



Environnement
Canada

Environment
Canada

Conservation
et Protection

Conservation
and Protection

TD
226
FS1
No. 5

EL3601310A



5
Eau



Fiche d'information

Les eaux souterraines – trésors cachés de la nature

Ce qui descend doit remonter

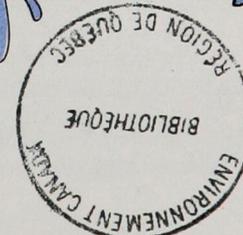
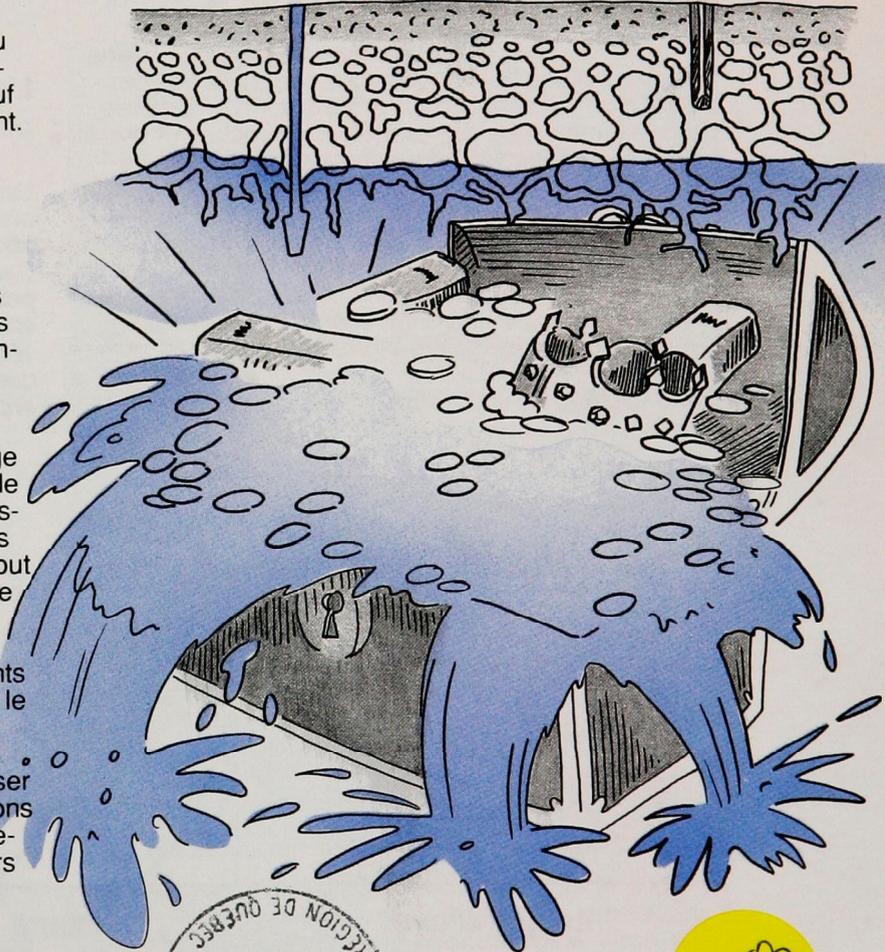
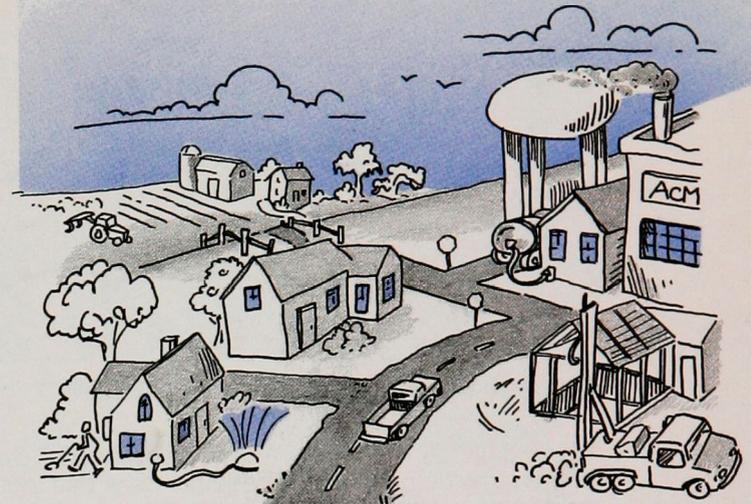
Les eaux souterraines sont une ressource essentielle et vitale pour près d'un quart des Canadiens. Elles sont leur seule source d'eau potable et ménagère, agricole et industrielle, et assurent en fait tous leurs besoins quotidiens en eau. Pourtant, pour la majorité des Canadiens, ceux qui n'en sont pas tributaires, les eaux souterraines sont une ressource cachée dont la valeur n'est pas bien comprise ou appréciée.

Notre image du Canada est un pays de lacs, de cours d'eau et de glaciers étincelants. Les eaux souterraines, omniprésentes dans le sous-sol, ne font pas partie de ce tableau. Il n'est donc pas surprenant que les préoccupations des Canadiens au sujet de la qualité de l'eau se focalisent surtout sur les eaux de surface – nos lacs et nos cours d'eau. Les ressources en eau souterraine, moins visibles, mais d'une égale importance, ont suscité moins d'intérêt chez le public, sauf dans les régions du Canada où les gens en dépendent.

Il faut assurer la protection des eaux souterraines

Au cours des dernières années, il apparaît toutefois que plusieurs événements concernant la qualité des eaux souterraines ont contribué à sensibiliser davantage le public à l'importance et à la vulnérabilité de ces ressources. Les reportages et les articles des médias sur la contamination de puits par des fuites de réservoirs d'essence ou de solvants de nettoyage à sec et au sujet des effets du lessivage chimique de décharges ou de lieux d'élimination des déchets industriels ont suscité, chez le public, des préoccupations relatives à la qualité des eaux souterraines. Au début de 1990, l'infiltration chimique, causée par l'incendie des pneus à Hagersville, en Ontario, a menacé de polluer les réserves d'eau souterraine dans cette région. Les articles de journaux ont alerté les résidents de la région et ont contribué à capter l'attention sur le problème de la pollution des eaux souterraines.

Même aux endroits où nous ne pourrions pas l'utiliser directement comme réserve d'eau potable, nous devons néanmoins protéger l'eau souterraine, car elle acheminera les contaminants et polluants des terres vers les lacs et les cours d'eau d'où d'autres personnes prélèvent un fort pourcentage de leurs réserves d'eau douce.



92259

Eau souterraine et géologie

L'eau souterraine est également un élément important, mise à part sa valeur comme ressource ou son lien étroit avec les réserves d'eau de surface. Les ingénieurs doivent tenir compte de l'eau souterraine dans la planification de tout ouvrage, que ce soit au-dessus ou au-dessous du sol. Ignorer l'effet de l'eau souterraine sur la stabilité de la pente peut se révéler à la fois coûteux et dangereux. Les géologues considèrent l'eau souterraine comme une force majeure dans les changements géologiques. Les pressions de fluide exercées par l'eau souterraine, par exemple, jouent un rôle important dans l'apparition des tremblements de terre. Les géologues savent également que le déplacement de l'eau à travers les formations géologiques souterraines détermine la migration et l'accumulation de pétrole ainsi que la formation de certains dépôts de minerais.

Qu'est-ce que l'eau souterraine?

On croit parfois que l'eau s'écoule par des cours d'eau souterrains ou qu'elle se rassemble dans des lacs souterrains. L'eau souterraine n'est pas seulement confinée à quelques canaux ou dépressions de la même façon que l'eau de surface se concentre dans des cours d'eau et des lacs. Au contraire, elle est presque omniprésente dans le sous-sol. On la trouve dans les interstices des particules de roches et de sol, ou dans les crevasses et fissures des roches (figure 1). L'eau qui remplit ces cavités se situe généralement dans les 100 mètres de la surface. C'est là que réside une grande partie de l'eau douce de la terre. À de plus grandes profondeurs, ces cavités sont beaucoup plus petites en raison du poids de la roche de recouvrement et, par conséquent, elles contiennent des quantités d'eau beaucoup moindres.

L'eau souterraine coule lentement à travers des formations aquifères (aquifères) à différents débits. À certains

endroits, où elle a dissous le calcaire pour former des cavernes et de grandes ouvertures, son débit peut être relativement rapide, mais ceci est toutefois exceptionnel.

De nombreux termes sont utilisés pour décrire la nature et l'étendue des ressources en eau souterraine (figure 2). Le niveau au-dessous duquel tous les interstices sont remplis d'eau s'appelle la *surface de saturation*. Au-dessus de cette surface se trouve la *zone d'aération*. Ici, les espaces dans la roche et le sol contiennent à la fois de l'air et de l'eau. L'eau dans cette zone s'appelle l'*humidité du sol*. Toute la région au-dessous de la surface de saturation est dénommée *zone de saturation*, et l'eau de cette zone est l'*eau souterraine*.

Qu'est-ce qu'un aquifère?

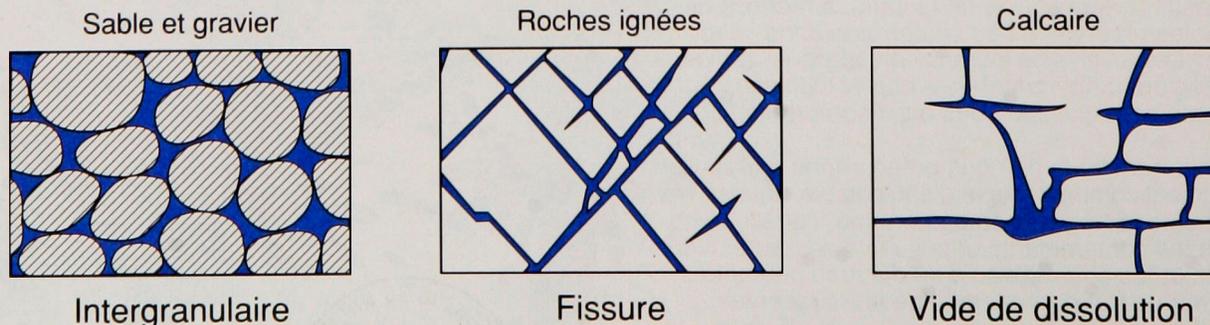
Bien que l'eau souterraine existe partout dans le sous-sol, certaines parties de la zone de saturation contiennent plus d'eau que d'autres. Un *aquifère* est une formation souterraine de roche perméable ou de matériau meuble qui peut produire des quantités utiles d'eau lorsqu'elles sont captées par un puits. Les aquifères existent dans toutes les dimensions. Ils peuvent être petits, ne couvrant que quelques hectares de superficie, ou très grands, sous-jacents à des milliers de kilomètres carrés de surface terrestre. Ils peuvent avoir seulement quelques mètres d'épaisseur ou mesurer des centaines de mètres du haut vers le bas.

L'eau souterraine – en mouvement perpétuel

Les matériaux *perméables* contiennent des fissures ou des espaces interreliés qui sont suffisamment nombreux et grands pour laisser l'eau circuler librement. Dans certains matériaux perméables, l'eau souterraine peut se déplacer sur plusieurs mètres en une journée; en d'autres endroits, elle ne se déplace que de quelques centimètres en un siècle. L'eau souterraine ne circule que très lentement dans des matériaux relativement *imperméables* comme l'argile et les schistes.

Figure 1

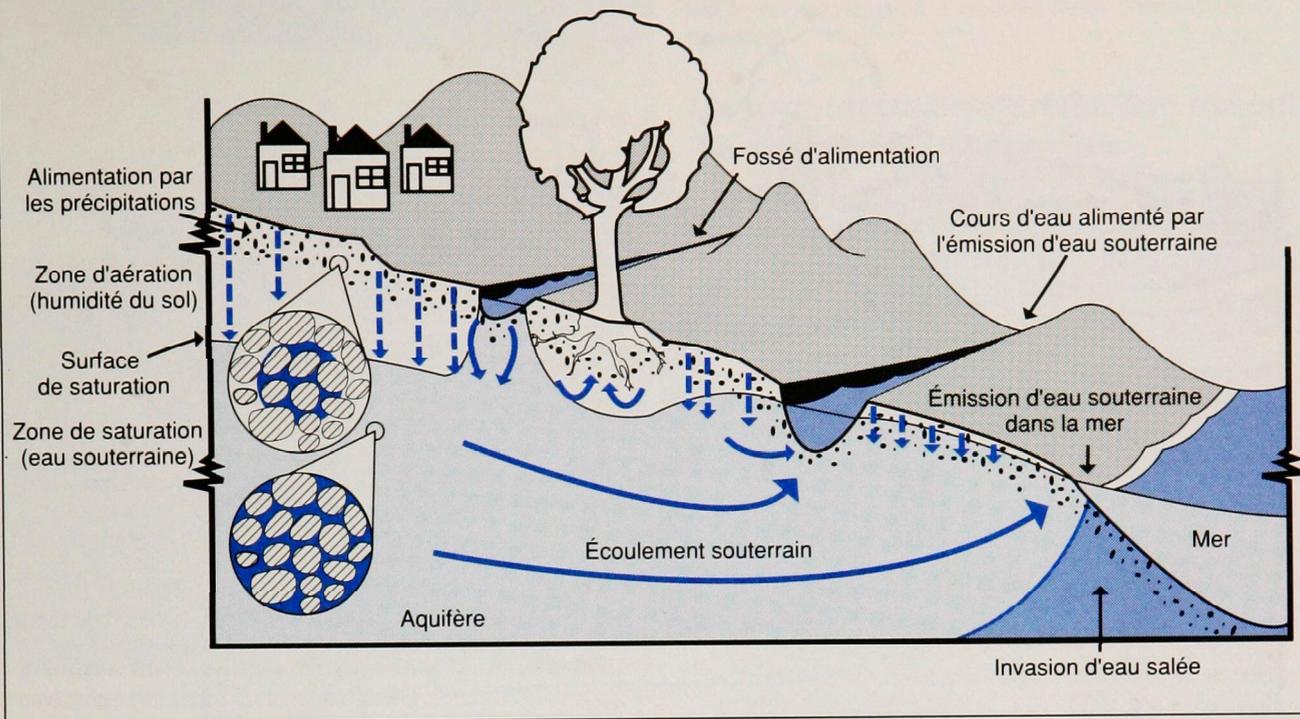
Principaux types de porosité



Où peut-on trouver de l'eau souterraine? L'eau occupe les interstices des grains de sable, les fissures des roches et les vides de dissolution.

Figure 2

Écoulement de l'eau souterraine



Les spécialistes des eaux souterraines distinguent généralement deux types d'aquifères en fonction des attributs physiques de ces derniers : les milieux poreux et les aquifères fissurés.

Les *milieux poreux* sont des aquifères composés d'agrégats de particules distinctes comme le sable et le gravier. L'eau souterraine occupe les vides interstitiels des grains à travers lesquels elle circule. Les milieux poreux où les grains ne sont pas reliés l'un à l'autre sont considérés comme *meubles*. Si les grains sont cimentés les uns aux autres, ces aquifères sont dits *consolidés*. Les grès sont des exemples de milieux poreux consolidés.

Les *aquifères fissurés* sont des roches dans lesquelles l'eau souterraine circule à travers des fissures, des joints ou des fractures dans une roche par ailleurs solide. Le granite et le basalte en constituent des exemples. Les calcaires sont souvent des aquifères fissurés, mais, ici, les fissures et les fractures peuvent être agrandies par dissolution, formant de grands chenaux ou même des cavernes. Un terrain calcaire où la dissolution a été très active s'appelle le *karst*. Les milieux poreux comme le grès peuvent présenter un degré si élevé de cimentation ou de recristallisation que tous les espaces originaux sont remplis. Dans ce cas, la roche n'est plus un milieu poreux. Toutefois, si elle contient des fissures, elle peut encore assurer la fonction d'un aquifère fissuré.

La plupart des aquifères qui revêtent un intérêt pour nous sont des milieux poreux meubles comme le sable et le gravier. Certains matériaux très poreux ne sont pas perméables. L'argile, par exemple, comporte de nombreux interstices entre ses grains, mais ces vides interstitiels ne sont pas assez grands pour permettre le libre passage de l'eau.

L'eau souterraine, source d'énergie

L'eau souterraine peut être utilisée comme source de chaleur. Les thermopompes utilisant l'eau souterraine offrent une solution de plus en plus remarquée pour les systèmes de chauffage et de climatisation à haut rendement énergétique dans les installations commerciales et résidentielles. Bien que les coûts initiaux soient plus élevés que ceux des systèmes à air – en raison des coûts supplémentaires des installations souterraines – le rendement énergétique supérieur des systèmes souterrains les rend de plus en plus attrayants.

La recherche sur l'utilisation de l'eau géothermique a été menée dans plusieurs institutions dans tout le Canada. En Saskatchewan, l'*University of Regina* a foré des puits géothermiques dans le cadre d'un programme de recherche, et la ville de Moose Jaw met au point un système de chauffage géothermique pour une piscine publique et une installation de loisirs. *Carleton University*, à Ottawa, utilise déjà l'eau souterraine pour chauffer et climatiser ses bâtiments. A Springhill, en Nouvelle-Écosse, un système pilote de chauffage géothermique est en cours d'évaluation.

L'eau souterraine coule généralement vers le bas, dans le sens de la pente de la surface de saturation. Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule vers les cours d'eau, les lacs et les océans pour éventuellement les rejoindre. L'écoulement de l'eau souterraine dans les aquifères sous-jacents aux bassins versants de surface ne reflète pas toujours

Figure 3

Aquifères et puits

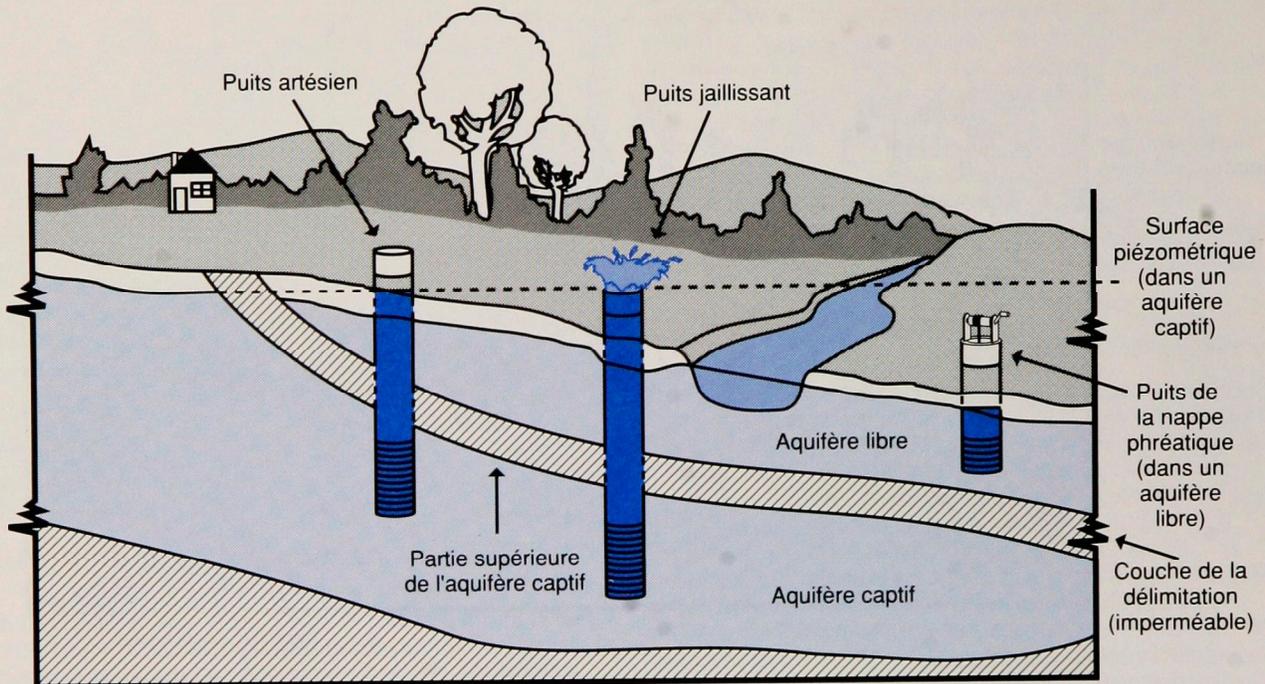
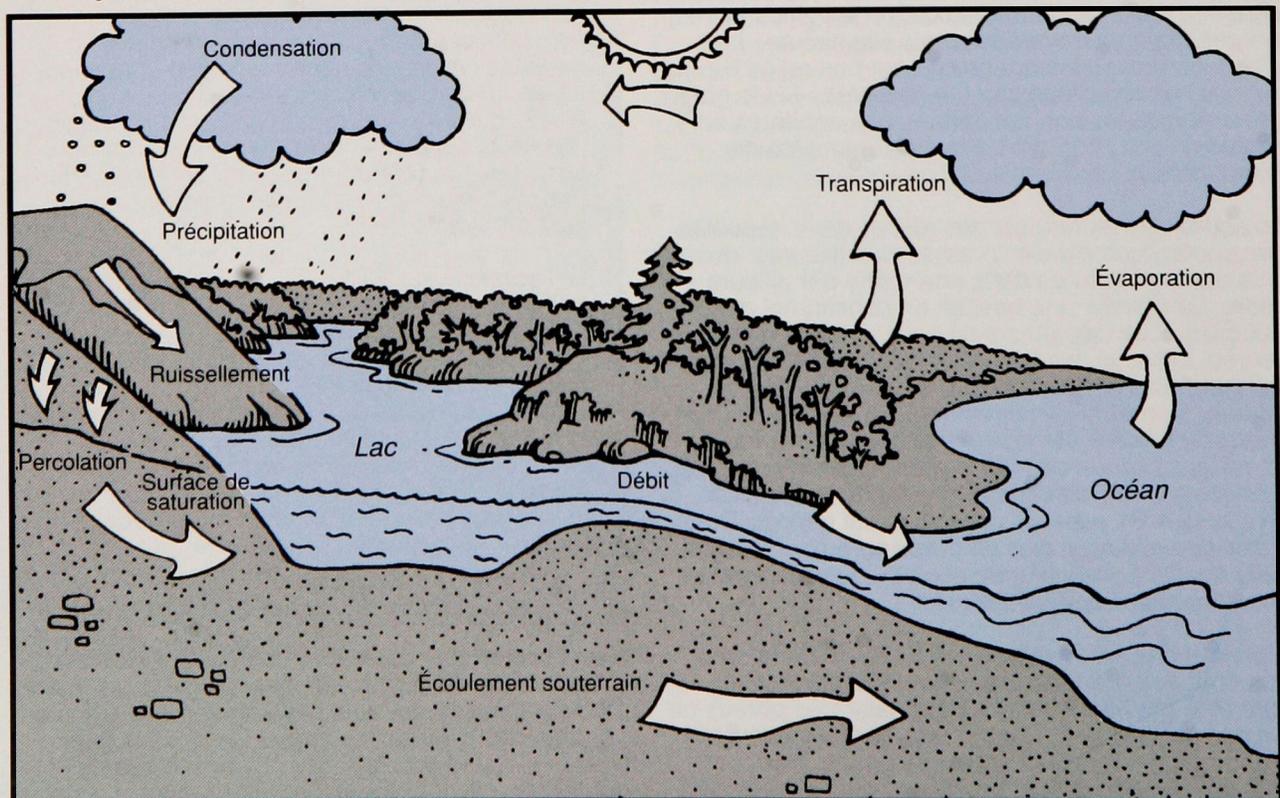


Figure 4

Le cycle hydrologique





(Gracieuseté de A.D. Kindervater)
Pisquid (Île-du-Prince-Édouard). Source artésienne.

l'écoulement de l'eau à la surface. Par conséquent, l'eau souterraine peut se déplacer dans des directions différentes de celles de l'écoulement de surface.

Les aquifères libres (figure 3) sont des nappes à surface libre limitées par la surface de saturation. Toutefois, certains aquifères se situent au-dessous de couches de matériaux imperméables; ce sont des *aquifères captifs*, ou parfois des *nappes artésiennes*. Un puits dans un aquifère de ce type est un *puits artésien*.

L'eau dans ces puits s'élève à un niveau plus haut que la partie supérieure de l'aquifère. Si le niveau d'eau monte au-dessus de la surface du sol, il se forme un *puits jaillissant*. La *surface piézométrique* est le niveau auquel s'élèvera l'eau d'un aquifère artésien.

L'eau souterraine – un maillon essentiel dans le cycle hydrologique

La circulation de l'eau souterraine fait partie du cycle hydrologique. Les précipitations et d'autres sources d'eau de surface alimentent l'eau souterraine qui se draine constamment, et parfois très lentement, vers son point de déversement.

L'eau souterraine ne reste pas en permanence dans le sous-sol et elle ne constitue pas toujours des réserves exploitables à volonté par des puits. Le *cycle hydrologique* est la série de transformations qui se produisent dans la circulation de l'eau de l'atmosphère vers la surface et dans les régions souterraines de la terre, puis de nouveau de la surface vers l'atmosphère. Les précipitations se transforment en eau de surface, en humidité du sol et en eau souterraine. L'eau souterraine circule à nouveau vers la surface, et, de la surface, toute l'eau retourne à l'atmosphère par évaporation et transpiration (figure 4).

Lorsque les précipitations tombent à la surface du sol, une partie de l'eau se déverse dans les lacs et les cours d'eau. Une certaine partie de l'eau provenant de la fonte des neiges et des précipitations s'infiltré dans le sol et percole dans la zone de saturation. Ce processus s'appelle l'*alimentation* (figure 2), et les endroits où il se produit s'appellent *zones d'alimentation*.

Cette eau peut finalement réapparaître au-dessus du sol. C'est l'*émergence*. L'eau souterraine peut se

Figure 5

Estimation de la profondeur et du temps de séjour des réserves d'eau de la planète

Paramètre	Équivalent en profondeur (m*)	Temps de séjour
Océans et mers	2500	~ 4000 ans
Lacs et réservoirs	0,25	~ 10 ans
Marais	0,007	1 – 10 ans
Canaux fluviaux	0,003	~ 2 semaines
Humidité du sol	0,13	2 semaines – 1 an
Eau souterraine	120	2 semaines – 10 000 ans
Calottes glacières et glaciers	60	10 – 1000 ans
Eau atmosphérique	0,025	~ 10 jours
Eau biosphérique	0,001	~ 1 semaine

*Calculé comme si l'emmagasinement était uniformément réparti sur toute la surface de la terre.

Source : Adaptée de Freeze et Cherry, p. 5.

Figure 6

Pourcentage de la population tributaire de l'eau souterraine, 1981

Utilisations municipales, domestiques et rurales seulement

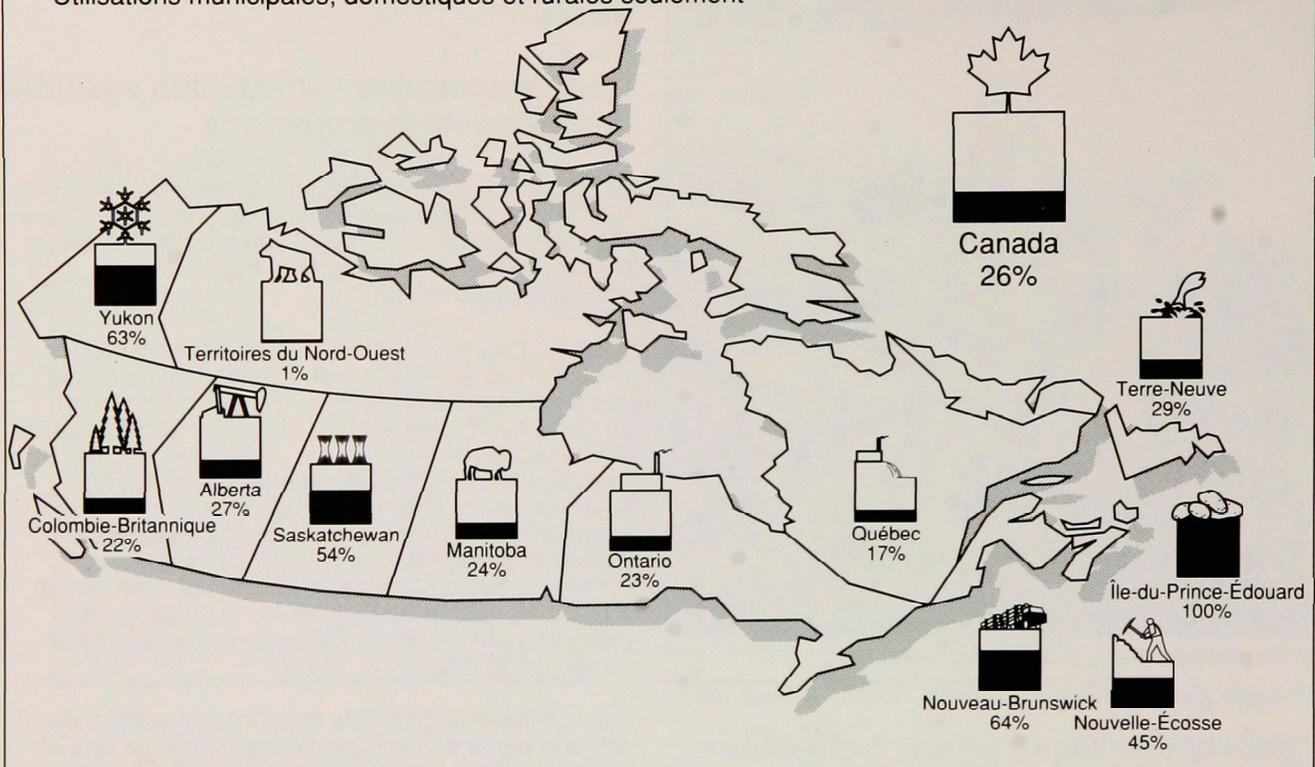
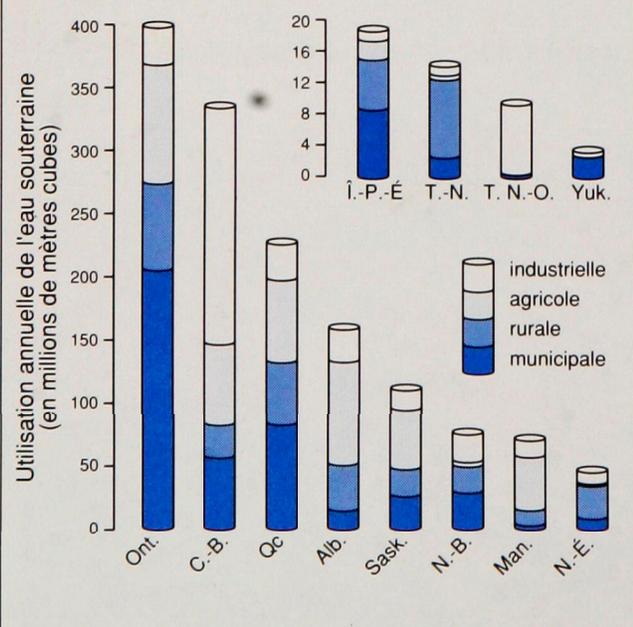


Figure 7

Estimation de l'utilisation de l'eau souterraine par province et par secteur, 1981

(certaines valeurs tirées des années antérieures)



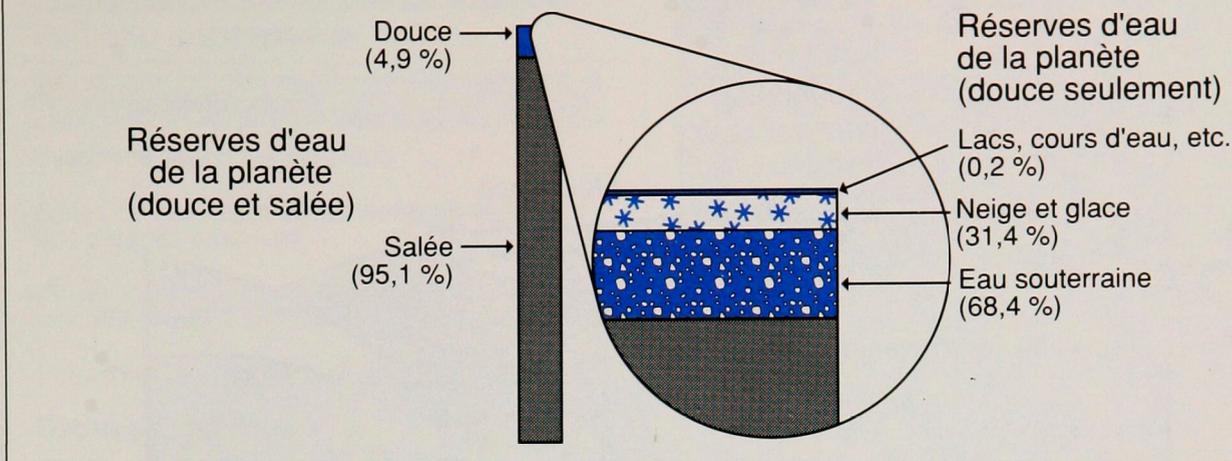
déverser dans les cours d'eau, les marais, les lacs et les océans, ou bien son émission peut se présenter sous forme de *sources* et de *puits jaillissants*.

L'émergence de l'eau souterraine peut contribuer considérablement à l'écoulement de l'eau de surface. Durant les périodes sèches, le débit de certains cours d'eau peut être entièrement alimenté par l'eau souterraine. En tout temps de l'année, en fait, la nature des formations souterraines exerce un effet marqué sur le volume du ruissellement. Tandis que le débit d'émergence détermine le volume d'eau circulant de la zone de saturation vers les cours d'eau, le taux d'alimentation détermine le volume d'eau s'écoulant à la surface. Lorsqu'il pleut, par exemple, le volume de l'eau se déversant dans les cours d'eau dépend de la quantité de précipitations que les matériaux souterrains peuvent absorber. Lorsque la quantité d'eau à la surface est supérieure à la capacité d'absorption des matériaux souterrains, elle se déverse dans les cours d'eau et les lacs.

Le *temps de séjour* de l'eau souterraine, c'est-à-dire la durée pendant laquelle l'eau demeure dans la portion souterraine du cycle hydrologique, varie énormément. L'eau peut demeurer seulement quelques jours ou quelques semaines dans le sous-sol, ou jusqu'à 10 000 ans ou plus (figure 5). Les temps de séjour de dizaines, de centaines ou même de milliers d'années ou plus ne sont pas exceptionnels. À titre de comparaison, le temps de renouvellement de l'eau de rivières, ou le temps que met l'eau des rivières à se remplacer complètement, est d'environ deux semaines.

Figure 8

L'eau souterraine et les réserves d'eau douce de la planète



Source : Adaptée de la figure 2, fiche d'information n°2, « De l'eau – ici, là-bas, partout de l'eau ».

Six millions de Canadiens sont tributaires de l'eau souterraine

Au Canada, plus de six millions de personnes, soit 26 % de la population, sont tributaires de l'eau souterraine pour leurs besoins domestiques (figure 6). Environ deux-tiers ou quatre millions de ces usagers vivent dans des régions rurales. Dans de nombreuses régions, les puits produisent des réserves d'eau plus fiables et moins chères que celles obtenues dans les lacs et les cours d'eau voisins. Les deux autres millions de consommateurs se situent essentiellement dans des petites municipalités où l'eau souterraine fournit la principale source des systèmes de distribution d'eau. Par exemple, 100 % de la population de l'Île-du-Prince-Édouard, et plus de 60 % de la population du Nouveau-Brunswick et du Yukon dépendent de l'eau souterraine pour satisfaire leurs besoins domestiques.

En outre, l'utilisation prédominante de l'eau souterraine varie selon la province (figure 7). En Ontario, au Québec, à l'Île-du-Prince-Édouard, au Nouveau-Brunswick et au Yukon, les plus gros utilisateurs de l'eau souterraine sont les municipalités; en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba, c'est l'industrie agricole pour l'abreuvement du bétail; en Colombie-Britannique et dans les Territoires du Nord-Ouest, c'est l'industrie; et à Terre-Neuve et en Nouvelle-Écosse, c'est l'utilisation domestique rurale. L'Île-du-Prince-Édouard est presque totalement tributaire de l'eau souterraine pour toutes ses utilisations.

Selon certaines estimations, l'eau souterraine terrestre pourrait couvrir toute la surface du globe sur une profondeur de 120 mètres (figure 5). À titre de comparaison, le volume des eaux de surface des lacs, cours d'eau, réservoirs et marais pourrait être contenu sur une profondeur d'environ un quart de mètre.

Il est extrêmement difficile d'estimer le volume de l'eau souterraine sur toute la planète. Par exemple, une analyse documentaire récente révélait des chiffres allant de 7 000 000 à 330 000 000 de kilomètres cubes. Toutefois, toutes les estimations impliquent que, si nous

ne comptons pas l'eau gelée des calottes glaciaires, des glaciers et des neiges persistantes, l'eau souterraine constitue presque le volume total de l'eau douce utilisable de la terre (figure 8). Pourtant, il arrive souvent que ces réserves ne sont pas facilement accessibles, et il peut se révéler difficile et coûteux de les exploiter dans certaines régions. La qualité de la source d'eau souterraine est également un facteur déterminant majeur dans l'établissement de son utilisation.

Qualité de l'eau souterraine

Nous pensons souvent à la qualité de l'eau en termes de goût, de pureté et d'odeur, et en fonction d'autres propriétés qui déterminent si l'eau est potable. Pour d'autres utilisations, différentes propriétés peuvent être importantes. La plupart de ces propriétés dépendent des sortes de substances qui sont dissoutes ou en suspension dans l'eau. L'eau pour la plupart des utilisations industrielles, par exemple, ne doit pas être corrosive et ne doit pas contenir de matières dissoutes qui pourraient former un précipité sur les surfaces de la machinerie et du matériel.

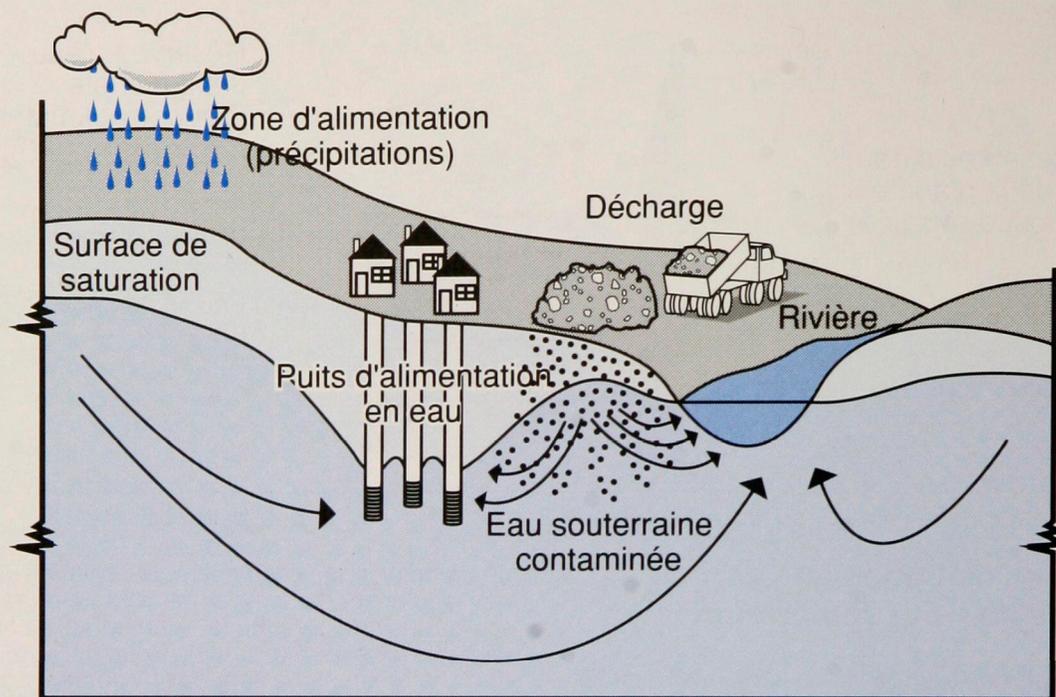
L'eau pure est insipide et inodore. Une molécule d'eau contient seulement des atomes d'hydrogène et d'oxygène.

Invasion d'eau salée

L'invasion d'eau salée peut poser un problème dans les régions côtières où les taux de pompage des eaux souterraines sont assez élevés pour entraîner une invasion d'eau salée dans des aquifères d'eau douce (figure 2). Le problème peut être évité par la conception appropriée d'un champ de captage et le forage de drains verticaux pour drainer l'eau salée de la source d'eau douce souterraine. À l'Île-du-Prince-Édouard, certains puits de pompage de l'eau salée servent à alimenter des fermes d'élevage de mollusques et de crustacés.

Figure 9

Contamination des eaux souterraines par une décharge



On ne trouve jamais l'eau à l'état pur dans la nature. Les eaux souterraines et les eaux de surface peuvent contenir de nombreux constituants, notamment des micro-organismes, des gaz, et des matières organiques et inorganiques.

La nature chimique de l'eau évolue continuellement au cours de sa circulation dans le cycle hydrologique. Les types de constituants chimiques trouvés dans l'eau souterraine dépendent, en partie, de la chimie des précipitations et de l'eau d'alimentation. Près des côtes, les précipitations contiennent des concentrations plus élevées de chlorure de sodium, et, en aval des zones industrielles, des composés atmosphériques de soufre et d'azote rendent les précipitations acides.

L'une des transformations naturelles les plus importantes dans la chimie de l'eau souterraine se produit dans le sol. Les sols contiennent des concentrations élevées de gaz carbonique qui se dissout dans l'eau souterraine, créant un acide faible capable de dissoudre de nombreux minéraux de silicate. Dans son transfert d'une zone d'alimentation à une zone d'émission, l'eau souterraine peut dissoudre les substances qu'elle rencontre ou elle peut déposer certains de ses constituants en cours de route. La qualité définitive de l'eau souterraine dépend des conditions de température et de pression, des types de roches et de sols à travers lesquels elle s'écoule et de sa vitesse d'écoulement. En général, l'eau à écoulement plus rapide dissout moins de matières. L'eau souterraine transporte naturellement avec elle tous les contaminants solubles qu'elle rencontre.

Les scientifiques évaluent la *qualité de l'eau* en mesurant les quantités des divers constituants contenus dans l'eau. Ces quantités sont souvent exprimées en milligrammes par litre (mg/L).

Fuites de réservoirs de stockage souterrains

Les cas de fuites de produits pétroliers ont vu leur nombre augmenter au cours des deux dernières décennies par suite de la corrosion des réservoirs souterrains en acier, installés en grand nombre dans les années 1950 et 1960. Avant 1980, tous les réservoirs souterrains étaient en acier. En raison de la corrosion, jusqu'à la moitié d'entre eux présentent des fuites après 15 ans de vie utile.

L'eau souterraine dissout de nombreux composés divers provenant de produits pétroliers, et la plupart de ces substances peuvent contaminer de grandes quantités d'eau. Ce problème est particulièrement grave dans les provinces de l'Atlantique où des centaines de puits doivent être abandonnés chaque année. Dans de nombreux cas, le problème est cerné bien après que l'aquifère ait été contaminé, par exemple, lorsque les consommateurs commencent à déceler un goût ou une odeur d'essence.

Le fait qu'une eau convient pour une utilisation donnée dépend de nombreux facteurs tels que la dureté, la salinité et le pH. Les valeurs acceptables de chacun de ces paramètres pour toute utilisation donnée dépendent de l'utilisation, et non pas de la source de l'eau, de sorte que les considérations importantes pour les eaux de surface (telles qu'elles sont mentionnées dans la fiche d'information n° 3 de cette série, intitulée « L'eau propre – la vie en dépend! ») s'appliquent également à l'eau souterraine.

Figure 10

Sources de contamination susceptibles de causer la contamination de l'eau souterraine

Sources ponctuelles

- Systèmes septiques sur place
- Fuites de réservoirs ou de pipelines contenant des produits pétroliers
- Pertes ou déversements de produits chimiques industriels aux installations de fabrication
- Puits d'injection souterrains (déchets industriels)
- Décharges municipales
- Déchets d'élevage du bétail
- Fuites de réseau d'égouts
- Produits chimiques utilisés dans les installations de préservation du bois
- Résidus de zones minières
- Cendres volantes des centrales thermiques alimentées au charbon
- Zones d'élimination des boues dans les raffineries de pétrole
- Épandage des boues résiduares
- Cimetières
- Zones de stockage de sel pour les routes
- Puits pour l'élimination des déchets liquides
- Ruissellement du sel et d'autres produits chimiques sur les routes et autoroutes
- Déversements liés aux accidents routiers ou ferroviaires
- Goudron de houille dans les anciens lieux de gazéification
- Production d'asphalte et terrains de nettoyage de l'équipement

Sources non ponctuelles (diffuses)

- Engrais sur les terres agricoles
- Pesticides sur les terres agricoles et les forêts
- Contaminants dans les retombées sous forme de précipitations, de neige et de dépôts atmosphériques secs

LDNA

Un type de contaminant qui pose un problème sérieux est le groupe de produits chimiques connus sous le nom de *liquides denses non aqueux* ou les LDNA. Il s'agit de produits chimiques utilisés dans le nettoyage à sec, la préservation du bois, les revêtements d'asphalte, l'usinage, la construction et la réparation d'automobiles, l'équipement aéronautique, les munitions et le matériel électrique. Ils peuvent être également produits et déversés à la suite d'accidents, par exemple l'incendie de pneus d'Hagersville. Ces substances sont plus lourdes que l'eau et s'enfoncent rapidement dans le sol, ce qui pose de plus grandes difficultés dans le traitement de ce genre de produits qu'avec les produits pétroliers. Comme pour ces derniers, les problèmes découlent du fait que l'eau souterraine dissout certains des composés en LDNA. Ces composés peuvent alors migrer avec l'écoulement des eaux souterraines. Sauf dans les grandes villes, la présence de ces contaminants est rarement vérifiée dans l'eau potable.

La qualité naturelle de l'eau souterraine diffère de celle des eaux de surface par les caractéristiques suivantes :

- pour toute source donnée, sa qualité, sa température et ses paramètres sont moins variables dans le temps;
- dans la nature, l'échelle de valeurs des paramètres de l'eau souterraine est beaucoup plus grande que pour les eaux de surface; par exemple, les matières dissoutes totales peuvent varier de 25 mg/L en certains endroits du Bouclier canadien à 300 000 mg/L dans certaines eaux profondes salines des Plaines intérieures.

En tout lieu donné, l'eau souterraine tend à être plus dure et plus saline que les eaux de surface, mais il ne s'agit nullement d'une règle universelle. Il arrive aussi généralement que la salinité de l'eau souterraine augmente proportionnellement à la profondeur; cependant, il existe, encore une fois, de nombreuses exceptions.

Puisque l'eau souterraine coule à travers un aquifère, elle est naturellement filtrée. Cette filtration, combinée à une longue période de séjour souterrain, signifie que l'eau souterraine est ordinairement exempte de microorganismes pathogènes. Une source de contamination proche d'un puits peut, cependant, vaincre ces défenses naturelles. La filtration naturelle signifie en outre que l'eau souterraine contient habituellement moins de matières en suspension et de matières non dissoutes que les eaux de surface.

Comment nous contaminons l'eau souterraine

Tout apport de substances indésirables dans l'eau souterraine, causé par les activités humaines, est considéré comme une contamination. On a souvent supposé que les contaminants laissés sur ou sous un sol demeureront à cet endroit même. C'est prendre ses désirs pour des réalités. L'eau souterraine disperse



(Gracieuseté de Joachim Moenig)

Revelstoke (Colombie-Britannique). Sources le long de la route.

souvent les effets des décharges et des déversements bien au-delà du lieu de la contamination initiale (figure 9). La contamination de l'eau souterraine est extrêmement difficile, et parfois impossible, à nettoyer.

Les contaminants de l'eau souterraine proviennent de deux catégories de sources : les *sources ponctuelles* et les *sources diffuses* ou *non ponctuelles* (figure 10). Les décharges, les fuites de réservoirs d'essence, les pertes de fosses septiques et les déversements accidentels sont des exemples de sources ponctuelles. L'infiltration des pesticides et des engrais des terres agricoles est un exemple de source diffuse.

Parmi les sources ponctuelles les plus importantes figurent les décharges municipales et les lieux d'élimination des déchets industriels. Lorsque l'un de ces emplacements se trouve dans des aquifères de sable ou de gravier ou à proximité, les risques de contamination généralisée sont les plus élevés.

À Ville Mercier (Québec), par exemple, l'élimination de déchets industriels, pendant de nombreuses années, dans des lagunes situées dans une ancienne carrière de gravier a rendu inutilisables les réserves d'eau de milliers de résidents de la région. L'eau a dû être pompée d'un puits à 10 kilomètres de distance pour remplacer l'alimentation de la région.

D'autres sources ponctuelles sont individuellement moins importantes, mais elles existent en grand nombre dans tout le pays. Certaines de ces sources de contamination dangereuses et répandues sont les fosses septiques, les fuites et les déversements de produits pétroliers et de liquides organiques industriels denses.

Les systèmes septiques sont conçus de sorte qu'une certaine partie des eaux usées est dégradée dans la fosse et qu'une autre est dégradée et absorbée par le sable et le sous-sol environnants. Les contaminants provenant de systèmes septiques et pouvant pénétrer dans l'eau souterraine comprennent les bactéries, les virus, les détergents et les produits de nettoyage ménagers. Ceux-ci peuvent créer de sérieux problèmes de contamination. Malgré le fait que les fosses septiques et les puisards sont des sources connues de contamination, ils sont mal surveillés et très peu étudiés.

La contamination peut rendre l'eau inutilisable à toute fin donnée. Même si l'on ignore l'ampleur globale du problème dans tout le Canada, de nombreux cas de contamination ont été étudiés. Citons par exemple ceux de Ville Mercier au Québec, le problème de l'aldicarbe (pesticide) à l'Île-du-Prince-Édouard, les effluents industriels à Elmira (Ontario), divers pesticides dans les provinces des Prairies, la contamination industrielle à Vancouver (Colombie-Britannique), etc. Dans de nombreux cas, la contamination n'est reconnue qu'après l'exposition des utilisateurs à des risques éventuels pour la santé. De plus, le coût d'assainissement des réserves d'eau souterraine contaminée est généralement extrêmement élevé.

Les problèmes de contamination se multiplient au Canada surtout en raison du grand nombre croissant de composés toxiques utilisés dans l'industrie et l'agriculture. Dans les régions rurales du Canada, les scientifiques soupçonnent que de nombreux puits domestiques sont contaminés par des substances provenant de sources communes comme les systèmes septiques, les réservoirs souterrains, l'huile à moteur usagée, le sel des routes, les engrais, les pesticides et les déchets d'élevage du bétail. Les scientifiques prévoient également que, dans les prochaines décennies, d'autres aquifères contaminés seront découverts, de nouveaux contaminants seront identifiés et d'autres ressources en eau souterraine contaminée seront déversées dans les terres humides, les cours d'eau et les lacs.

La contamination des eaux souterraines est extrêmement difficile et coûteuse à nettoyer. Cela signifie qu'un aquifère est contaminé, s'il pourrait être inutilisable pendant des décennies. Le temps de séjour, comme on l'a mentionné auparavant, peut s'échelonner quelque part entre deux semaines et 10 000 ans.

En outre, les effets de la contamination des eaux souterraines ne s'arrêtent pas avec la perte de réserves d'eau de puits. De nombreuses études ont porté sur la migration des contaminants depuis les lieux d'élimination ou de déversements jusqu'aux lacs et cours d'eau voisins, puisque les eaux souterraines font partie du cycle hydrologique. Au Canada, la pollution des eaux de surface par les eaux souterraines est probablement tout au moins aussi sérieuse que la contamination des réserves d'eau souterraine. Empêcher la contamination en premier lieu est de loin la solution la plus pratique du problème. Elle peut se réaliser par l'adoption de pratiques efficaces de gestion des eaux souterraines par les gouvernements, les industries et tous les Canadiens. Il est vrai que des progrès sont accomplis dans cette direction; toutefois, les efforts sont entravés par une sérieuse pénurie d'experts en eaux souterraines et par un manque général de connaissances sur le comportement de ces eaux.

Plus de six millions de Canadiens sont tributaires de l'eau souterraine pour leur alimentation quotidienne en eau.

Les eaux souterraines et le génie

Les eaux souterraines peuvent avoir des répercussions majeures sur les études techniques et géotechniques. L'étude des eaux souterraines est essentielle pour les ingénieurs qui construisent des barrages, des tunnels, des aqueducs de transport d'eau, des mines et d'autres ouvrages. Il faut tenir compte de l'eau souterraine dans tous les cas où la stabilité des pentes est un facteur important, que la pente soit naturelle ou aménagée. L'eau souterraine doit également être prise en compte dans la conception de mesures de lutte contre les inondations. Dans toutes ces situations, l'écoulement de l'eau souterraine et la pression des fluides peuvent créer de sérieux problèmes géotechniques.

L'eau souterraine peut causer, par exemple, des instabilités de structure dans les barrages, ou bien elle peut s'écouler tout autour du barrage comme ce fut le cas au barrage Jerome en Idaho. L'eau s'est infiltrée si facilement à travers les formations de roche entourant le réservoir que le barrage ne retenait plus d'eau, même si la conception de sa structure était correcte.

Dans un autre cas, lors de l'exploration géologique en vue de la construction du barrage de Revelstoke en Colombie-Britannique, les géologues et les ingénieurs étaient préoccupés par un ancien glissement de terrain sur la rive du futur réservoir. Ils estimaient que l'eau retenue dans le réservoir pourrait suffisamment augmenter les pressions de l'eau souterraine pour rendre l'ancien glissement de terrain instable. En 1963, des conditions semblables dans le réservoir de Vaiont, en Italie, avaient causé un glissement de terrain qui avait entraîné la mort de 2 500 personnes. La solution au problème de Revelstoke consistait à augmenter le drainage autour du glissement pour assurer que les pressions de l'eau souterraine n'augmentent pas et que l'ancien glissement de terrain demeure stable.

D'autres problèmes résultent de l'utilisation excessive de l'eau souterraine. Il s'agit de la surexploitation due au prélèvement de quantités d'eau à un rythme supérieur au taux d'alimentation naturelle. Le problème le plus évident qui en découle est une pénurie d'eau. Toutefois, la surexploitation peut également entraîner des problèmes géotechniques majeurs. Malgré son peu d'importance au Canada, la surexploitation a causé des tassements de terrain dans le monde entier et, par conséquent, de sérieuses difficultés sur le plan technique. Des secteurs de la ville de Mexico, par exemple, ont subi un tassement de 10 mètres au cours des 70 dernières années, entraînant une foule de problèmes pour le réseau de distribution d'eau et celui d'assainissement. Il peut également se produire un tassement de terrain lorsque la surface de saturation est abaissée par drainage. Au début des années 1970, par exemple, tout un lotissement résidentiel à Ottawa a subi un tassement au cours de la construction d'un égout collecteur dans le voisinage, causant de graves dommages aux propriétés des résidents.

L'eau souterraine et les terres humides

Les terres humides, qui abritent en été la quasi-totalité des 45 millions de canards et d'autres oiseaux aquatiques en Amérique du Nord, ont souvent des liens très étroits avec le réseau des eaux souterraines. Certaines terres humides, par exemple des étangs dans un sol surélevé, peuvent constituer d'importantes zones d'alimentation des eaux souterraines. D'autres, particulièrement dans des zones en contrebas, peuvent être les récepteurs de quantités considérables d'émission d'eau souterraine. Par conséquent, si l'eau sous-jacente est contaminée, des effets préjudiciables se feront sentir sur la faune et toutes les autres ressources tributaires de ces terres humides.

Pour la préservation de nos réserves d'eau souterraine

Les eaux souterraines sont une ressource essentielle. Elles sont omniprésentes dans le paysage canadien et elles présentent une interconnection vitale avec nos riches ressources en eaux de surface.

La contamination des eaux souterraines est un grave problème au Canada. Les activités industrielles et agricoles sont les principales sources de contaminants, mais les foyers canadiens présentent des sources d'une importance égale.

La circulation des eaux souterraines est si lente que les problèmes mettent longtemps à apparaître. En raison de ce phénomène, et en raison du coût exorbitant que représente le nettoyage d'un aquifère contaminé (si toutefois, il est possible), il est préférable et de loin de prévenir en premier lieu tout risque de contamination. Par exemple, les réservoirs non étanches peuvent être remplacés par des réservoirs anti-corrosion; les décharges peuvent être aménagées dans des lieux où les produits de lixiviation ne contamineront pas les eaux souterraines sous-jacentes; et les répercussions des déversements de produits dangereux peuvent être réduits par la limitation de l'accès aux zones d'alimentation.

Tous les paliers de gouvernement au Canada commencent à prendre certaines mesures nécessaires pour protéger nos réserves d'eau souterraine, mais il faudra attendre encore longtemps avant la pleine concrétisation de ces mesures. Par ailleurs, les universités et les instituts de recherche gouvernementaux mènent des études sur les eaux souterraines et sur les moyens permettant de les préserver, voire d'améliorer leur accessibilité. Tant au niveau de la société qu'à celui des particuliers, nous devons veiller à la protection des eaux souterraines contre la contamination.

Les eaux souterraines sont tout aussi importantes que les lacs et les cours d'eau étincelants de notre vision du Canada. Ce trésor national est peut-être «caché», mais il ne faut pas l'oublier.

BIBLIOGRAPHIE

American Chemical Society. Ground Water Information Pamphlet, Department of Public Affairs, Washington, 1983, 14 p.

American Institute of Professional Geologists. *Ground Water: Issues and Answers*, Arvado, Colo., 1986, 24 p.

Bowen, Robert. *Groundwater*. Elsevier Applied Science Publishers, Londres, R.-U., 1986, 427 p.

Cherry, John A. « Groundwater Occurrence and Contamination in Canada », *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, préparé pour le ministère des Pêches et des Océans (1987), Ottawa, Canadian Aquatic Resources, M.C. Healey et R.R. Wallace (éd.), n° 215, p. 387-426.

Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*, 4^e éd., Santé et Bien-être social Canada, Ottawa, 1989, 27 p.

Coon, David, et Janice Harvey. *The Groundwater Pollution Primer*. Conservation Council, Fredericton (N.-B.), juillet 1987, 44 p.

Freeze, R. Allen, et John A. Cherry. *Groundwater*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs N.J., 1979, 604 p.

Hess, Paul J. *Utilisation des eaux souterraines au Canada, 1981*, Institut national de recherche en hydrologie, rapport n° 28 de l'INRH, étude n° 140 de la Collection des rapports techniques de la DGEI, Ottawa, 1986, 45 p.

Johnston, L.M., et J.A. Gilliland. « Ground Water – Why Worry? », rapport inédit, Institut national de recherche en hydrologie, NHRI Contribution No. 87008, Saskatoon (Sask.), 1987.

Keating, Michael. *To the Last Drop: Canada and the World's Water Crisis*, MacMillan, Toronto, 1986, 265 p.

Laycock, A.H. « The Amount of Canadian Water and Its Distribution », *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, préparé pour le ministère des Pêches et des Océans (1987), Ottawa, Canadian Aquatic Resources, M.C. Healey et R.R. Wallace (éd.), n° 215, p. 13-42.

McNeely, R.N., Neimanis, V.P., et L. Dwyer. *Références sur la qualité des eaux : Guide des paramètres de la qualité des eaux*, Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Ottawa, 1980, 100 p.

Price, Michael. *Introducing Groundwater*, George Allen & Unwin, Londres, R.-U., 1985, 195 p.

Speidel, David H., Ruedisili, L.C., et A.F. Agnew. *Perspectives on Water, Uses and Abuses*, Oxford University Press, New York (N.Y.), 1988.

Todd, David Keith. *Groundwater Hydrology*, 2^e éd., John Wiley & Sons (éd.), New York (N.Y.), 1980, 535 p.

U.S. Environmental Protection Agency. *EPA Ground Water Handbook*, Government Institutes Inc., Rockville (Md.), 1989, 212 p.

Plongez-vous dans ce fascinant sujet!

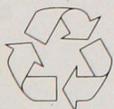
Pour obtenir d'autres fiches d'information de la présente série qui vous renseigneront davantage sur l'eau, ses caractéristiques, ses possibilités, son utilisation et sa gestion, veuillez écrire ou téléphoner à la :

Section de la rédaction et des publications
Direction générale des eaux intérieures
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Tél. : (819) 997-2601
Télééc. : (819) 997-8701

Available in English upon request

Ce document peut être reproduit à des fins éducatives;
prière d'inclure une mention indiquant la provenance
d'Environnement Canada.



Imprimé sur du papier à base de matériels récupérés

Conception par Le groupe Ove Design, Ottawa

Publiée avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Ministre des Approvisionnements et Services, Canada, 1990
N° de cat. EN 37-81/5-1990F
ISBN 0-662-96366-0