terre et de l'environnement, et membre de l'Institut de recherche sur les eaux souterraines, Université de Waterloo (Waterloo, ON); **Sue Gordon** — Chercheure hydrogéologue et chef du Programme de gestion intégrée de l'eau, Conseil de recherches de l'Alberta (Calgary, AB); **Steve Holysh** — Hydrogéologue principal, Conservation Authorities Moraine Coalition (Toronto, ON); **Steve Hrudey, MSRC** — Professeur émérite en toxicologie environnementale et analytique, Université de l'Alberta (Edmonton, AB); **William Logan** — Directeur adjoint, International Center for Integrated Water Resources Management, United States Army Corp. of Engineers (Alexandria, VA); **Kerry MacQuarrie** — Professeur et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'interaction entre les eaux souterraines et les eaux de surface, Département de génie civil et Canadian Rivers Institute, Université du Nouveau-Brunswick (Fredericton, NB); **Paul Muldoon** — Avocat en environnement et chargé de cours, Centre pour l'environnement, Université de Toronto (Toronto, ON); **Linda Nowlan** — Associée de recherche, Programme sur la gouvernance de l'eau, Institut des ressources, de l'environnement et du développement durable, et Département de géographie, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, BC); **John Pomeroy** — Titulaire de la Chaire de recherche du Canada en ressources d'eau et en changement climatique, directeur, Centre d'hydrologie, et professeur, Département de géographie et de planification, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, SK); **Steven Renzetti** — Professeur, Département d'économie, Université Brock (St. Catharines, ON); **Barbara Sherwood Lollar, MSRC** — Professeure et directrice, Laboratoire des isotopes stables, Département de géologie, Université de Toronto (Toronto, ON); **René Therrien** — Professeur, Département de géologie et de génie géologique, Université Laval (Québec, QC).

### Le mandat du comité

Les tendances et les pressions résumées dans ce rapport font ressortir le besoin pour les Canadiens de faire plus attention aux précieuses ressources en eau du pays, tant l'eau de surface que l'eau souterraine. L'eau est « le moteur de la nature », et l'hydrosphère du Canada doit donc être gérée de façon durable. Dans cette perspective, le gouvernement fédéral, par la voix de Ressources naturelles Canada, a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) de mettre sur pied un comité d'experts (« le comité ») afin de répondre à la question suivante :

**« Du point de vue scientifique, que faut-il pour parvenir à une gestion durable des ressources en eau souterraine du Canada? »**

Cette question a été précisée dans les sous-questions suivantes :

- Quelles lacunes actuelles de nos connaissances limitent notre capacité à évaluer la quantité et les emplacements de cette ressource, ainsi que les incertitudes liées à ces évaluations?
- Qu'avons-nous besoin de comprendre pour préserver la qualité de l'approvisionnement en eau souterraine, afin de protéger la santé publique et les autres utilisations de cette ressource?
- Quelles techniques et quelle information sont nécessaires pour surveiller les réserves et la qualité de l'eau souterraine? Quel est l'état actuel des connaissances et des pratiques, et qu'avons-nous besoin de développer au Canada?
- Quelles autres connaissances scientifiques et socio-économiques sont nécessaires pour gérer de manière durable les aquifères situés au Canada et ceux que nous partageons avec les États-Unis?

Pour répondre à ces questions, le CAC a réuni des chefs de file de la science des eaux souterraines, ainsi que des experts des aspects sociologiques, économiques et juridiques de la gestion durable des eaux souterraines. Le comité d'experts a été éclairé dans ses délibérations par un grand nombre d'opinions, soumises par des personnes faisant autorité en la matière dans toutes les régions du pays en réponse à un appel public d'informations lancé dans le site Web du CAC. Il a également bénéficié de la précieuse contribution de 18 experts auxquels le CAC a demandé d'émettre des commentaires sur l'avant-dernière ébauche du rapport.



Figure 2 — Installation d'un puits de surveillance des eaux souterraines

Gracieuseté du Oak Ridges Moraine Groundwater Program

### Table des matières

<b>Aperçu des eaux souterraines au Canada .....</b>	<b>4</b>
<b>Quelques caractéristiques de l'eau souterraine .....</b>	<b>4</b>
<b>Objectifs d'une gestion durable des eaux souterraines .....</b>	<b>4-5</b>
<b>Défis à relever pour atteindre les objectifs de développement durable .....</b>	<b>5-7</b>
Protéger les sources d'eau souterraine contre l'épuisement .....	5
Maintenir la qualité de l'eau souterraine en la protégeant contre la contamination.....	5-6
Préserver la viabilité des écosystèmes.....	6
Parvenir à un bien-être socio-économique .....	6-7
Appliquer les principes de bonne gouvernance .....	7
<b>Connaissances scientifiques et capacité requises pour une gestion durable des eaux souterraines .....</b>	<b>7-10</b>
Compréhension du contexte géologique et hydrogéologique .....	8
Utilisation de modèles.....	8-9
Acquisition et intégration de données sur les eaux souterraines .....	9-10
Développement des ressources humaines nécessaires .....	10
<b>Les principaux défis de la gestion durable des eaux souterraines .....</b>	<b>10-15</b>
Augmentation de la population et urbanisation.....	10-11
Intensification de l'agriculture.....	11
Protection de la qualité de l'eau souterraine .....	12
Réhabilitation des sites contaminés.....	13
Impact des activités dans les domaines de l'énergie et des mines .....	13
Impacts des changements climatiques.....	13-14
Défis concernant les eaux transfrontalières .....	14
Collaboration entre les autorités afin de favoriser une gestion durable .....	15
<b>Reddition de comptes aux Canadiens sur la gestion durable des eaux souterraines .....</b>	<b>15</b>

## Résumé des principales conclusions

Près de dix millions de Canadiens utilisent l'eau souterraine comme source d'eau potable, et plus de 80 pour cent de la population rurale du pays compte sur les eaux souterraines pour la totalité de son approvisionnement en eau. Le Canada ne subit pas encore de surexploitation généralisée de ses eaux souterraines, mais un certain nombre de problèmes sérieux existent à l'échelle locale ou régionale. Le Canada jouit encore d'une situation enviable qui lui permet de mettre en œuvre de manière proactive des politiques et des méthodes de gestion susceptibles de prévenir des crises à propos des eaux souterraines telles que l'on en connaît dans de nombreuses régions du monde.

Ce rapport vise à répondre à la question suivante : « Du point de vue scientifique, que faut-il pour parvenir à une gestion durable des ressources en eau souterraine du Canada? ». Pour répondre à cette question, il faut d'abord bien définir ce que l'on entend par une gestion durable des eaux souterraines, en énonçant un ensemble d'objectifs à atteindre, puis en définissant les principales lacunes de nos connaissances et de nos capacités en la matière. Ces lacunes ne sont que partiellement d'ordre scientifique et technique. En effet, la gestion durable des eaux souterraines dépend aussi d'une gouvernance moins fragmentée qu'elle ne l'est aujourd'hui, d'une meilleure coordination des ordres de gouvernement, ainsi que d'une meilleure utilisation des connaissances et méthodes les plus récentes de l'hydrologie, qui est la science des eaux souterraines.

Le rapport aborde en profondeur trois thèmes — objectifs, lacunes et gouvernance. La suite de ce document résume les conclusions générales du comité d'experts sur les eaux souterraines (le comité) pour chaque thème. Les résultats des travaux du comité sont présentés ici dans leurs grandes lignes et plus en détail dans le rapport complet intitulé *La gestion durable des eaux souterraines au Canada*.

### Définition de la gestion durable

Le concept de gestion durable des eaux souterraines élaboré par le comité englobe les cinq objectifs suivants :

- protéger les sources d'eau souterraine contre l'épuisement;
- maintenir la qualité de l'eau souterraine en la protégeant contre la contamination;
- préserver la viabilité des écosystèmes;
- parvenir à un bien-être socio-économique;
- appliquer les principes de bonne gouvernance.

Les trois premiers objectifs font intervenir principalement les sciences physiques et le génie, et les deux autres sont essentiellement de nature socio-économique. Une gestion durable des eaux souterraines repose à la fois sur l'analyse précise de ces objectifs et sur un équilibre entre eux. Un cadre exhaustif de gestion durable des eaux souterraines n'a toutefois pas encore été mis en œuvre au Canada. L'adoption par les gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux d'un tel cadre fondé sur les objectifs ci-dessus représenterait donc un pas en avant important pour mieux comprendre et gérer les eaux souterraines.

### Mieux comprendre et gérer les eaux souterraines

- La gestion durable exige de caractériser et gérer conjointement les eaux souterraines et les eaux de surface, à l'échelle des bassins versants ou des bassins hydrogéologiques et dans le contexte du cycle hydrologique complet. Cette approche intégrée devrait orienter la collecte de données ainsi que l'évaluation d'impacts cumulatifs et des effets de phénomènes à grande échelle tels que les changements climatiques.
- Étant donné le faible état d'avancement de la recherche sur les exigences de base des écosystèmes, notamment en ce qui concerne les débits minimums et la température requis dans les cours d'eau, il est difficile de trouver au Canada des exemples où la gestion des eaux souterraines permet de maintenir la santé d'un écosystème, et donc de déterminer la quantité d'eau que l'on peut capter d'un aquifère d'une manière durable.
- La contamination des eaux souterraines résulte généralement de l'activité humaine, par exemple l'agriculture intensive, l'extraction de minéraux, les activités industrielles passées ou un contrôle de qualité déficient de nombreux puits ruraux. Pour résoudre ces problèmes persistants, il faut mieux comprendre certains aspects pertinents de la science des eaux souterraines ainsi que les facteurs économiques et sociaux qui encouragent le maintien des activités responsables de la contamination.

- Dans la plupart des provinces, les modèles hydrogéologiques utilisés par les organismes de réglementation ne sont plus à jour. Par conséquent, alors que les autorités gouvernementales adoptent des stratégies durables de répartition de l'utilisation des eaux souterraines, il faut améliorer leur capacité de recourir à des modèles de gestion à l'échelle des bassins hydrographiques.
- Il y a actuellement une pénurie d'hydrogéologues au Canada, et la demande de scientifiques et de gestionnaires compétents ira en augmentant à mesure que les eaux souterraines seront gérées de manière plus rigoureuse.
- Nous avons besoin de plus de données sur pratiquement tous les aspects des eaux souterraines qui concernent leur gestion durable. La collecte, la mise à jour et la gestion des données sur les eaux souterraines, ainsi que la facilité d'accès à ces données, devraient constituer une priorité. Même si le Canada n'a pas besoin d'une base de données nationale exhaustive des eaux souterraines, il est important de s'entendre sur une structure et un ensemble de pratiques exemplaires (fondées peut-être sur une conception et des pratiques semblables à celles du *National Water Information System* de la Commission géologique des États-Unis), afin de faciliter l'échange de données entre provinces et entre les provinces et le gouvernement fédéral. Pour cela, le Réseau d'information sur les eaux souterraines (RIES) a besoin d'un soutien supplémentaire.

### Améliorer la gouvernance en matière d'eau souterraine

- Un niveau adéquat de connaissances scientifiques est nécessaire mais non suffisant pour gérer de manière durable les eaux souterraines. Plusieurs des défis les plus importants relèvent de facteurs institutionnels et politiques, dont la fragmentation et le chevauchement des compétences et des responsabilités, des priorités en concurrence, ainsi que des méthodes et façons de penser traditionnelles.
- Les cadres généraux de gouvernance existants, comme la *Loi sur les ressources en eau du Canada* (1970), la *Politique fédérale relative aux eaux* (1987) et le *Cadre canadien de collaboration en matière d'eau souterraine* (2003), ont été peu utilisés ou n'ont pas réussi à clarifier le partage des responsabilités en matière de gestion des eaux souterraines. Il faut répartir plus clairement, et officiellement, les tâches entre les ordres de gouvernement.
- La gestion de l'eau est fragmentée dans la plupart des collectivités publiques. Les eaux souterraines et les eaux de surface, de même que la qualité et la quantité de l'eau, y sont traitées de manière indépendante. L'intégration de ces composantes favorisera une gestion durable.
- C'est à l'échelle locale, sous la responsabilité d'une municipalité régionale ou d'une autorité de bassin versant, que l'on parvient le mieux à gérer les eaux souterraines. Cette approche ne peut cependant fonctionner que si elle est soutenue par des ressources financières et humaines suffisantes, et par l'obligation d'adopter les mesures voulues et de rendre compte des progrès accomplis.
- Une meilleure compréhension de la valeur de la contribution des eaux souterraines à l'économie, à l'environnement et à la société de notre pays pourrait favoriser un processus plus efficace de prise de décision. Les méthodes actuelles d'allocation de l'eau souterraine au Canada font rarement appel à des mesures incitatives fondées sur le marché. Pourtant, de nombreuses données montrent que le recours plus intensif à des instruments économiques tels que la tarification de l'eau, les redevances de prélèvement et un système d'échange de permis, est susceptible de favoriser une utilisation durable de l'eau souterraine.
- Le gouvernement fédéral, en collaboration avec les provinces et les territoires, devrait produire un rapport sur l'état actuel des eaux souterraines au Canada et les progrès accomplis en vue d'une gestion durable de cette ressource. Ce rapport devrait être terminé d'ici deux ans, puis mis à jour à intervalles réguliers, par exemple tous les cinq ans. À cet égard, il faudra poursuivre la mise au point de moyens appropriés pour mesurer les principaux aspects de la durabilité des eaux souterraines afin d'en orienter la gestion.

## APERÇU DES EAUX SOUTERRAINES AU CANADA

Le Canada a la chance de posséder d'énormes quantités d'eau douce. Les eaux douces de surface couvrent près de 900 000 km<sup>2</sup>, soit 8 pour cent de la superficie totale du pays. On estime à environ 1 500 m<sup>3</sup> par habitant<sup>1</sup> la consommation totale annuelle d'eau douce au Canada, toutes utilisations confondues (industrie, agriculture, usages domestiques, centrales thermiques). Les usages domestiques normaux, qui totalisent environ 330 litres par personne et par jour, représentent moins de 10 pour cent de la consommation totale. Les données sur les utilisations des eaux souterraines (par rapport à l'ensemble de la consommation d'eau douce) sont limitées et périmées. Selon des estimations datant du milieu des années 1990, l'eau souterraine comptait pour approximativement quatre pour cent de la consommation totale d'eau douce au Canada, soit une proportion environ deux fois plus élevée qu'une décennie auparavant<sup>2</sup>.

**Les eaux souterraines se déversent dans les cours d'eau, les milieux humides et les lacs. Elles jouent donc souvent un rôle crucial dans le maintien d'espèces aquatiques sensibles.**

L'utilisation première des eaux souterraines au Canada varie d'une région à l'autre : approvisionnement municipal en Ontario, à l'Île-du-Prince-Édouard, au Nouveau-Brunswick et au Yukon, utilisations agricoles telles que l'élevage et l'irrigation en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba, usages en grande partie industriels en Colombie-Britannique, au Québec et dans les Territoires du Nord-Ouest, et domestiques à Terre-Neuve-et-Labrador et en Nouvelle-Écosse. La proportion de la population qui dépend des eaux souterraines pour répondre aux besoins domestiques varie grandement, de 100 pour cent à l'Île-du-Prince-Édouard à environ 23 pour cent en Alberta. Par conséquent, toute réflexion sur les ressources en eau du Canada doit comporter une dimension régionale importante.

Les provinces, propriétaires des ressources naturelles, ont la compétence juridique principale de la réglementation des eaux souterraines. Les provinces ont de plus en plus tendance à déléguer la gestion des eaux souterraines aux gouvernements locaux et à des organismes ayant de multiples parties prenantes, par exemple les autorités responsables d'un bassin versant. Les gouvernements locaux sont concernés par la gestion des eaux souterraines lorsque celles-ci constituent une source d'approvisionnement en eau municipale, ainsi que dans le cas d'aménagements fonciers qui pourraient entraîner une contamination des eaux souterraines. Le gouvernement fédéral possède un pouvoir législatif et des droits de propriété qui lui permettent de gérer les eaux souterraines sur les terres fédérales. Il a aussi des domaines de compétence et un pouvoir de dépenser qui peuvent avoir des conséquences sur la gestion durable des eaux souterraines, notamment en ce qui concerne les Premières Nations. La compétence fédérale englobe les eaux limitrophes et transfrontalières Canada-États-Unis. Le gouvernement fédéral contribue également de manière importante au développement des connaissances en matière d'eau souterraine par le truchement de la Commission géologique du Canada et d'autres organismes qui s'intéressent à des questions liées entre autres à l'environnement, la santé, l'agriculture et les pêches, et aussi par le financement de la recherche universitaire. Enfin, dans plusieurs domaines tels que l'agriculture et l'environnement, la responsabilité est partagée entre le gouvernement du Canada et les provinces.

## QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU SOUTERRAINE

On estime que le volume total des eaux souterraines dans le monde est d'environ 100 fois celui des eaux de surface contenues dans les rivières et les lacs. (On ne dispose d'aucune estimation fiable de la quantité d'eau souterraine au Canada.) Contrairement à une conception

probablement répandue, les eaux souterraines ne se présentent pas sous la forme de rivières ou de lacs souterrains. Cette forme ne se trouve que dans les très rares situations de conduits souterrains et cavernes dans les roches calcaires. Une analogie plus réaliste pour représenter les eaux souterraines serait celle d'une éponge, dont le cadre solide est formé par les matériaux géologiques et dont le réseau de pores reliés entre eux est rempli d'eau souterraine se déplaçant très lentement. Les eaux souterraines s'écoulent généralement beaucoup plus lentement que les eaux de surface. Elles séjournent donc beaucoup plus longtemps dans le milieu naturel, ce qui entraîne des problèmes de gestion spécifiques. En particulier, les effets des pratiques d'utilisation des sols ou de la surexploitation sur les eaux souterraines peuvent prendre plusieurs années ou même des décennies à se manifester. De même, il peut être extrêmement long et généralement très coûteux d'y remédier, et cela peut même être parfois impossible.

Les eaux souterraines se déversent dans les cours d'eau, les milieux humides et les lacs. Elles jouent donc souvent un rôle crucial dans le maintien d'espèces aquatiques sensibles. Dans la nature, les eaux souterraines et les eaux de surface sont inextricablement liées dans le cycle hydrologique. Il n'y a en fait qu'une seule réserve d'eau douce disponible. La gestion du développement des ressources en eau souterraine doit donc tenir compte des impacts à la fois sur les régimes des eaux souterraines et des eaux de surface.

La principale relation entre la qualité de l'eau souterraine et la santé humaine tient à l'utilisation d'eaux souterraines comme source d'approvisionnement en eau potable. Réglementée de manière adéquate, l'eau souterraine possède certaines caractéristiques avantageuses :

- elle est accessible là où une eau de surface de qualité n'est pas disponible en quantité suffisante;
- sa composition est constante dans le temps; la qualité de l'eau souterraine évolue généralement beaucoup plus lentement que celle de l'eau de surface, ce qui laisse plus de temps pour ajuster les procédés de traitement de l'eau en réponse aux modifications des caractéristiques de qualité;
- ses longs trajets et sa filtration naturelle dans le sous-sol permettent l'élimination d'une partie souvent importante des contaminants.

## OBJECTIFS D'UNE GESTION DURABLE DES EAUX SOUTERRAINES

Qu'entend-on par une gestion durable des eaux souterraines? Autrefois, le seul objectif des utilisateurs et des organismes de gestion était d'éviter la surexploitation et la baisse de la nappe phréatique qui en résulte. Le concept actuel beaucoup plus large de *développement durable* est le signe d'une évolution des attitudes dans le sens suivant : on accorde moins d'importance qu'autrefois au court terme et l'on cherche à pleinement tenir compte des conséquences des actions d'aujourd'hui sur l'avenir des systèmes naturels et des utilisations humaines. Adoptant une vision étendue de la gestion durable, le comité a élaboré un cadre conceptuel, fondé sur cinq objectifs reliés entre eux, pour aider à définir les connaissances scientifiques nécessaires à l'appui d'une gestion durable des eaux souterraines au Canada.

**Un cadre exhaustif de gestion durable des eaux souterraines n'a pas encore été mis en œuvre au Canada.**

Les trois premiers objectifs font intervenir principalement les sciences exactes et le génie, alors que les deux autres sont principalement de nature socio-économique. Selon les trois premiers objectifs, le développement durable exige qu'il n'y ait pas d'impact « significatif » sur la quantité et la qualité de l'eau souterraine ainsi que sur la viabilité

des écosystèmes. Déterminer ce qui est « significatif » ou non dans le contexte de ces trois premiers objectifs relève du jugement et, au bout du compte, d'une décision de la société qui devrait être éclairée par des connaissances scientifiques et des principes de développement durable. Les mécanismes par lesquels la société détermine ce qui est acceptable relèvent des deux derniers objectifs, qui visent à parvenir à un bien-être socio-économique et à appliquer les principes de bonne gouvernance.

### La gestion durable exige de caractériser et gérer conjointement les eaux souterraines et les eaux de surface.

Les données probantes examinées par le comité montrent qu'aucun cadre exhaustif de gestion durable des eaux souterraines n'a encore été adopté au Canada. L'adoption par les gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux d'un tel cadre fondé sur des objectifs semblables à ceux qui sont énoncés ici représenterait un pas en avant important pour orienter la gestion des eaux souterraines<sup>3</sup>.

#### OBJECTIFS D'UNE GESTION DURABLE DES EAUX SOUTERRAINES

- *Protéger les sources d'eau souterraine contre l'épuisement* : Le développement durable exige que les prélèvements puissent se poursuivre indéfiniment sans diminuer de manière significative la quantité d'eau disponible à long terme dans une région.
- *Maintenir la qualité de l'eau souterraine en la protégeant contre la contamination* : Le développement durable exige que la qualité de l'eau souterraine ne soit pas compromise par une dégradation significative de ses propriétés chimiques ou biologiques.
- *Préserver la viabilité des écosystèmes* : Le développement durable exige que les prélèvements n'affectent pas de manière significative la contribution des eaux souterraines aux apports en eau de surface et à la santé des écosystèmes. Les utilisations humaines ont inévitablement un certain impact sur des écosystèmes vierges.
- *Parvenir à un bien-être socio-économique* : Le développement durable exige que l'allocation des eaux souterraines maximise leur contribution potentielle au bien-être de la société (sur les plans économique et autres).
- *Appliquer des principes de bonne gouvernance* : Le développement durable exige que les décisions sur l'utilisation des eaux souterraines soient prises de manière transparente, avec une participation éclairée du public et en tenant pleinement compte des besoins des écosystèmes, de l'équité intergénérationnelle et du principe de précaution.

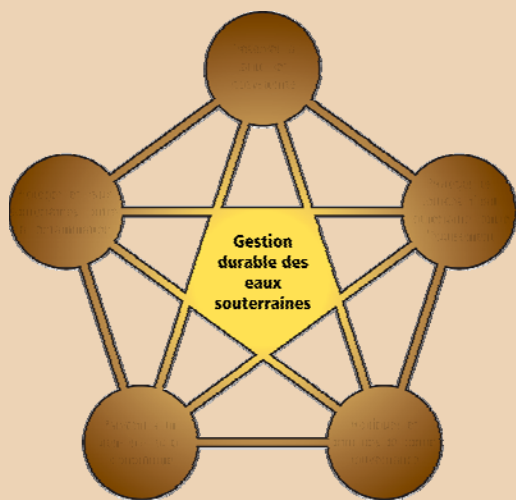


Figure 3 — Les cinq objectifs de la gestion durable des eaux souterraines

Conseil des académies canadiennes, 2009

#### ÉTUDES DE CAS

Le comité a réalisé un certain nombre d'études de cas, afin d'illustrer diverses situations où la gestion des eaux souterraines peut s'inspirer des cinq objectifs proposés d'une gestion durable. Des capsules résumant ces cas sont présentées dans ce rapport sommaire.

#### DÉFIS À RELEVÉR POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable exige que les eaux souterraines et les eaux de surface soient caractérisées et gérées comme un système intégré à l'échelle d'un bassin versant ou d'un bassin hydrogéologique. Cette approche systémique de l'évaluation du caractère durable du développement de ressources en eau exige de tenir compte de toutes les composantes du cycle hydrologique. De plus, les limites de prélèvement établies dans le cadre des politiques de gestion des eaux souterraines doivent tenir compte des impacts sociaux et économiques sur le milieu environnant. Autrement dit, chacun des cinq objectifs est nécessaire, mais aucun n'est suffisant à lui seul. Le développement durable exige une analyse précise des cinq objectifs et le maintien d'un équilibre subtil entre eux.

##### *Protéger les sources d'eau souterraine contre l'épuisement*

Une gestion durable doit chercher à prévenir une baisse continue à long terme du niveau des eaux souterraines. Le captage d'eau amenant une nouvelle position d'équilibre d'une nappe phréatique est généralement acceptable, à condition de respecter le troisième objectif (préserver la viabilité des écosystèmes). Il y a à ce jour peu d'exemples d'un épuisement excessif à grande échelle des eaux souterraines au Canada, mais il y a des exemples localisés<sup>4</sup>. Un épuisement excessif peut avoir de graves conséquences économiques. Il faut s'attendre à des coûts accrus de pompage, et peut-être de traitement, si l'eau souterraine doit être captée dans des aquifères de plus en plus profonds à cause d'une baisse du niveau de la nappe phréatique. Une baisse des réserves diminue également le tampon dont bénéficient les utilisateurs municipaux et agricoles pendant les périodes de sécheresse.

Nos connaissances de la dynamique à grande échelle des eaux souterraines (recharge, débit d'exploitation durable, émergence), qui sont essentielles à une gestion durable, souffrent de lacunes importantes. Il faut élaborer un cadre commun pour catégoriser les aquifères à différents échelons (provincial, régional ou local). Un tel cadre permettrait d'établir un lien entre les études locales et des évaluations provinciales et nationales, afin d'en arriver à une meilleure compréhension des bassins hydrogéologiques. De plus, les organismes responsables devraient accorder une priorité élevée à l'obtention de données sur les quantités d'eau souterraine allouées, sur les prélèvements réels d'eau souterraine, ainsi que sur les volumes restitués ou réutilisés.

##### *Maintenir la qualité de l'eau souterraine en la protégeant contre la contamination*

Le développement durable exige que la qualité de l'eau souterraine ne soit pas compromise par une dégradation significative de ses propriétés chimiques ou biologiques. Même si l'eau souterraine peut être de qualité médiocre à cause de substances naturellement présentes dans les matériaux géologiques formant les aquifères, la dégradation de sa qualité résulte souvent de l'activité humaine et de l'utilisation locale du sol. En milieu rural, notamment agricole, la contamination des eaux souterraines peut avoir diverses sources, dont le stockage et l'épandage de fumier, les installations septiques, les déversements accidentels et l'utilisation de pesticides. En milieu urbain, les activités industrielles à grande échelle, les réseaux de transport et les petits commerces peuvent contribuer à la contamination des eaux. Dans les zones côtières, la gestion des eaux souterraines doit tenir compte de la protection des aquifères contre l'intrusion de l'eau de mer, notamment avec la hausse du niveau des océans due aux changements climatiques. Les effets subis par les eaux souterraines peuvent prendre plusieurs

années ou même des décennies à se manifester. Une fois que de tels effets sont observés, il peut être extrêmement long ou impossible d'y remédier. C'est là un aspect propre aux eaux souterraines qui appelle des techniques de gestion différentes de celles employées pour les eaux de surface.

### **Des eaux souterraines de qualité médiocre résultent généralement de l'activité humaine.**

La qualité de l'eau souterraine est protégée par les lois sur l'eau potable et la protection des écosystèmes aquatiques, par le contrôle et la prévention de la pollution et par les lois relatives aux évaluations environnementales. Les maladies hydriques constituent un problème potentiellement sérieux lié à une dégradation de la qualité de l'eau<sup>5</sup>. Selon l'Association médicale canadienne, 1,859 avis d'ébullition étaient en vigueur au Canada en date du 31 mars 2008 (on ne connaît pas le nombre d'avis d'ébullition qui concernent l'eau souterraine). Heureusement, les cas de mortalité liés à une eau contaminée par des microbes pathogènes sont maintenant rares au Canada. La contamination de l'eau souterraine à l'origine de la tragédie survenue à Walkerton en 2000 *ne peut être vue comme une démonstration* que les eaux souterraines constituent une source intrinsèquement peu sûre d'approvisionnement en eau potable. Elle démontre plutôt qu'une violation systématique des règles de gouvernance peut toucher l'approvisionnement en eau, peu importe qu'il s'agisse d'eau souterraine ou de surface.

#### **Étude de cas : le comté d'Orange, en Californie**

Avant 1960, l'irrigation avait abaissé la nappe phréatique en dessous du niveau de la mer, et l'eau salée de l'océan Pacifique avait pénétré jusqu'à huit kilomètres dans les terres. L'Orange County Water District a donc été créé pour protéger et gérer le bassin. Des puits d'injection ont permis de relever le niveau de la nappe phréatique en injectant dans le sol un mélange d'eau de puits profonds et d'effluents secondaires, afin d'empêcher une intrusion accrue d'eau salée. Des milieux humides aménagés pour l'atténuation naturelle de la charge croissante des effluents en amont du fleuve Santa Ana ont amélioré la qualité de l'eau du fleuve, et un ensemble de digues ont favorisé la recharge artificielle des aquifères par infiltration. Dans le comté d'Orange, la connaissance du milieu hydrogéologique et des solutions techniques ont permis de surmonter le problème d'une utilisation de l'eau souterraine supérieure à la recharge, de sorte que le bassin peut fournir de manière durable plus de la moitié de l'eau consommée dans le district.

#### **Préserver la viabilité des écosystèmes**

L'émergence d'eau souterraine dans les cours d'eau maintient l'écoulement de base de ceux-ci et joue donc un rôle important dans le soutien de fonctions essentielles des écosystèmes, par exemple le rôle d'habitat pour les plantes et animaux aquatiques, l'atténuation de l'impact des périodes de sécheresse, le maintien des milieux humides, l'assimilation des déchets et le transport de nutriments. Le pompage à partir d'aquifères peu profonds entraîne généralement une diminution de l'apport d'eau souterraine vers les cours d'eau. Il faut donc inévitablement trouver un compromis entre, d'une part, les bénéfices socio-économiques d'un approvisionnement accru en eau souterraine pour les utilisations humaines et, d'autre part, les avantages écologiques d'un écoulement stable dans les zones d'émergence des eaux souterraines. Dans l'évaluation de l'apport des eaux souterraines nécessaire à la viabilité d'un écosystème, il faut veiller : (1) à tenir compte des caractéristiques pertinentes des eaux de surface lorsque l'on fait une estimation de l'écoulement des eaux souterraines vers les plans d'eau de surface; (2) à comprendre les besoins et les éléments de vulnérabilité de l'écosystème aquatique. Ces deux tâches sont techniquement difficiles, et la détermination de ce qu'est une modification acceptable du niveau et de la qualité (y compris la température) de l'eau souterraine émergeant dans un cours d'eau représente un défi majeur sur le plan conceptuel et quant aux mesures à effectuer. De fait, il n'existe actuellement aucune méthode

normalisée pour inclure la protection des apports d'eau souterraine vers les cours d'eau dans les lois et règlements, mais un certain nombre de provinces examinent des moyens de combler cette lacune.

Les processus de gouvernance recherchent un équilibre entre les bénéfices socio-économiques du captage de l'eau souterraine et les avantages pour les écosystèmes de maintenir un écoulement de base adéquat des cours d'eau et de préserver les habitats des milieux humides. Alors que les méthodes d'évaluation des bénéfices socio-économiques sont facilement disponibles et bien comprises, les mécanismes qui permettent d'attribuer une valeur aux avantages écosystémiques sont mal compris et incomplets. Pour parvenir à un juste équilibre entre les besoins socio-économiques et ceux des écosystèmes, il faut des procédures comptables comparables dans les deux domaines afin de quantifier la valeur de l'eau.

### **Les mécanismes qui permettent d'attribuer une valeur aux avantages écosystémiques sont mal compris et incomplets.**

#### **Parvenir à un bien-être socio-économique**

Des politiques de gestion durable qui préservent le niveau des eaux, l'écoulement de base des cours d'eau et les habitats des milieux humides, procurent des bénéfices économiques directs. L'eau souterraine a bien plus qu'une valeur économique en tant que ressource; elle a aussi une valeur spirituelle, culturelle et esthétique. Une meilleure compréhension de la valeur de la contribution des eaux souterraines à l'économie, à l'environnement et à la société de notre pays pourrait favoriser un processus décisionnel plus efficace concernant la répartition des ressources en eau, les infrastructures liées à l'eau, les dépenses engagées pour la protection de l'eau de source, ainsi que la réhabilitation des eaux contaminées. Malgré les techniques empiriques d'estimation disponibles et les efforts consentis dans d'autres pays pour attribuer une valeur à leurs ressources en eau, relativement peu de recherches ont été menées au Canada sur la valeur de l'eau. Il n'y a en réalité aucune information sur l'évaluation des eaux souterraines par leurs utilisateurs.

L'idéal serait de chercher à maximiser le bénéfice net que la société tire des eaux souterraines, qu'elles soient exploitées ou non. Dans le cas de l'exploitation intensive d'un aquifère profond, par exemple, la baisse du niveau piézométrique engendrée par le pompage pourrait ne pas affecter à long terme les réserves d'eau de surface. Dans ce cas, l'objectif d'une valeur maximale pour la société, qui suppose d'appliquer un certain escompte aux coûts et bénéfices prévus dans l'avenir, pourrait être atteint même si le pompage est maintenu. L'exploitation intensive d'un tel aquifère est par définition insoutenable en vertu du premier objectif (protéger les eaux souterraines contre l'épuisement), mais elle peut néanmoins être justifiée selon le quatrième objectif (la promotion d'un bien-être socio-économique). L'application pratique d'un tel raisonnement, que certains remettraient en question, est illustrée dans l'étude de cas du bassin de Denver.

#### **Étude de cas : le bassin de Denver, au Colorado**

La pénurie de permis d'utilisation des eaux de surface et une croissance urbaine accélérée ont entraîné une exploitation à grande échelle des aquifères du bassin de Denver. L'État du Colorado a admis qu'il était acceptable d'exploiter les aquifères « non tributaires » du bassin de Denver en prélevant une quantité d'eau supérieure à la recharge, même s'il en résultait des conséquences négatives. (Les eaux souterraines dans les aquifères non tributaires sont essentiellement isolées des eaux de surface.) L'État du Colorado a sciemment compromis la disponibilité future de l'eau souterraine en autorisant son utilisation pour permettre le développement dans des régions qui n'ont pas à l'heure actuelle d'autre source d'approvisionnement en eau. Avec la baisse du niveau de l'eau, le coût pourrait augmenter au point d'atteindre un seuil où il ne serait plus économiquement faisable d'exploiter les aquifères. On espère que d'autres possibilités d'approvisionnement verront le jour dans l'avenir.

De très nombreuses données montrent que le recours plus intensif à des instruments économiques tels que la tarification de l'eau, les redevances de prélèvement et un système d'échange de permis, est susceptible de favoriser une utilisation plus durable de l'eau souterraine. Pourtant, les méthodes actuelles d'allocation de l'eau souterraine au Canada font rarement appel à des mesures incitatives fondées sur le marché. À titre d'exemple, aucune province n'utilise la valeur économique de l'utilisation proposée comme critère d'émission de permis d'exploitation de l'eau souterraine. (Lorsqu'un coût est rattaché à un permis de prélèvement d'eau, les sommes demandées ne servent qu'à défrayer les coûts administratifs et ne constituent pas un incitatif à la conservation.) Parmi les principaux obstacles à la mise en place d'instruments économiques dans la gestion des eaux souterraines, mentionnons le manque d'expérience en la matière des gouvernements au Canada, le manque de données et une compréhension insuffisante des caractéristiques économiques des demandes des utilisateurs de l'eau souterraine et de leurs effets dans le temps, ainsi que la nécessité de coordonner l'introduction d'instruments fondés sur le marché avec les cadres de réglementation existants. Dans de nombreux secteurs industriels et domestiques, il faut appliquer la technologie disponible et faire des recherches plus poussées en vue d'améliorer l'utilisation *efficace* de l'eau. On peut également devoir envisager la mise en œuvre de mesures incitatives économiques, et dans certains cas d'une réglementation, afin de favoriser l'efficacité dans ce domaine.

### **Appliquer les principes de bonne gouvernance**

La gouvernance en matière d'eau comprend l'ensemble des processus qui permettent l'expression des divers intérêts, la réception des intrants et la mise en œuvre des décisions et qui engagent la responsabilité des décideurs. La gouvernance se distingue de la gestion de l'eau, qui consiste à assurer concrètement sur le terrain la réglementation de l'eau. La gouvernance va au-delà du simple cadre « gouvernemental » et s'étend aux intervenants des secteurs public et privé, ainsi que de la société civile.

**Une meilleure compréhension de la valeur de la contribution des eaux souterraines à l'économie, à l'environnement et à la société de notre pays pourrait favoriser un processus décisionnel plus efficace.**

Les critères de bonne gouvernance prennent communément en considération les éléments suivants : inclusion, participation, transparence, prévisibilité, responsabilité et règle de droit. Un fonds adéquat de connaissances scientifiques est évidemment un ingrédient nécessaire d'une bonne gouvernance, mais ce n'est pas suffisant. Plusieurs des défis les plus importants relèvent de facteurs institutionnels et politiques, dont la fragmentation et le chevauchement des compétences et des responsabilités, des priorités en concurrence, ainsi que des méthodes et façons de penser établies depuis longtemps.

Une bonne gouvernance dans le contexte de la gestion durable de l'eau doit logiquement porter à la fois sur la quantité et sur la qualité. Ces deux aspects sont cependant traités séparément dans le cadre juridique actuel : les lois sur l'eau régissent l'accès, la répartition et la quantité de l'eau, alors que la qualité de l'eau relève de lois sur la santé et l'environnement, ainsi que de lois sectorielles. La protection juridique de la quantité et de la qualité de l'eau souterraine pourrait être améliorée sous plusieurs aspects, notamment : la protection des apports aux cours d'eau, la lutte contre la contamination par les nitrates et d'autres impacts des activités agricoles, la prévention générale de la contamination des eaux souterraines et, dans le cadre de l'émission de licences ou de permis, l'évaluation des impacts cumulatifs des activités qui affectent les eaux souterraines et les écosystèmes qui en dépendent.

Une application plus stricte des règlements et contrôles existants fait partie d'une bonne gouvernance et contribuerait de manière importante à la gestion durable des eaux souterraines. La comptabilité

précise et régulière des prélèvements autorisés d'eau souterraine, le respect d'exigences plus strictes pour la surveillance de la qualité de l'eau, une documentation complète des caractéristiques géologiques liées à la construction et à l'abandon de puits, ainsi que le respect en temps voulu des conditions de nettoyage et de réhabilitation des sites contaminés, comptent parmi les aspects de l'application de la réglementation qui ont le plus besoin d'être améliorés.

### **Étude de cas : l'aquifère d'Abbotsford-Sumas**

Cet aquifère chevauche la frontière Canada-États-Unis, au sud-est de Vancouver. La contamination de l'aquifère, qui tient son origine de l'activité agricole en Colombie-Britannique mais qui affecte aussi l'État de Washington, est documentée depuis les années 1970. Les règlements de la province et de l'État en matière agricole prévoient des plans obligatoires de gestion des nutriments. Quatre groupes, auxquels participent tous les ordres de gouvernement et les parties prenantes, cherchent à coordonner les études scientifiques et à fournir de l'information au public. Les groupes du secteur agricole encouragent des pratiques exemplaires de gestion. Malgré cela, la charge des eaux souterraines en nutriments a récemment augmenté. Un modèle amélioré de gouvernance est nécessaire pour assurer la stabilité financière des organismes de coordination, veiller à la mise en œuvre des décisions et instaurer l'équité entre participants comme moyen de favoriser leur engagement.

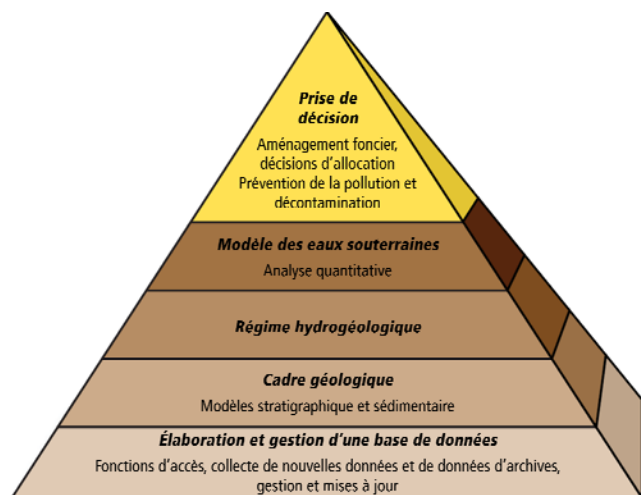
Au cours des années, plusieurs initiatives ont visé la création de cadres généraux facilitant la bonne gouvernance des ressources en eau du Canada. La *Loi sur les ressources en eau du Canada*, adoptée à l'origine en 1970, permet au gouvernement fédéral de conclure avec les provinces et territoires des accords portant sur la réalisation d'études exhaustives de bassins fluviaux, sur la collecte de données et l'établissement d'inventaires, ainsi que sur la désignation conjointe d'organismes de gestion de la qualité de l'eau. Elle a été rarement invoquée au cours des dernières années, mais elle pourrait dans l'avenir jouer un rôle bénéfique dans la gestion des eaux souterraines. Dans la *Politique fédérale relative aux eaux* énoncée en 1987, le gouvernement du Canada s'est engagé entre autres à élaborer des lignes directrices nationales d'évaluation et de protection des eaux souterraines, ainsi qu'à prendre des mesures pour assurer une qualité appropriée des eaux souterraines transfrontalières. Cette politique est restée en grande partie inappliquée. Le *Cadre canadien de collaboration en matière d'eau souterraine*, formulé en 2003 par un comité *ad hoc* d'intervenants, encourage la collaboration, mais il faut néanmoins une répartition des tâches entre les ordres de gouvernement qui soit plus nette et formulée de manière officielle et qui détermine les responsabilités en matière de suivi.

### **CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET CAPACITÉ REQUISES POUR UNE GESTION DURABLE DES EAUX SOUTERRAINES**

Les études portant sur les eaux souterraines doivent autant que possible porter sur l'ensemble d'un bassin hydrogéologique, depuis la zone de recharge jusqu'à la zone d'émergence. Une analyse des bassins hydrogéologiques est fondée sur l'utilisation efficace d'un ensemble de méthodes et d'outils conceptuels et quantitatifs, qui visent en général la prévision des effets à long terme. Cet ensemble comporte quatre composantes qui, utilisées de manière intégrée, devraient conduire à des prévisions crédibles du comportement des eaux souterraines dans un contexte de gestion durable (voir la figure 4) :

- une **base de données** complète sur les eaux, comprenant des données géologiques et des données sur les eaux souterraines et les pressions qu'elles subissent (prélèvements, climat, écoulement);
- une compréhension du **cadre géologique** dans lequel s'écoulent les eaux souterraines;
- une description quantitative du **régime hydrogéologique**, dont l'étendue des principales entités hydrogéologiques ainsi que des paramètres comme la conductivité hydraulique;
- un **modèle** approprié de l'écoulement des eaux souterraines.

Les obstacles à la mise en place de cet ensemble de méthodes et d'outils par les organismes responsables semblent être : (1) l'absence d'un mandat confié par les autorités supérieures; (2) un financement insuffisant pour réaliser un tel programme; (3) le manque de personnel ou de compétences pour élaborer et mettre en œuvre les programmes nécessaires de mesures sur le terrain, les interprétations hydrogéologiques et les outils informatiques de modélisation, (4) l'insuffisance des données disponibles.



**Figure 4 — Connaissances scientifiques nécessaires pour une gestion durable des eaux souterraines**

Conseil des académies canadiennes, 2009

#### **Compréhension du contexte géologique et hydrogéologique**

L'acquisition d'une bonne compréhension de la géologie est l'une des étapes les plus cruciales de la gestion des eaux souterraines. Comme les paramètres qui régissent les mouvements des eaux souterraines peuvent varier considérablement sur de courtes distances, une compréhension du contexte géologique constitue un moyen valable et rentable d'interpolation des mesures hydrogéologiques sur de vastes zones. Une autre exigence consiste à élaborer une connaissance du bassin hydrogéologique en analysant des mesures de charge hydraulique, les résultats de tests de pompage et d'autres données hydrogéologiques pertinentes. À partir d'estimations quantitatives, on peut calculer plusieurs paramètres importants du point de vue hydrogéologique, telles que les vitesses d'écoulement, les débits bruts, les composantes du bilan hydrique et les apports aux cours d'eau.

**Un niveau adéquat de connaissances scientifiques est nécessaire mais non suffisant pour gérer de manière durable les eaux souterraines.**

De nombreuses études de ce genre ont été effectuées au cours des années par des agences locales et provinciales, mais il y a eu peu d'intégration de l'information à l'échelle nationale. La dernière évaluation exhaustive des ressources du Canada en eau souterraine a été publiée en 1967. À l'heure actuelle, on travaille à mettre sur pied un Inventaire national des eaux souterraines. À cet égard, le Programme de cartographie des eaux souterraines dirigé par la CGC a entrepris d'évaluer 30 aquifères régionaux importants. Ces évaluations menées en collaboration visent à mieux connaître les zones de recharge et d'émergence, avoir une meilleure estimation du débit d'exploitation durable des aquifères, quantifier la vulnérabilité des aquifères à l'échelle régionale, et fournir aux gestionnaires provinciaux et locaux des eaux souterraines les données et l'information nécessaires pour prendre des décisions éclairées en matière d'aménagement

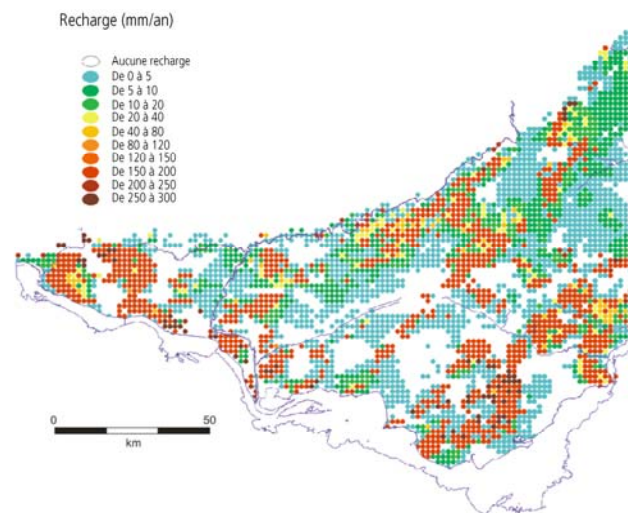
foncier et d'allocation de l'eau souterraine (voir les études de cas des Basses-Laurentides et de la moraine d'Oak Ridges). En 2006, seulement 9 des 30 aquifères avaient été évalués. Au rythme actuel, il faudra encore près de 20 ans pour compléter la cartographie des eaux souterraines. Étant donné l'importance de meilleures connaissances hydrogéologiques pour alimenter les modèles et améliorer de manière générale la gestion des eaux souterraines, il faut accélérer la cartographie des aquifères.

#### **Utilisation de modèles**

Les modèles de l'eau souterraine et de transport de masse constituent des bases utiles à la prise de décision, parce qu'ils permettent aux hydrogéologues d'évaluer les conséquences possibles de modifications des prélèvements d'eau et de l'utilisation des sols sur l'ensemble d'un bassin hydrogéologique<sup>6</sup>. Des modèles bien calés aident à définir les stratégies d'acquisition de données et procurent une méthode de prévision des conditions futures dans le contexte de divers scénarios de développement. Une compréhension suffisante de l'écoulement de l'eau souterraine à l'aide d'un modèle permet ensuite d'aborder des questions relatives à la qualité, en utilisant les concentrations et paramètres de transport comme intrants aux modèles de transport des contaminants.

#### **Étude de cas : les Basses-Laurentides, au Québec**

L'expansion de l'agglomération montréalaise vers le nord a entraîné pour les municipalités de la région le besoin d'être mieux équipées pour tenir compte des ressources en eau souterraine pour l'aménagement du territoire. Quatre municipalités ont créé un partenariat avec la Commission géologique du Canada, la Province et des universités locales, afin d'améliorer les connaissances scientifiques à propos des aquifères de la région. Cette approche de collaboration a rendu financièrement possible la collecte des données de terrain nécessaires à la compréhension du bassin hydrogéologique et à l'élaboration d'un modèle numérique de simulation de scénarios de pompage de l'eau souterraine. Elle a du même coup montré comment la science contribue à la prise de décisions en matière de gestion des eaux souterraines. Une étude détaillée des eaux souterraines a produit des cartes dont les municipalités peuvent se servir pour gérer de manière proactive l'aménagement du territoire et la résolution de conflits entre utilisateurs. De telles études détaillées sont coûteuses, et l'engagement financier des gouvernements n'est pas suffisant pour que l'on puisse faire des études semblables partout où l'on pourrait en avoir besoin au Canada.

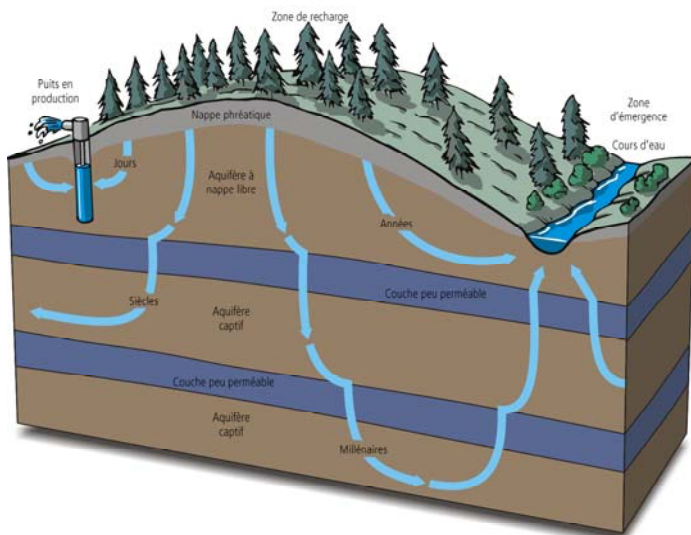


**Figure 5 — Répartition spatiale de la recharge des aquifères de roc fracturé des Basses-Laurentides**

Reproduit avec l'autorisation d'Andréanne Hamel, 2002



L'utilisation de modèles par les organismes provinciaux de réglementation varie d'une province à l'autre, mais dans la plupart des cas l'application des modèles ne repose pas sur les développements les plus récents dans ce domaine. Par conséquent, alors que les autorités gouvernementales adoptent maintenant des stratégies durables de répartition de l'utilisation des eaux souterraines, elles doivent aussi améliorer leur capacité à utiliser à des modèles hydrogéologiques de pointe pour la gestion à l'échelle des bassins versants. Le comité appuie sans réserve le développement d'instruments efficaces de modélisation par les organismes gouvernementaux. Les utilisations les plus efficaces de modèles numériques des eaux souterraines sont celles où il y a un bon équilibre entre le besoin de fournir aux décideurs des intrants hydrogéologiques solides et le besoin de bien documenter les détails du modèle afin d'en mettre en évidence les points forts comme les points faibles.



**Figure 6 — Schéma simplifié de l'écoulement des eaux à l'échelle locale, intermédiaire et régionale**

Adapté et reproduit avec l'autorisation de la Commission géologique des États-Unis

Les modèles numériques ne donnent pas de réponses sans équivoque aux questions relatives à la gestion des eaux souterraines. Ils fournissent plutôt des résultats simulés qui doivent être pris en considération dans la recherche de solutions concrètes aux problèmes qui se posent. Il est donc impératif que les auteurs des modèles expliquent soigneusement aux décideurs les incertitudes liées à ces résultats. Étant donné ces incertitudes, l'élaboration d'un modèle doit être considérée comme un processus en constante évolution.

#### Étude de cas : la moraine d'Oak Ridges, en Ontario

La moraine d'Oak Ridges est située à la limite nord de Toronto et s'étend de la région d'Orangeville jusqu'à Trenton. L'expansion des collectivités vers le nord a rapidement modifié l'utilisation des sols, ayant des impacts sur la qualité et la quantité d'eau souterraine ainsi que sur l'écoulement de base dans les cours d'eau. Plusieurs municipalités et agences de conservation de la région ont mis en commun leurs ressources pour gérer collectivement les eaux souterraines. Elles fonctionnent dans un cadre fondé sur des connaissances géologiques solides (sur la base de travaux de la Commission géologique du Canada), une modélisation numérique de l'écoulement de l'eau souterraine et un système de gestion de données. Chacune de ces composantes est continuellement mise à jour, de sorte que le cadre de travail est en évolution constante. Le programme de gestion entretient en outre des liens étroits avec les planificateurs, de sorte que les décisions d'aménagement foncier, qui ont généralement les effets les plus importants sur les ressources en eau souterraine, sont éclairées par les connaissances qui résultent des éléments du cadre de travail. Par exemple, des limites au développement ont été imposées dans les zones de recharge importantes des aquifères.

La diminution de l'incertitude avec l'accumulation de données et d'expérience donne lieu à une approche de « modèle évolutif » qui convient bien à une philosophie de gestion adaptative. Les décisions initiales reflètent donc une approche de précaution, mais à mesure que l'incertitude diminue, les décisions de gestion peuvent être prises avec un plus grand degré de confiance. Il n'existe pas de critère universel permettant de définir jusqu'à quel point une prévision doit être précise ou autrement dit jusqu'à quel point l'incertitude doit être faible pour être considérée comme acceptable. Par exemple, un degré d'incertitude acceptable pour une décision concernant l'allocation de l'eau souterraine peut être inacceptable pour une décision à propos de la décontamination. La détermination du degré acceptable d'incertitude doit donc tenir compte du contexte d'une situation donnée.

**Même si le Canada n'a pas besoin d'une base de données nationale exhaustive des eaux souterraines, il est important de s'entendre sur une structure et un ensemble de pratiques exemplaires... afin de faciliter l'échange de données entre provinces et entre les provinces et le gouvernement fédéral.**

Dans une perspective d'avenir, on peut s'attendre à ce que les multiples objectifs de la gestion durable des eaux souterraines exigent des modèles sophistiqués capables : (1) de mieux saisir l'interaction entre les eaux souterraines et les eaux de surface; (2) d'intégrer les phénomènes hydrogéologiques et les variables économiques; (3) de fournir un compte rendu détaillé du transport de contaminants; (4) d'intégrer l'atmosphère, la surface du sol, l'hydrologie et les eaux souterraines, afin de permettre une meilleure évaluation des effets de modifications de l'utilisation des sols ainsi que des changements et variations climatiques. L'élaboration et le perfectionnement de tels modèles constituent un domaine de recherche actif auquel les chercheurs canadiens continuent de contribuer de manière significative.

#### Étude de cas : le bassin de la rivière Big, dans le Rhode Island

La demande croissante d'eau dans la région du bassin de la rivière Big a forcé les gestionnaires de l'eau à se tourner vers les eaux souterraines. Des études précédentes montraient que l'on ne pouvait pas exploiter les eaux souterraines sans diminuer leur apport vers les cours d'eau, mais quelle quantité pouvait-on pomper de manière durable sans entraîner une diminution inacceptable? La Commission géologique des États-Unis, en collaboration avec les gestionnaires de l'eau de l'État, a mis au point un modèle de simulation et d'optimisation du bassin, afin de déterminer la relation entre les critères de débit minimal des cours d'eau et les prélèvements d'eau souterraine. Des simulations répétées permettent de mettre à l'épreuve diverses contraintes hydrologiques, par exemple les effets de différents emplacements des puits. Des simulations ont porté sur différents débits minimaux des cours d'eau, afin de tester plusieurs critères de gestion. L'introduction du bassin hydrologique dans un modèle informatique permet aux hydrogéologues d'évaluer de plusieurs manières la disponibilité de l'eau souterraine et d'en déduire des ajustements à la gestion de l'eau.

#### Acquisition et intégration de données sur les eaux souterraines

Il y a un manque critique de données sur les quantités d'eau souterraine allouées à des fins municipales, industrielles et agricoles, sur les prélèvements réels d'eau souterraine, ainsi que sur les volumes d'eau restitués ou réutilisés. Sans ces données, il est impossible de gérer efficacement les eaux souterraines, peu importe à quel niveau, et les organismes responsables devraient donc accorder une priorité élevée à l'acquisition de telles données. L'enquête d'Environnement Canada sur l'eau potable et les eaux usées des municipalités constitue à l'heure actuelle la meilleure source de données nationales sur les prélèvements d'eau souterraine à des fins domestiques et municipales.

Cependant, en raison du faible taux de réponse des petites municipalités à cette enquête à participation volontaire, elle est incomplète dans de vastes régions du pays. Pour obtenir un tableau moins fragmenté de l'utilisation des eaux souterraines au Canada, il faudra mettre sur pied des initiatives visant à améliorer le taux de réponse, en aidant les municipalités à répondre à l'enquête et en complétant les données recueillies avec l'information que possèdent les provinces sur les réseaux d'aqueduc municipaux.

D'une manière générale, les ressources affectées à la collecte systématique de données sur l'eau sont insuffisantes pour suivre la demande en matière d'aménagement foncier et elles ont même diminué dans certains cas depuis 20 ans. À titre d'exemple, le nombre de stations hydrométriques au Canada est passé de 3 600 à environ 2 900. Certains programmes proactifs provinciaux ont néanmoins fait leur apparition, dont le Réseau provincial de surveillance des eaux souterraines, mis sur pied en Ontario en 2001, et la *Loi sur l'eau saine*, également en Ontario.

Voici quelques lacunes de l'acquisition de données sur les eaux souterraines :

- Même si toutes les provinces et agences locales ont des programmes permanents de surveillance du niveau des eaux, le nombre de points d'observation est généralement insuffisant. De plus, les données sur la qualité de l'eau ne constituent pas une priorité de ces programmes. Dans de nombreux cas, aucune analyse systématique de ces données n'est effectuée, et aucun mécanisme ne permet de détecter des menaces à venir ou d'évaluer les mesures à adopter, sauf de manière réactive.
- Les registres provinciaux des puits ne contiennent généralement pas les données de très bonne qualité provenant de certains types de forages, notamment ceux effectués par des experts-conseils dans le cadre d'études hydrogéologiques ou géotechniques.
- Les réseaux actuels de stations météorologiques sont incapables de fournir un compte rendu annuel des précipitations ou de la température pour de nombreux aquifères. L'incertitude accrue qui résulte de cet état de fait pourrait entraîner des décisions inappropriées en matière de gestion des eaux souterraines, surtout dans les zones au relief accentué et dans les régions éloignées, par exemple en Colombie-Britannique et dans le Nord canadien.

---

**La collecte, la mise à jour et la gestion des données sur les eaux souterraines, ainsi que la facilité d'accès à ces données, devraient constituer une priorité.**

Il y a eu peu d'efforts systématiques pour rassembler les données sur les eaux souterraines dans un système facilement accessible de gestion de l'information. Bien que de nombreuses données hydrogéologiques soient recueillies, peu d'efforts visent à les rassembler dans une base de données collective dans le but d'améliorer la compréhension des eaux souterraines. De plus, à cause de l'absence d'action concertée en matière de gestion de données, une quantité considérable de données précieuses liées aux eaux souterraines est inutilisée ou inaccessible. C'est notamment le cas de données contenues dans divers rapports de recherche et autres rapports produits par des firmes d'experts-conseils, des universités et des organismes non gouvernementaux. L'acquisition, la mise à jour et la gestion de données sur les eaux souterraines, ainsi que la facilité d'accès à ces données, devraient constituer une priorité partout au pays.

Même si le Canada n'a pas besoin d'une base de données nationale exhaustive des eaux souterraines, il est important de s'entendre sur une structure et un ensemble de pratiques exemplaires (fondées peut-être sur une conception et des pratiques semblables à celles du *National Water Information System* de la Commission géologique des États-Unis), afin de faciliter l'échange de données entre provinces et

entre les provinces et le gouvernement fédéral. Le Réseau d'information sur les eaux souterraines (RIES) élabore des normes de gestion des données en vue de faciliter l'échange d'information<sup>7</sup>. La surveillance des eaux souterraines à tous les niveaux doit être davantage soutenue, et une infrastructure d'échange de données telle que le RIES doit être mise en place grâce à une collaboration fédérale-provinciale.

#### ***Développement des ressources humaines nécessaires***

L'affectation de personnel et de fonds à la gestion des eaux souterraines n'a pas suivi la croissance de la demande pour cette ressource, de sorte que de nombreux bassins hydrographiques du Canada ne bénéficient pas des compétences et de la capacité de gestion voulues. La gestion locale des eaux souterraines par une municipalité régionale ou une agence responsable d'un bassin versant ne sera couronnée de succès que si elle est soutenue par des ressources financières et humaines suffisantes, ainsi que par l'obligation d'adopter les mesures voulues et de rendre compte des progrès accomplis. Plusieurs exemples montrent qu'une collaboration entre les trois ordres de gouvernement donne des résultats positifs, en combinant les ressources disponibles dans une seule approche de gestion concentrée géographiquement et intégrée verticalement .

---

**Il y a actuellement une pénurie d'hydrogéologues au Canada, et la demande de scientifiques et de gestionnaires compétents ira augmentant à mesure que les eaux souterraines seront gérées de manière plus rigoureuse.**

Le besoin de scientifiques et de gestionnaires compétents augmentera à mesure que les eaux souterraines seront gérées de manière plus rigoureuse. On peut en déduire qu'il y aura une demande accrue pour des programmes universitaires et collégiaux axés sur l'étude des eaux souterraines en tant que ressource dans un cadre intégrant les sciences hydrologiques, la durabilité des écosystèmes, la gestion des bassins versants, ainsi que les aspects économiques et juridiques des ressources en eau.

#### **LES PRINCIPAUX DÉFIS DE LA GESTION DURABLE DES EAUX SOUTERRAINES**

Le comité a abordé dans ses travaux, à la lumière des cinq objectifs de développement durable exposés plus haut, les nombreux défis que la science et la gestion des eaux souterraines doivent relever au Canada. Voici un bref résumé des conclusions du comité quant à des mesures précises qui pourraient être adoptées pour faire face à ces défis dans une perspective de développement durable.

##### ***Augmentation de la population et urbanisation***

On prévoit que la proportion de la population canadienne concentrée dans les zones urbaines, qui est aujourd'hui de 80 pour cent, passera à 87 pour cent d'ici 2030, pour une population totale qui augmentera aussi. L'augmentation de la population et l'urbanisation entraînent généralement un empiètement sur les zones rurales et semi-rurales. De grandes surfaces urbaines, combinées avec des prélèvements accrus d'eau souterraine, peuvent diminuer le potentiel de recharge des eaux souterraines et leur capacité à alimenter les cours d'eau à leur niveau actuel pendant les périodes d'étiage. La concentration urbaine accroît en outre le risque de contamination des eaux souterraines à partir des eaux usées et de la contamination microbienne en surface. Avec l'accroissement de la demande d'eau lié à l'augmentation de la population, les régions dont les ressources en eau souterraine sont limitées rechercheront un approvisionnement complémentaire, souvent sous la forme d'eau de surface amenée par pipeline à partir de lacs de grande étendue. Par exemple, dans le Sud de l'Ontario, les Grands Lacs offrent une solution de remplacement des eaux souterraines. L'utilisation de pipelines amènera d'autres défis liés à l'élimination des eaux usées et à la réglementation des transferts d'eau entre bassins, sans compter les coûts du transport.

### Étude de cas : la municipalité régionale de Waterloo, en Ontario

Dans la municipalité régionale de Waterloo, qui est en croissance rapide, la gestion des eaux souterraines illustre bien la complexité de l'application concrète à l'échelon municipal de politiques relatives à l'eau souterraine. Contrairement à la plupart des autres municipalités de taille comparable, la municipalité régionale de Waterloo s'approvisionne presque exclusivement en eau souterraine et a élaboré de nombreuses pratiques de gestion durable. L'histoire industrielle longue et diversifiée de la région force les gestionnaires de l'eau à composer avec de nombreux sites hérités du passé et d'eaux souterraines contaminées. La Municipalité régionale encourage une utilisation efficace de l'eau, mais la croissance exige des puits supplémentaires, complétés le cas échéant par un système de stockage et de réhabilitation des aquifères. Un lien par pipeline avec le lac Érié pourrait être envisagé à long terme. Les projections de débit d'exploitation durable des aquifères sont incertaines en raison de leur complexité géologique. La pression du développement dans les zones de recharge ajoute à la difficulté de prévoir la disponibilité future de l'eau souterraine. Les effets des prélèvements actuels sur la santé des écosystèmes sont incertains, et les critères spécifiques de maintien de la viabilité des écosystèmes sont peu élaborés.

les terres agricoles a augmenté d'environ 25 pour cent dans l'ensemble du Canada de 1981 à 2001. Même si le problème est bien connu, peu de succès ont été enregistrés en vue d'une réduction significative de cette contamination. Si de meilleures pratiques de gestion étaient adoptées par les producteurs agricoles, on pourrait être plus optimiste quant à la diminution du risque de contamination par les nitrates, mais les succès dans ce domaine ont été limités jusqu'à ce jour. Les études de cas de l'Île-du-Prince-Édouard et de l'aquifère d'Abbotsford-Sumas illustrent cet état de fait. Davantage d'efforts sont nécessaires pour s'attaquer aux facteurs techniques, réglementaires et économiques responsables de cette situation. Enfin, une application plus stricte de règlements plus sévères peut être nécessaire, ainsi que des mesures incitatives et programmes d'information appropriés.

**La coordination entre gouvernements provinciaux et locaux est nécessaire pour protéger les zones de recharge des eaux souterraines et minimiser les effets négatifs d'utilisations potentiellement néfastes du sol.**

La coordination entre gouvernements provinciaux et locaux est nécessaire pour protéger les zones de recharge des eaux souterraines et minimiser les effets négatifs d'utilisations potentiellement néfastes du sol. Cette coordination est vitale, parce que les contraintes de la croissance urbaine et les besoins correspondants en infrastructures se font sentir directement à l'échelon local, alors que le pouvoir de réglementation est partagé avec le gouvernement provincial.

Dans les cas où les études sur les eaux souterraines ont précédé l'aménagement foncier, les résultats d'études hydrogéologiques, notamment la cartographie, la caractérisation et la modélisation des aquifères, ont constitué un moyen efficace d'intégrer la question des eaux souterraines au processus d'aménagement foncier. Il est préférable que ces études portent sur l'ensemble d'un bassin versant et d'un bassin hydrogéologique, ce qui exige une connaissance détaillée des conditions de recharge, de débit d'exploitation durable et d'émergence.

### Intensification de l'agriculture

L'agriculture est un consommateur majeur d'eau au Canada. On s'intéresse de plus en plus à la durabilité environnementale de l'agriculture, et notamment à l'importance des eaux souterraines dans le contexte de l'irrigation, de la salinité des sols et de la contamination de l'eau par des composés azotés et des agents pathogènes. La présence de nitrates dans les eaux souterraines constitue une menace potentielle pour la santé des nourrissons. S'ils migrent dans l'eau souterraine et font émergence dans les eaux de surface, les nitrates pourraient aussi avoir des effets nocifs sur les espèces aquatiques.

Le risque de contamination de l'eau par les nitrates s'est accru, à cause de facteurs régionaux comme la plus grande utilisation d'engrais, l'accroissement du cheptel et l'augmentation de la culture de légumineuses. Par exemple, on a des raisons de croire que la quantité de nitrates dans l'eau d'infiltration sur

### Étude de cas : l'Île-du-Prince-Édouard

En réponse aux inquiétudes concernant le captage de quantités de plus en plus importantes d'eau souterraine pour l'irrigation, dont la demande est généralement la plus élevée pendant les périodes sèches de l'année (alors que le débit des cours d'eau est faible), le gouvernement provincial a imposé un moratoire portant sur l'émission de permis pour de nouveaux puits d'irrigation à grande capacité. Ce moratoire donne aux gestionnaires de l'eau le temps de mieux comprendre l'impact de tels prélèvements sur les écosystèmes d'eau douce et estuariens. Entre-temps, la qualité de l'eau souterraine et de surface de l'Île-du-Prince-Édouard a souffert à beaucoup d'endroits de la contamination par des nitrates d'origine agricole, et aucune solution de gestion durable n'a été élaborée à ce jour. La promotion de l'objectif de « bonne gouvernance » semble faire partie du mandat de la commission sur les nitrates dans les eaux souterraines récemment mise sur pied. L'existence à l'Île-du-Prince-Édouard d'un milieu réglementaire peu fragmenté devrait constituer pour le Canada un bon test d'une gestion mieux intégrée des eaux souterraines et des eaux de surface.

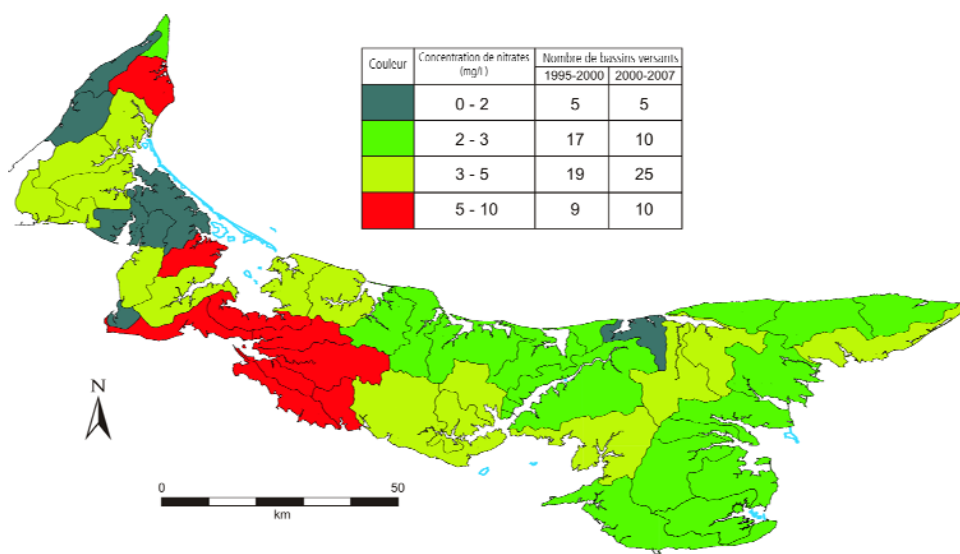


Figure 7 — Concentration moyenne de nitrates dans l'eau souterraine, établie à partir de données des puits domestiques

### Protection de la qualité de l'eau souterraine

On estime à plus de quatre millions le nombre de Canadiens, surtout dans les zones rurales et suburbaines, dont l'approvisionnement en eau est assuré par des puits privés (par opposition à municipaux) principalement alimentés par des eaux souterraines. Aucun programme national ne permet de savoir combien de puits privés sont susceptibles d'être contaminés, mais on estime qu'entre 20 et 40 pour cent de tous les puits en milieu rural ont des concentrations de nitrates ou des quantités de bactéries coliformes supérieures aux normes relatives à l'eau potable. Les tests de la qualité de l'eau des puits privés au Canada révèlent en général une situation qui serait inacceptable dans le cas de l'approvisionnement en eau réglementé d'une municipalité.

Grâce à une gestion serrée par les municipalités, sous la surveillance et avec la collaboration des autorités provinciales et grâce au rôle du Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable, la qualité de l'eau potable *municipale* tirée des eaux souterraines est généralement excellente dans toutes les régions du Canada. Par contre, les cas fréquents de contamination microbienne dans les puits privés et des petites collectivités, notamment ceux des Premières Nations, demeurent inacceptables. Étant donné la piètre qualité actuelle de l'eau de nombreux puits ruraux, les programmes de surveillance inadéquats, le manque de cohérence des programmes éducatifs de promotion et d'assurance de la qualité de l'eau de puits, le fait que la plupart des initiatives de protection de l'eau de source sont centrées sur les puits municipaux, ainsi que les perspectives d'intensification des activités agricoles, il est clair que la qualité de l'eau souterraine en milieu rural doit faire l'objet d'une attention accrue, notamment par des programmes communautaires d'information sur les puits et les aquifères. Il faut probablement renforcer les conditions de la réglementation de l'eau potable destinée aux collectivités au Canada, et appuyer ces mesures avec des ressources adéquates et la formation de ceux qui travaillent à l'approvisionnement en eau.

Les autorités canadiennes reconnaissent que la protection de la qualité de l'eau potable repose tout d'abord sur la protection des aires d'alimentation des aquifères et des ouvrages de captage. La détermination précise des aires d'alimentation et de protection des ouvrages de captage dépend de la capacité technique à cartographier ces aires. Les données disponibles sont cependant généralement insuffisantes pour déterminer de manière appropriée ces aires d'alimentation et de protection, en particulier pour les aquifères complexes. En absence de capacité technique suffisante, la pratique consiste souvent à adopter une approche prudente et surestimer l'étendue des aires de protection, ce qui peut avoir des conséquences économiques majeures pour les municipalités et les propriétaires fonciers. Une meilleure connaissance des paramètres géologiques est clairement nécessaire pour améliorer l'exactitude des modèles qui servent à délimiter les aires d'alimentation et de protection des ouvrages de captage.

### Plusieurs des défis les plus importants relèvent de facteurs institutionnels et politiques.

Des mesures proactives sont nécessaires, à l'échelle locale, pour détecter les substances susceptibles de rendre l'eau souterraine impropre à la consommation et informer la population de leur présence. L'arsenic, le radon et les fluorures sont des exemples de telles substances naturellement présentes dans l'eau souterraine. Des levés de reconnaissance, la publication de l'information et des tests obligatoires des puits privés dans les zones suspectes sont nécessaires pour protéger la santé des habitants des régions rurales.

Les exigences et le degré de surveillance de la qualité de l'eau souterraine varient considérablement d'une région à l'autre du pays. Les exigences varient d'une province à l'autre quant aux données requises sur la qualité de l'eau des nouveaux puits domestiques, mais en général les seuls tests requis portent sur les bactéries ou les coliformes. Les évaluations de la surveillance des eaux souterraines doivent faire la distinction entre la surveillance à l'échelle régionale de la qualité initiale de l'eau et un suivi propre à chaque site de contamination connue ou soupçonnée. La conception de réseaux de puits de surveillance qui soient efficaces et rentables dans les deux cas est une tâche difficile, et il faut faire davantage de recherche dans ce domaine. Même s'il faut de meilleures données sur la qualité de l'eau souterraine au pays, en particulier pour connaître les conditions initiales afin de documenter correctement l'évolution à long terme, on admet que des initiatives spécifiques de surveillance peuvent coûter très cher sans procurer de bénéfices directs correspondants. Il est probablement préférable que chaque province et les autorités locales élaborent au cas par cas des programmes de surveillance de la qualité de l'eau, même si une coordination des efforts à un certain nombre d'endroits est nécessaire pour connaître les tendances à l'échelle du pays ou de grandes régions.

Les organismes de réglementation ont fait des progrès en vue de limiter la pollution ponctuelle par des entreprises. Par contre, les pratiques exemplaires de gestion visant à contrôler la pollution diffuse liée à l'agriculture ou au ruissellement urbain ont eu peu de succès. Une réglementation plus sévère ou de nouvelles approches techniques devraient être envisagées.

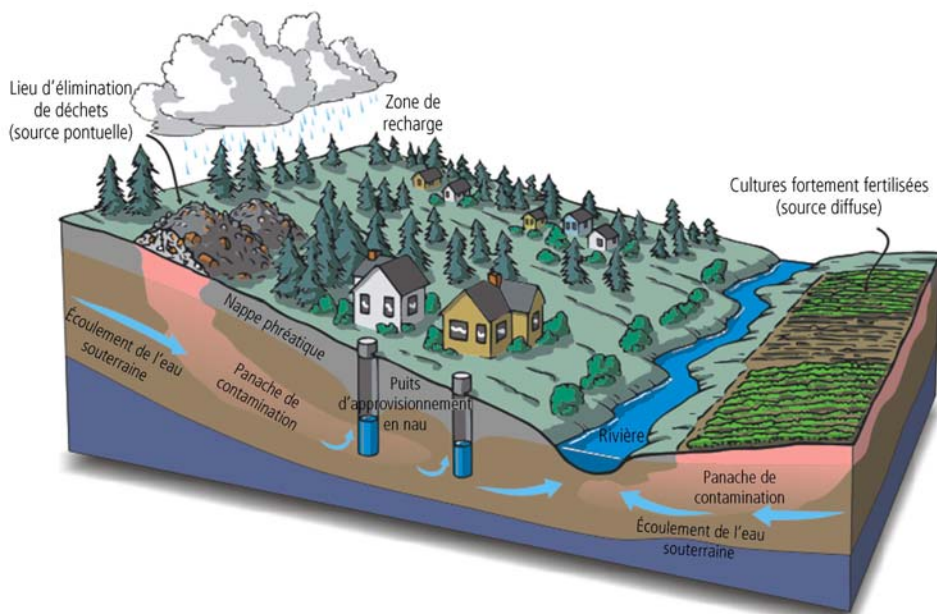


Figure 8 — Contamination des eaux souterraines à partir de sources ponctuelles et diffuses de pollution

Adapté et reproduit avec l'autorisation d'Environnement Canada, 2008

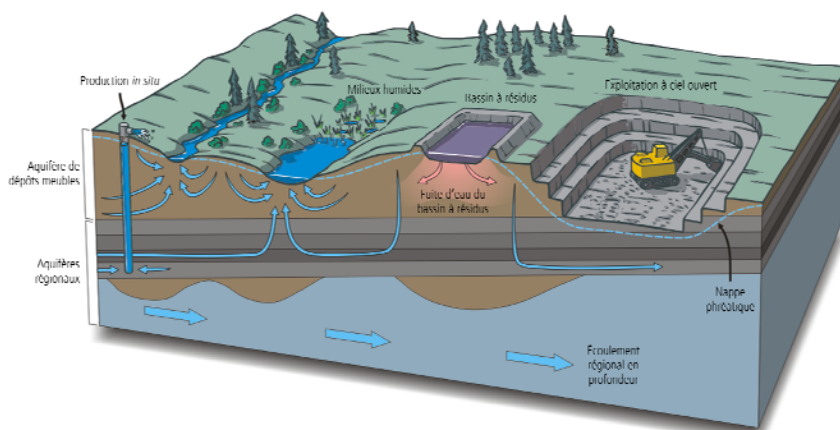


Figure 9 — Schéma illustrant les principaux problèmes concernant les eaux souterraines dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca

Adapté et reproduit avec l'autorisation du Conseil de recherches de l'Alberta, 2007

### Réhabilitation des sites contaminés

Les sites contaminés ont été pollués par l'activité humaine au point de constituer un risque pour la santé ou l'environnement. Au Canada, on estime qu'il y a environ 5 000 sites contaminés sur des terres qui relèvent du gouvernement fédéral et 28 000 sur des propriétés non fédérales. Le problème est accentué par le fait que les concentrations maximales permises dans l'eau potable sont très faibles pour de nombreux produits chimiques industriels et que, par conséquent, des déversements relativement peu importants peuvent contaminer de très grandes quantités d'eau. Même si les entreprises commerciales sont devenues beaucoup plus consciencieuses dans leur utilisation de produits chimiques dangereux et que par conséquent l'incidence des déversements dans l'environnement a diminué de manière substantielle, les milliers de sites déjà contaminés continueront de menacer la qualité de l'eau souterraine.

Des mesures de réhabilitation sont nécessaires dans le cas des sites qui ont été contaminés par des activités industrielles et militaires, par le développement urbain et par des fuites de réservoirs souterrains et d'égouts sanitaires. La question de la réhabilitation des sites contaminés illustre la complexité de la gestion durable des eaux souterraines et le degré de coordination nécessaire entre différentes autorités afin d'assurer que les contaminants existants demeurent bien réglementés, que les nouveaux contaminants soient identifiés et que les sites d'élimination soient judicieusement situés de manière à minimiser les effets néfastes sur les eaux souterraines.

Les produits pharmaceutiques et de soins personnels sont récemment devenus une autre source de préoccupation, en particulier en ce qui concerne les eaux de surface. L'étude de ce problème n'en est encore qu'à ses débuts, mais les seuls cas rapportés de contamination des eaux souterraines par des produits pharmaceutiques au Canada sont liés à des effluents d'installations septiques.

### Impact des activités dans les domaines de l'énergie et des mines

La production canadienne d'énergie, de métaux et de minéraux va probablement augmenter en réponse à la croissance à long terme de la demande mondiale. Cela se traduira par une demande d'eau accrue et une production vraisemblablement accrue de déchets liés aux activités d'extraction. Au Canada, quatre aspects de ces activités sont particulièrement inquiétants en ce qui concerne leurs effets sur la quantité et la qualité de l'eau souterraine :

- **Exploitation minière** : production d'effluents à partir des déchets miniers, roche stérile et résidus; ces effluents affectent la qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine si on les laisse s'écouler librement;

- **Exploitation des sables bitumineux** : impacts découlant de l'étendue extrêmement grande de la région touchée et des volumes considérables d'eau souterraine et de surface pompés dans les processus d'extraction; on ne saisit pas encore bien l'impact à long terme de l'exploitation des sables bitumineux sur les eaux souterraines, mais cet impact est probablement plus important dans le cas de l'extraction *in situ*;

- **Extraction de méthane houiller** : risques de contamination des eaux de surface et d'autres eaux souterraines lors de l'élimination des eaux souterraines captées et de la saumure qui leur est associée;

- **Exploitation de l'énergie géothermique** : risques de dégradation de la qualité de l'eau souterraine, du fait de fuites de liquide caloporteur dans le sol à partir des systèmes fermés ou de l'injection d'eau dans les formations géologiques à partir des systèmes ouverts.

Des objectifs clairs en ce qui concerne les quantités allouées et la qualité requise de l'eau souterraine devraient être définis avant toute approbation de nouveaux projets d'extraction dans le domaine de l'énergie. Ces objectifs devraient reposer : (1) sur une connaissance des bassins hydrogéologiques actuels et de leurs liens avec les sols et les eaux de surface; (2) sur des prévisions précises et régulièrement mises à jour des effets *cumulatifs* futurs des projets d'exploitation sur ces bassins. Par exemple, on ne sait pas bien à l'heure actuelle si les aquifères de la région des sables bitumineux de l'Athabasca pourront répondre aux demandes et aux pertes en eau souterraine des projets d'exploitation envisagés.

### Étude de cas : les sables bitumineux de l'Athabasca

Les gisements de sables bitumineux sont relativement près de la surface du sol, à tel point que (1) les opérations d'extraction peuvent altérer le régime des eaux souterraines et que (2) les grands bassins à résidus, qui contiennent ce qui reste une fois que le pétrole est séparé du sable, peuvent laisser échapper des produits pétrochimiques dans les eaux souterraines environnantes. Les méthodes d'extraction *in situ* du bitume consomment des volumes considérables d'eau souterraine pour la production de vapeur. Le cadre albertain de réglementation a été mis à l'épreuve par l'ampleur et le rythme de développement de l'exploitation des sables bitumineux. Même si des évaluations des impacts environnementaux font partie du processus de planification, elles sont généralement limitées à la zone concédée, n'abordent pas les impacts à l'échelle des bassins versants et laissent souvent de côté les impacts cumulatifs d'autres exploitations. L'utilisation de l'eau souterraine dans les zones d'exploitation des sables bitumineux n'est pas durable au sens défini dans ce rapport. Une gestion à l'échelle régionale pourrait améliorer la coordination des études et mieux tenir compte des impacts cumulatifs sur les eaux souterraines et les eaux de surface. D'autre part, l'exploitation des sables bitumineux doit utiliser plus efficacement l'eau souterraine.

### Impacts des changements climatiques

Le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit un réchauffement permanent de la basse atmosphère en raison de l'accroissement de l'accumulation d'énergie résultant des gaz à effet de serre. Malheureusement, en raison du manque d'études concluantes, le GIEC ne formule aucune conclusion précise à propos des eaux souterraines dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord. Même si aucune analyse complète des effets potentiels des changements climatiques sur les eaux souterraines n'a été effectuée pour le Canada, un certain nombre de processus donnent à penser que la recharge printanière des eaux souterraines résultant de la fonte des neiges pourrait diminuer dans les régions méridionales et que les

recharges estivales épisodiques dues à de fortes pluies ne compenseront probablement que partiellement cette diminution. Comme l'apport des eaux souterraines aux cours d'eau est généralement considéré comme proportionnel au taux de recharge, on s'attend à ce qu'il diminue avec la baisse des nappes phréatiques. Ces problèmes, ajoutés à des prélèvements et à des taux d'évaporation accrus en raison du réchauffement climatique, affecteront le niveau des eaux de surface et des eaux souterraines au cours des prochaines décennies.

#### Étude de cas : les eaux souterraines des Prairies

La recharge des eaux souterraines des Prairies est très limitée. Et sauf de rares exceptions, les provinces ne disposent pas de données de gestion des aquifères suffisamment détaillées pour bien connaître la disponibilité de la recharge naturelle et donc définir le débit d'exploitation durable des aquifères. D'autre part, étant donné que des aquifères à nappe libre (ou non confinés) sont très vulnérables à la sécheresse, il faut des modèles prédictifs qui intègrent l'atmosphère, la surface du sol, l'hydrologie et les eaux souterraines pour soutenir la gestion de l'eau, en particulier dans un contexte de changements climatiques. Une utilisation des sols qui favorise la culture intensive peut diminuer la quantité d'eau disponible pour la recharge des aquifères, mais les mesures qui permettraient de le confirmer sont insuffisantes. La contamination due à l'exploitation gazière et pétrolière ainsi qu'à l'élevage intensif constitue une menace sérieuse à la qualité de l'eau souterraine dans certaines régions et doit être surveillée de près. Bien que la gestion de l'eau soit entièrement organisée au sein des gouvernements provinciaux, des efforts supplémentaires sont nécessaires pour assurer une bonne communication entre les chercheurs, les responsables des politiques et les organismes de réglementation. La gestion de l'eau dans les Prairies est fondée sur les bassins versants, mais ceux-ci ne coïncident pas avec les aquifères sur le plan géographique. On pourrait améliorer substantiellement la gestion des eaux souterraines en combinant des autorités de bassins versants ou en les regroupant de manière à former des autorités de gestion d'aquifères.

Les changements climatiques affecteront le niveau des eaux souterraines par la diminution de la recharge dans la plupart des régions du Sud du Canada, l'augmentation de la demande d'eau dans un contexte de réchauffement climatique, le décalage accru entre les périodes de recharge et de prélèvement et par l'écart croissant entre la recharge et les prélèvements avec l'intensification des cycles de sécheresse. Il faut de manière urgente effectuer beaucoup plus de recherches sur la diminution de la recharge (en particulier au printemps dans le Sud du Canada) et l'augmentation des prélèvements, afin d'assurer un approvisionnement durable et d'évaluer les conséquences pour les écosystèmes. Par exemple, comme cela est mentionné plus haut, des modèles qui intègrent l'atmosphère, la surface du sol, l'hydrologie et les eaux souterraines doivent être développés pour permettre une meilleure évaluation des effets de changements climatiques et de modifications de l'utilisation des sols.

**La gestion de l'eau est fragmentée dans la plupart des collectivités publiques. Les eaux souterraines et les eaux de surface, de même que la qualité et la quantité de l'eau, y sont traitées de manière indépendante. L'intégration de ces composantes favorisera une gestion durable.**

#### Défis concernant les eaux transfrontalières

Les tensions entre le Canada et les États-Unis à propos des eaux transfrontalières ont été plus rares pour les eaux souterraines que pour les eaux de surface. L'aquifère d'Abbotsford-Sumas, qui chevauche la frontière entre la Colombie-Britannique et l'État de Washington, constitue un exemple d'un problème qui a attiré beaucoup d'attention, bien que l'eau des puits américains continue toujours à être contaminée par des nitrates d'origine canadienne. Les pressions que subissent les aquifères du bassin des Grands Lacs vont également prendre de l'importance au cours des prochaines années, puisque les changements climatiques affectent le niveau des lacs et les régimes de recharge. Un rapport complet sur les eaux souterraines de la région des Grands Lacs doit être bientôt produit par la Commission mixte internationale. La capacité des lois canadiennes à protéger l'eau contre les exportations en

vrac est également source d'inquiétude. Bien que les débats et les propositions d'exportation d'eau en vrac portent en général sur les eaux de surface, les eaux souterraines ne sont en principe pas à l'abri de détournements et de captage en grande quantité.

Les problèmes actuels des aquifères transfrontaliers et l'impact des eaux souterraines sur les eaux de surface communes au Canada et aux États-Unis prendront de l'importance avec l'augmentation de la population et de l'utilisation de l'eau. Même si la Commission mixte internationale a interprété à certaines occasions le *Traité des eaux limitrophes internationales* pour y inclure les eaux souterraines, il s'agit d'un traité imparfait en la matière. L'Assemblée générale des Nations Unies étudie un projet de convention sur les aquifères transfrontaliers, et le Canada et les États-Unis devraient envisager de l'adopter.

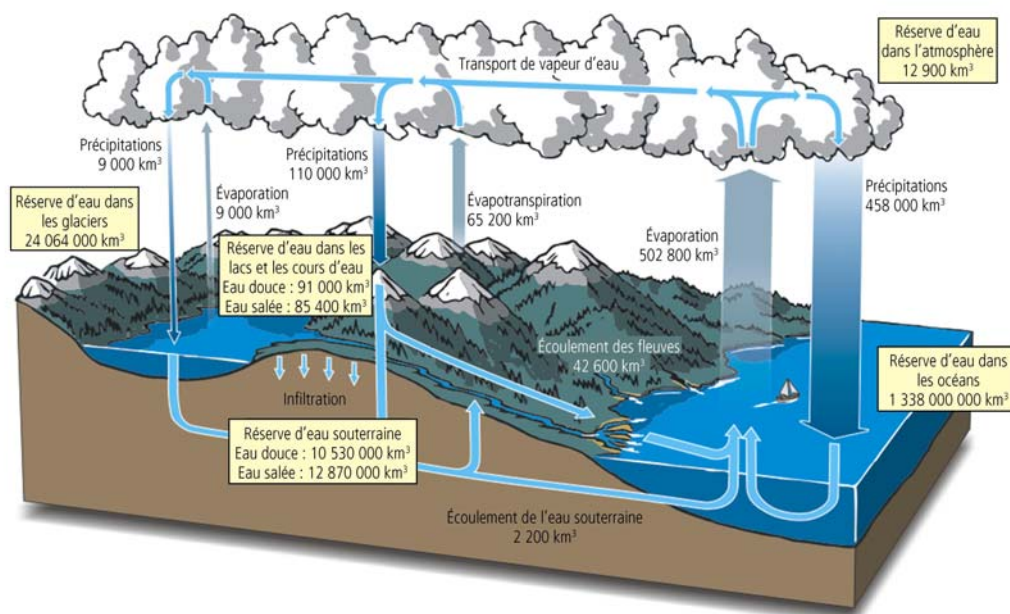


Figure 10 — Le cycle hydrologique

Adapté et reproduit avec l'autorisation du Programme environnemental des Nations Unies, 2002

### Étude de cas : les eaux souterraines du bassin des Grands Lacs

Les données disponibles indiquent que les eaux souterraines ont une influence importante sur les Grands Lacs et leurs affluents, mais il est difficile d'évaluer leurs effets sur les plans de la quantité et de la qualité, en raison de graves lacunes dans les mesures et les connaissances dont on dispose. Il y a des lacunes de part et d'autre de la frontière, mais la pauvreté de l'information est beaucoup plus prononcée au Canada. En 2004, Le Programme des eaux souterraines de Ressources naturelles Canada a mis sur pied un projet d'élaboration d'un cadre conceptuel hydrogéologique pour le Sud de l'Ontario, qui comprend le bassin des Grands Lacs. À cause du manque de ressources, les travaux n'ont porté que sur les cas où une quantité considérable de données était déjà disponible. À la fin de 2007, seuls des levés et analyses limités des eaux souterraines avaient été effectués dans la partie canadienne du bassin des Grands Lacs. Même si beaucoup de travaux de qualité ont été effectués par la Commission géologique des États-Unis, une évaluation exhaustive du rôle des eaux souterraines dans le bassin des Grands Lacs et de leurs effets sur la quantité et la qualité de l'eau de ces lacs demeure un objectif difficile à atteindre.

### Collaboration entre les autorités afin de favoriser une gestion durable

Considérant le fait que la gestion des eaux souterraines relève de plusieurs compétences, et à la lumière des expériences positives de collaboration entre diverses autorités exposées dans plusieurs études de cas du rapport, le comité recommande :

- que les organismes provinciaux responsables des eaux souterraines contribuent à la mise sur pied et au soutien d'agences locales, en fonction de priorités provinciales définies à partir d'analyses à l'échelle des bassins hydrogéologiques;
- que les agences locales, à l'échelle du bassin versant ou de l'aquifère, conçoivent des programmes sur le terrain, recueillent des données, élaborent et utilisent des modèles dans un style de gestion adaptative, et prennent des décisions ou appuient les décisions provinciales en matière de répartition de la ressource, de protection des sources et d'aménagement foncier;
- que les organismes fédéraux soutiennent la recherche fondamentale et appliquée requise pour appuyer une gestion durable des eaux souterraines; que, d'un commun accord avec les autorités provinciales et locales (y compris les Premières Nations), ils travaillent à élaborer les connaissances hydrogéologiques et environnementales spécifiques nécessaires pour mettre en œuvre des stratégies de développement durable; qu'ils appliquent des principes de développement durable à la gestion des eaux souterraines des terres fédérales ainsi que des eaux limitrophes et transfrontalières.

### REDDITION DE COMPTES AUX CANADIENS SUR LA GESTION DURABLE DES EAUX SOUTERRAINES

Le gouvernement fédéral, en collaboration avec les provinces et les territoires, devrait produire un rapport sur l'état actuel des eaux souterraines au Canada et les progrès accomplis en vue d'une gestion durable de cette ressource. Ce rapport devrait être terminé d'ici deux ans, puis mis à jour à intervalles réguliers, par exemple tous les cinq ans.

À cet égard, il faudra poursuivre la mise au point de moyens de mesure et d'indicateurs appropriés des principaux aspects de la durabilité des eaux souterraines, afin d'en orienter la gestion et de noter les progrès accomplis.



Figure 11 — Le bassin des Grands Lacs

Carte de référence fournie par Earth-To-Map GIS Inc.

### RECHERCHES À MENER

Ce rapport a fait ressortir un certain nombre de sujets qui demandent davantage de recherche. La mise sur pied, l'accélération et le financement de ces activités de recherche doivent faire l'objet d'une attention prioritaire de la part des organismes concernés du gouvernement fédéral, notamment les conseils de recherche, des provinces et de leurs instituts de recherche, ainsi que du milieu universitaire. Une collaboration entre les gouvernements et les universités peut être productive dans ce domaine. La liste qui suit n'est pas exhaustive, mais elle énumère, sans ordre de priorité, des domaines de recherche identifiés par le comité dans le cours de ses travaux :

- améliorer les méthodes de caractérisation hydrogéologique et réduire leurs coûts;
- améliorer les techniques d'analyse et de transmission des données sur la quantité, la qualité et l'utilisation de l'eau souterraine;
- élaborer ou améliorer les lignes directrices et les techniques d'évaluation de la quantité, de la qualité (y compris la température) et de la chronologie de l'écoulement de l'eau souterraine, afin de soutenir de façon durable les écosystèmes aquatiques;
- évaluer les effets des changements climatiques en cours sur la quantité et la qualité de l'eau souterraine, y compris les impacts de la dégradation du pergélisol sur les eaux souterraines, et conception de stratégies d'adaptation appropriées;
- élaborer des modèles qui intègrent l'atmosphère, la surface du sol, l'hydrologie et les eaux souterraines, pour permettre une meilleure évaluation des effets de modifications de l'utilisation des sols ainsi que des changements et variations climatiques;
- améliorer les techniques de délimitation des zones de recharge et de protection des sources d'eau souterraine, à des fins d'aménagement foncier;
- identifier les facteurs techniques, réglementaires et économiques responsables de la persistance de concentrations élevées de nitrates dans des aquifères importants;
- évaluer et rapporter la concentration dans les eaux souterraines de contaminants naturellement présents dans les eaux souterraines mais potentiellement dangereux (p. ex. arsenic, radon) et de substances omniprésentes telles que les produits pharmaceutiques, ainsi que de la contamination bactérienne et virale;
- améliorer la compréhension du transport et de l'évolution des contaminants, et réhabilitation des eaux souterraines;
- augmenter l'efficacité dans l'utilisation de l'eau pour de nombreux secteurs industriels et domestiques, en particulier la production d'énergie;
- concevoir et mettre en place des instruments économiques, dont la tarification, afin de promouvoir une utilisation durable de l'eau souterraine.

### Sources des figures

Figure 1 – Puits de surveillance muni d'un équipement de télémétrie par satellite. Gracieuseté de William Cunningham.

Figure 2 – Installation d'un puits de surveillance des eaux souterraines. Gracieuseté de Oak Ridges Moraine Groundwater Program. Kassenaar, J. D. C., et E. J. Wexler. 2006. « Groundwater Modelling of The Oak Ridges Moraine Area », *AMC-YPDT Technical Report #01-06*.

Figure 3 – Les cinq objectifs de la gestion durable des eaux souterraines. Conseil des académies canadiennes, 2009.

Figure 4 – Connaissances scientifiques nécessaires pour une gestion durable des eaux souterraines. Conseil des académies canadiennes, 2009.

Figure 5 – Répartition spatiale de la recharge des aquifères de roche en place fracturée des Basses-Laurentides. Gracieuseté d'Andréanne Hamel, 2002. Hamel, A. 2002. *Estimation of Recharge and Groundwater Flow Patterns in Regional Aquifers in South-western Québec*, Université Laval.

Figure 6 – Schéma simplifié de l'écoulement des eaux à l'échelle locale, intermédiaire et régionale. Adapté et reproduit avec l'autorisation de la Commission géologique des États-Unis.

Figure 7 – Concentration moyenne de nitrates dans l'eau souterraine, établie à partir de données des puits domestiques. Reproduit avec l'autorisation de Savard, M.M., Somers, G., editors, 2007. *Consequences of climatic changes on contamination of drinking water by nitrate on Prince Edward Island. Natural Resources Canada, Climate Change Action Fund: Impacts & Adaptation, Contribution Agreement A881/A848*, 142 pages; [http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/109\\_e.pdf](http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/109_e.pdf).

Figure 8 – Veines de diffusion de sources ponctuelles et non ponctuelles de pollution. Adapté et reproduit avec l'autorisation d'Environnement Canada, 2008.

Figure 9 – Schéma illustrant les principaux problèmes concernant les eaux souterraines dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca. Adapté et reproduit avec l'autorisation du Conseil de recherches de l'Alberta, 2007. *A Regional Water Cycle Approach To Managing Groundwater Resources in The Athabasca Oil Sands Area*.

Figure 10 – Le cycle hydrologique. Adapté et reproduit avec l'autorisation du Programme environnemental des Nations Unies, 2002. Vital Water Graphics. *The World's Water Cycle: Global Precipitation, Evaporation, Evapotranspiration and Runoff*. <http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/05.htm>.

Figure 11 – Le bassin des Grands Lacs. Carte de référence fournie par Earth-To-Map GIS Inc.

### Notes

<sup>1</sup> Une piscine olympique contient environ 2 500 m<sup>3</sup> d'eau. Un mètre cube d'eau correspond à 1 000 litres et pèse 1 000 kilos (1 tonne métrique).

<sup>2</sup> L'eau souterraine représente entre 20 et 25 pour cent de la consommation totale d'eau douce aux États-Unis.


<sup>3</sup> Les lois et politiques provinciales relatives à l'eau reposent de plus en plus sur des principes de durabilité. À titre d'exemple, la Loi sur les ressources en eau de l'Ontario stipule : « La présente loi a pour objet de prévoir la conservation, la protection et la gestion des eaux de l'Ontario et leur utilisation efficace et durable en vue de promouvoir le bien-être environnemental, social et économique à long terme de l'Ontario. » D'autres lois provinciales sur l'eau sont également en rédaction selon des principes de développement durable. Le Cadre canadien de collaboration en matière d'eau souterraine, rédigé en 2003 par un comité de représentants de gouvernements provinciaux et du gouvernement fédéral, vise à « assurer à tous les Canadiens et à toutes les Canadiennes des ressources en eau souterraine saines et durables ».

<sup>4</sup> À titre d'exemple, l'aquifère de la vallée de l'Estevan, dans le Sud de la Saskatchewan, a connu un déclin substantiel en raison du pompage pour la production d'électricité. Le pompage a été interrompu en 1994, et l'on estime qu'il faudra jusqu'à 20 ans pour que le niveau de la nappe phréatique revienne à son niveau initial avant pompage.

<sup>5</sup> De fortes précipitations ont précédé les deux-tiers des écloisions de maladie hydrique en Amérique du Nord (dont la tragédie de Walkerton), et l'on s'attend à ce que la fréquence d'orages violents augmente avec le réchauffement climatique.

<sup>6</sup> Un modèle hydrogéologique est une description mathématique (plus ou moins complexe) des facteurs qui déterminent l'écoulement de l'eau souterraine et le transport des contaminants.

<sup>7</sup> Le RIES est un ensemble d'organismes fédéraux, provinciaux et de gestion de bassins versants, qui travaille en partenariat avec le programme national GéoConnexions. GéoConnexions est une initiative fédérale qui vise à exploiter la puissance d'Internet pour accéder aux données scientifiques de terrain compilées par les ministères fédéraux, principalement sous forme de cartes et d'images satellite.

Cette évaluation a été rendue possible grâce au soutien du gouvernement du Canada. 



Council of Canadian Academies  
Conseil des académies canadiennes

*Le savoir au service du public*

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) apporte son appui à des évaluations indépendantes et spécialisées des données scientifiques qui ont de la pertinence vis-à-vis des questions d'intérêt public. Il s'agit d'un organisme privé à but non lucratif qui dispose d'une subvention de lancement de 30 millions de dollars accordée en 2005 par le gouvernement du Canada. Les présents *Points saillants du rapport* ont été préparés par le CAC à partir du rapport du comité d'experts sur les eaux souterraines. Photo de couverture offerte gracieusement par Environmental Agency (R.-U.).

© 2009 Conseil des académies canadiennes