

QU'ARRIVE-T-IL AUX GLACES DE L'ARCTIQUE?

Depuis trois décennies, les glaces marines des régions arctiques et subarctiques du Canada fondent avec rapidité, et l'on craint que les changements climatiques ne propulsent ce secteur fragile vers un avenir incertain. Si le rétrécissement se poursuit à son rythme actuel, d'ici 2050, l'océan Arctique pourrait être complètement libre de glaces en été.

Cette évolution, qui peut sembler une bénédiction pour l'industrie de la navigation, apporterait dans le Grand Nord des changements sociaux, économiques et environnementaux sans précédent. Les Autochtones et de nombreuses espèces sauvages, telles que les ours polaires et les caribous, ont besoin des glaces marines pour chasser, s'alimenter et se déplacer. À l'échelle mondiale, la glace et la neige de l'Arctique jouent un rôle essentiel dans la régulation de la température de la Terre en réfléchissant la lumière solaire avant que celle-ci ne réchauffe la surface. La modification de cette dynamique influera sur le climat de la planète dans des proportions qu'on commence tout juste à imaginer.

Les simulations numériques du climat de l'avenir au moyen de divers modèles planétaires — dont le tout récent modèle couplé de circulation générale d'Environnement Canada — corroborent la théorie voulant que les effets des changements climatiques se fassent sentir en tout premier lieu, et avec le plus d'intensité, dans l'Arctique. Bien que la chronologie du processus demeure incertaine, la plupart des scientifiques s'accordent à dire qu'il y aura moins de glaces marines dans l'avenir, et l'on craint que cette tendance au dégel ne soit irréversible.

Les résultats de l'observation étayent également cette théorie. La surveillance environnementale indique en effet que l'Arctique se réchauffe à un rythme jamais vu depuis 400 ans. La température annuelle moyenne à Resolute Bay — une station météorologique de

l'archipel Arctique — a augmenté de 1,3 °C depuis 1969. Dans l'ensemble de l'Arctique canadien, l'augmentation a dépassé 1 °C au cours de la dernière moitié du XX^e siècle.

Dans certaines régions, la disparition rapide des glaces marines nuit déjà aux ours polaires, qui en ont besoin pour chasser le phoque.

L'étendue des glaces marines de l'Arctique, observée essentiellement par satellite au moyen de radiomètres à hyperfréquences passives, a diminué à un rythme d'environ trois pour cent par décennie depuis les années 1970. Les données fournies par les sonars des sous-marins britanniques et américains indiquent que l'épaisseur estivale des glaces de l'Arctique a diminué d'environ 40 p. 100 depuis les années 1950. Une étude récente de la National Aeronautical and Space Agency américaine révèle que les glaces marines de l'Arctique sont en train de disparaître au rythme d'environ neuf pour cent par décennie — un rythme qui s'accélère à mesure qu'une plus grande surface de l'océan se trouve exposée, ce qui augmente l'absorption d'énergie solaire.

Depuis toujours, les eaux de l'Arctique canadien sont recouvertes d'une banquise essentiellement continue tout au long de l'hiver. Les glaces commencent à se rompre en juillet, ce qui autorise une saison de navigation de trois à cinq mois avant qu'elles ne recommencent à prendre, en octobre. Si les eaux de

certaines régions de l'océan Arctique, comme la baie d'Hudson et la zone côtière de la mer de Beaufort, sont presque toujours libres en été, d'autres demeurent recouvertes de glace à l'année longue. Ces dernières années, toutefois, les prévisionnistes du Service canadien des glaces d'Environnement Canada ont remarqué que la glace fondait en quantité bien plus grande que la normale et qu'elle ne se formait plus aussi tôt en automne.

Afin de déterminer si cette évolution présentait une tendance quantitative, le Service des glaces a numérisé les cartes hebdomadaires des glaces de l'Arctique canadien qu'il produit depuis 1969. En calculant le total de la superficie occupée par les glaces sur ces cartes durant chaque saison estivale (du 25 juin au 15 octobre) de 1969 à 2001, les météorologistes ont pu étudier les différences que présentait d'une année à l'autre la superficie totale cumulée.

L'étude a confirmé que la superficie totale des glaces marines en été avait diminué d'environ 15 p. 100 dans l'Arctique (au nord des 60° de latitude), et d'environ 40 p. 100 dans

Suite à la page 2

À L'INTÉRIEUR

- 3 **V'là le bon vent**
- 4 **Les catastrophes naturelles en hausse**
- 6 **La protection des eaux contre les résidus miniers**
- 7 **Un règlement qui assainit les effluents des fabriques**





Carte de l'Arctique canadien indiquant les régions sur lesquelles ont porté les études.

la région subarctique de la baie d'Hudson. Les chercheurs ont encore subdivisé les données pour étudier les différences de tendance entre l'Arctique de l'Est et de l'Ouest. Dans l'Arctique de l'Est, ils ont décelé une réduction globale de 15 p. 100 de la superficie, tandis que les trois sous-régions de l'Arctique de l'Ouest présentaient des diminutions respectives de 10 p. 100 (Vicomte de Melville), 12 p. 100 (mer de Beaufort) et 36 p. 100 (eaux navigables de l'ouest de l'Arctique). Il ne faut donc pas s'étonner si la saison de navigation dans ces régions a augmenté dans une proportion de trois à neuf pour cent durant la même période.

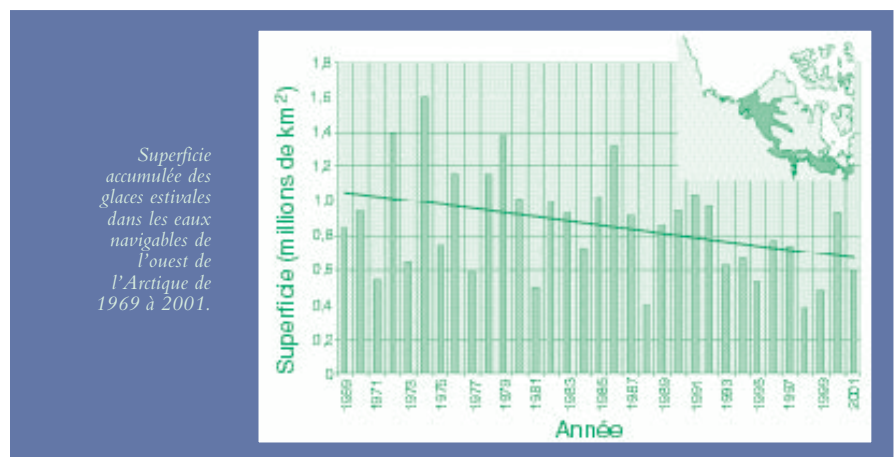
Si les tendances observées dans les deux premières sous-régions de l'Arctique de l'Ouest ont moins de chances d'être statistiquement significatives, le chiffre obtenu pour les eaux navigables de l'ouest de l'Arctique présentait une fiabilité de 95 p. 100. Cette information revêt une importance particulière, car on pense que la glace qui occupe ces eaux navigables est régie principalement par la thermodynamique locale — autrement dit, elle ne circule pas en quantité importante entre l'intérieur et l'extérieur de la région, mais tend plutôt à se former sur place en hiver et à fondre au même endroit chaque été. Cette situation signifie peut-être que la diminution des glaces observée dans cette sous-région est plus révélatrice d'une augmentation des températures de surface que dans la mer de Beaufort, où il existe entre celle-ci et

l'océan Arctique une circulation importante de glace pluriannuelle.

Les scientifiques du Service canadien des glaces ont complété cette étude par un examen des cartes hebdomadaires des glaces de la région septentrionale de la mer du Labrador. Alors que les modèles de climat planétaires prédisent un refroidissement local progressif dans la région, même dans le cas des scénarios de réchauffement de la planète, les observations effectuées au cours des dernières années indiquent que presque toute la glace de cette région subarctique a entièrement fondu avant le 25 juin pour ne réapparaître qu'après le 15 octobre. La base de données a étroitement corroboré ces observations en indiquant une diminution de la superficie estivale des glaces de 72 p. 100 entre 1971 et 2001 — un chiffre dont la signification statistique présentait une fiabilité de 98 p. 100.

Bien que la superficie totale cumulée soit considérée comme un excellent indicateur des effets à long terme des changements climatiques, les météorologistes ont également étudié la couverture de glace minimum de chaque année figurant dans la base de données. Bien que cette information ne soit pas significative dans des régions telles que la baie d'Hudson, où il arrive fréquemment que toute la glace fonde en été, elle améliore notre compréhension de l'évolution des glaces de l'Arctique. Les résultats de ce volet de l'étude ont révélé, entre 1969 et 2001, une réduction de 24 p. 100 de la superficie couverte par les glaces marines au moment du minimum estival, aussi bien dans l'Arctique de l'Est que de l'Ouest — une diminution de huit pour cent par décennie.

Il est difficile d'obtenir des certitudes lorsqu'on cherche à prédire le climat de l'avenir — surtout quand les prédictions reposent sur des observations effectuées au cours d'une période relativement très courte. Toutefois, le scénario le plus probable est qu'il y aura toujours de la glace en hiver dans l'océan Arctique, que la variabilité interannuelle extrême de l'étendue persistera quels que soient les changements climatiques et qu'il y aura moins de glaces marines en Arctique dans les années à venir. En dépit des incertitudes, les études scientifiques de ce genre constituent un pas en avant dans la voie qui nous permettra de constater et de mieux comprendre les conséquences des changements climatiques, assez tôt pour en réduire ou en tempérer les effets. **SOE**



V' LÀ LE BON VENT

Une nouvelle construction se découpe sur l'horizon riverain de Toronto; par temps clair, on peut l'apercevoir jusqu'à Burlington. Il s'agit d'une éolienne d'une hauteur de 30 étages, le premier modèle du genre à usage commercial installé en plein centre-ville d'une agglomération nord-américaine.

Cette éolienne de 1,2 million de dollars, qui a commencé de fonctionner en février, produira environ 1,4 million de kilowattheures d'électricité par année — assez pour suffire aux besoins d'environ 250 foyers. Cette source d'énergie propre, qui remplace avantageusement les centrales alimentées au charbon ou au pétrole, permettra de supprimer chaque année jusqu'à 380 000 kilogrammes de dioxyde de carbone et jusqu'à 8 000 kilogrammes d'oxydes d'azote et de dioxyde de soufre. Ces polluants jouent un rôle de premier plan dans les changements climatiques ainsi que dans la production du smog et des pluies acides.

La génération d'électricité est un puissant facteur de pollution atmosphérique en Amérique du Nord, car la plus grande partie de l'énergie produite au cours du dernier siècle l'a été au moyen de combustibles fossiles. En Ontario, environ 26 p. 100 de toute l'électricité est encore produite par la combustion de charbon ou de pétrole — en grande partie dans le corridor densément peuplé de Windsor–Ottawa.

La construction de cette éolienne riveraine, qui doit permettre aux Torontois d'améliorer la qualité de l'air de leur ville, résulte d'un partenariat entre WindShare — une coopérative réunissant 450 particuliers et entreprises — et la Toronto Hydro Energy Services, qui achètera l'énergie verte produite par l'éolienne durant les trois prochaines années. Environnement Canada a apporté au projet une contribution de 360 000 \$ provenant du *Fonds d'action pour le changement climatique* du gouvernement canadien et a collaboré étroitement avec les planificateurs et la collectivité pour procéder à l'évaluation des effets de cette installation sur l'environnement.

L'énergie éolienne est la forme d'énergie qui connaît la croissance la plus rapide dans le monde : son exploitation augmente à un rythme de 25 p. 100 par année depuis 1990. Bien que son usage soit très répandu aux États-Unis et en Europe (la Californie possède plus de 15 000 éoliennes, tandis qu'au Danemark, 18 p. 100 de l'énergie est d'origine éolienne), il demeure rare au Canada. Dans ce domaine, le Québec et l'Alberta sont les chefs de file au pays, car elles possèdent plus de 100 éoliennes de grande taille chacune, tandis que l'éolienne torontoise est l'une des 10 seulement en son genre que compte l'Ontario.

Le vent doit atteindre une vitesse d'au moins trois mètres par seconde (environ 11 kilomètres à l'heure) pour faire tourner les pales longues de 27 mètres de l'éolienne. Lorsque le moyeu de l'engin se met à tourner, il entraîne l'arbre principal, qui est relié à une génératrice. L'électricité produite par cette dernière est injectée dans le réseau de distribution, où elle se combine à l'électricité issue d'autres sources.

L'emplacement riverain, à l'Exhibition Place de Toronto, a été choisi non seulement pour sa grande visibilité, mais aussi parce que le vent qui vient d'un lac peut produire beaucoup plus d'énergie. En effet, lorsque le vent se heurte à la terre ferme, il devient plus turbulent et perd une partie de sa puissance; c'est pourquoi la plupart des éoliennes sont situées sur le bord des lacs, dans des vallées ou sur des crêtes.

Étant donné que la vitesse annuelle moyenne du vent à Toronto est de six mètres par seconde, l'éolienne fournira environ 25 p. 100 de sa production maximale. Le nombre le plus élevé de kilowattheures d'énergie sera atteint de novembre à avril, lorsque la vitesse moyenne du vent sera à son



*On fixe les pales sur l'éolienne de l'Exhibition Place, à Toronto.
Photo : Toronto Renewable Energy Co-operative*

maximum, tandis que le chiffre le plus bas se situera au mois d'août, où l'on estime que la production totale diminuera environ de moitié.

Contrairement à ce que bien des gens pourraient croire, l'éolienne est relativement silencieuse, et le bruit qu'elle émet se remarque à peine lorsqu'on le compare au son de la circulation urbaine. Elle est bien moins dangereuse pour les oiseaux qu'un immeuble à bureaux : on estime le nombre de décès à deux oiseaux par année. Cette situation fera l'objet d'une surveillance, cet été, dans le cadre de l'évaluation environnementale.

L'énergie éolienne et les autres formes d'énergie verte font partie des mesures nécessaires pour réduire la dépendance du Canada envers les combustibles fossiles et nous aider à appliquer le Protocole de Kyoto et à atteindre nos objectifs de lutte contre la pollution atmosphérique. Les investisseurs sont déjà très intéressés à acheter des parts dans une deuxième éolienne, provisoirement destinée à la station d'épuration d'Ashbridges Bay, à l'est de l'Exhibition Place. Par conséquent, il ne faudra peut-être pas attendre longtemps pour voir sur la rive torontoise deux éoliennes animées par la brise qui souffle du lac Ontario.

LES CATASTROPHES NATURELLES EN HAUSSE

En 2002, les catastrophes naturelles ont causé environ 85 milliards de dollars de pertes financières dans le monde entier — une hausse de 36 p. 100 par rapport à l'année précédente. L'été dernier, certaines régions d'Europe ont connu les pires inondations depuis des siècles, tandis que l'Ouest canadien traversait la sécheresse la plus dévastatrice de son histoire.

L'an dernier, le monde a subi environ 700 catastrophes naturelles — 50 de plus que la moyenne annuelle des années 1990. L'ampleur de ces sinistres et les tendances récentes confirment de façon frappante que ce n'est pas seulement le nombre de ces incidents qui augmente, mais aussi leur envergure.

Au cours de la dernière décennie, le Canada a vécu un grand nombre de ses plus violentes catastrophes naturelles; or, selon les experts, d'autres catastrophes encore plus importantes et plus dévastatrices sont inévitables. Tandis que les catastrophes géophysiques, telles que les tremblements de terre, sont demeurées relativement constantes dans notre pays au cours des 50 dernières années, le nombre de catastrophes d'origine météorologique a grimpé en flèche. On prévoit que les changements climatiques vont aggraver cette situation dans l'avenir, car on s'attend à ce qu'ils augmentent la fréquence et la gravité de certaines conditions météorologiques exceptionnelles.

LES CATASTROPHES NATURELLES LES PLUS CÔUTEUSES AU CANADA

1. Sécheresse de 2001–2002 (Colombie-Britannique, Prairies, Ontario, Québec, Nouvelle-Écosse) : estimation provisoire, cinq milliards de dollars
2. Tempête de verglas de 1998 (Ontario et Québec) : 4,2 milliards de dollars
3. Sécheresse de 1979–1980 (Prairies) : 2,5 milliards de dollars
4. Sécheresse de 1988 (Prairies) : 1,8 milliard de dollars
5. Sécheresse de 1984 (Prairies) : un milliard de dollars
6. Inondations de 1996 (Saguenay, au Québec) : un milliard de dollars



Inondations le long de la rivière Mars, dans la région du Saguenay, au Québec, en juillet 1996.

Photo : G. Brooks. Aimablement fournie par Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada.

Afin d'étudier cette tendance et de contribuer à trouver des moyens d'en tempérer les risques, une équipe de partenaires des secteurs public et privé dirigée par le Service météorologique du Canada d'Environnement Canada a créé le Projet canadien d'évaluation des dangers naturels. Les principaux participants sont le Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la protection civile, l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques, des compagnies d'assurance privées, des spécialistes de l'intervention en cas d'urgence, des universitaires, des sociologues et des ingénieurs.

Après plus de trois ans de collecte et d'analyse des données, l'équipe du projet a rédigé sur le sujet 20 communications techniques dont la plupart seront publiées au début de cette année dans une édition spéciale du *Journal of Natural Hazards*. On prévoit également publier d'ici ce printemps un document de synthèse destiné aux décideurs et au public.

Les constatations de l'équipe révèlent que c'est toute une combinaison de facteurs qui est à l'origine de cette tendance à la hausse, non seulement au Canada, mais aux quatre coins de la planète. Le plus important de ces facteurs réside dans le fait que les êtres humains ont considérablement augmenté leur degré d'exposition aux pertes en cas d'événements dangereux. Ce facteur est attribuable aux nombreux changements économiques, sociodémographiques et technologiques qui se sont produits au cours des 50 dernières années.

Par exemple, en exploitant les ressources naturelles, les humains ont détérioré l'environnement et détruit les tampons naturels qui contribuaient à réduire les

conséquences de certains dangers. L'émission de gaz à effet de serre résultant de l'emploi de combustibles fossiles est en train de modifier notre climat. Les coupes de bois sur pente sont en train d'aggraver les conséquences des glissements de terrain, et le drainage des terres humides a amplifié les effets des inondations.

La croissance et l'urbanisation de la population sont également des facteurs importants de l'augmentation de notre vulnérabilité. La densité accrue des concentrations humaines dans les zones urbaines signifie que, lorsqu'une catastrophe frappe, elle touche un plus grand nombre de personnes. L'expansion tentaculaire des villes a entraîné un aménagement accru des zones à risque élevé, comme les plaines d'inondation. Par ailleurs, la confiance excessive envers les solutions technologiques, comme les ouvrages servant à détourner les eaux de crue, a encouragé des aménagements qui n'auraient peut-être pas eu lieu autrement — ce qui aggrave encore les conséquences éventuelles d'une catastrophe. Parmi les autres facteurs, citons le vieillissement de notre population et de nos infrastructures, ce qui les expose davantage aux dangers.

Les données révèlent qu'un tout petit peu plus de la moitié des catastrophes qui ont frappé le Canada — naturelles ou non — étaient d'origine météorologique, et que ce pourcentage a augmenté de façon spectaculaire au cours des dernières années. Pratiquement toutes les catastrophes naturelles les plus coûteuses que notre pays a connues sont d'origine météorologique.

Comme dans le reste du monde, les inondations sont la principale cause de

Suite à la page 5

LES FACTEURS QUI NOUS RENDENT MOINS VULNÉRABLES :

- l'amélioration des systèmes d'alerte et d'intervention en cas d'urgence;
- une capacité économique supérieure;
- la solidité des compagnies d'assurances et des programmes gouvernementaux d'aide aux sinistrés;
- l'amélioration des politiques gouvernementales;
- des initiatives communautaires;
- les progrès de la science et de la technique;
- d'importants programmes de réduction des risques, comme celui du canal de dérivation de la rivière Rouge.

l'augmentation du nombre de catastrophes naturelles au Canada, en dépit du fait que leurs conséquences sont en grande partie évitables. La fonte des neiges est à l'origine d'environ 40 p. 100 de toutes les inondations au Canada, mais celles-ci peuvent également être causées ou aggravées par de fortes pluies, des embâcles, des débâcles glaciaires, des tempêtes côtières, des tsunamis, des cyclones ou des ouragans.

Bien que certaines recherches semblent indiquer qu'un pourcentage accru des pluies, au Canada, tombent en chutes torrentielles, c'est nous-mêmes qui sommes en grande partie responsables de la tendance à la hausse des inondations catastrophiques. En effet, les inondations qui se produisent dans les zones urbaines ont été considérablement aggravées par la grande étendue de surfaces revêtues (qui réduisent la pénétration de l'eau dans le sol), le vieillissement des réseaux d'égout, qui résistent moins bien aux surcharges, et la construction de routes et de maisons ou d'autres édifices dans les plaines d'inondation.

Les prévisions peuvent jouer un rôle utile dans la réduction des conséquences des inondations, mais une meilleure cartographie des plaines d'inondation, la planification de l'utilisation des terrains et l'utilisation d'ouvrages de protection sont encore plus efficaces. Par exemple, le canal de dérivation de la rivière Rouge, qui a été construit dans les années 1960 pour protéger Winnipeg des inondations, a servi plus de 20 fois depuis — et a économisé un montant estimé à six milliards de dollars lors de la crue de 1997.

D'un point de vue cumulatif, la sécheresse est la catastrophe naturelle la plus coûteuse du Canada. Plus de 40 épisodes graves ont eu lieu au cours des 200 dernières années rien que dans l'Ouest canadien, et d'autres régions du pays en ont également subi un certain nombre.

Quatre des six catastrophes naturelles les plus coûteuses de l'histoire du Canada ont été des sécheresses — et les quatre se sont produites au cours des 25 dernières années.

Les sécheresses peuvent être provoquées par une réduction des débits fluviaux, du niveau des eaux, du ruissellement ou de l'humidité du sol, mais la plupart sont provoquées par des perturbations de la situation météorologique qui entraînent des précipitations inférieures à la normale. Elles peuvent se perpétuer d'elles-mêmes, car les régions frappées par la sécheresse n'ajoutent guère de vapeur d'eau à l'atmosphère locale. Il est impossible de prévoir une sécheresse, mais on peut en réduire les conséquences grâce à des efforts tels que la conservation de l'eau et du sol, la gestion des pâturages et le repérage des feux de forêt.

Le seul tremblement de terre important jamais observé au Canada s'est produit au large de la côte est en 1929, déclenchant un tsunami qui a causé la mort de 28 personnes. Pourtant, les scientifiques prédisent qu'un tremblement de terre dans la région de Vancouver est la plus vraisemblable des grandes catastrophes que peut nous réserver l'avenir. Étant donné que les tremblements de terre se produisent là où les plaques lithosphériques convergent, seules un certain nombre de régions du pays sont menacées : la côte ouest, les vallées du Saint-Laurent et de l'Outaouais, le fond de la mer au large des côtes de Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve, et certaines parties de l'Arctique.

Les tremblements de terre sont également imprévisibles, mais on peut en dresser des cartes de probabilité grâce à des modèles géotechniques et à des bases de données sur l'emplacement et l'ampleur des événements antérieurs. Ces cartes permettent de mettre au point des codes du bâtiment adéquats et d'éviter l'aménagement des zones potentiellement dangereuses.


Les constatations effectuées dans le cadre du Projet canadien d'évaluation des dangers naturels indiquent clairement que la limitation des risques de catastrophes naturelles au Canada exige de nouveaux progrès de la science et de la technologie. Elle nous oblige à créer une culture sensibilisée aux catastrophes et à

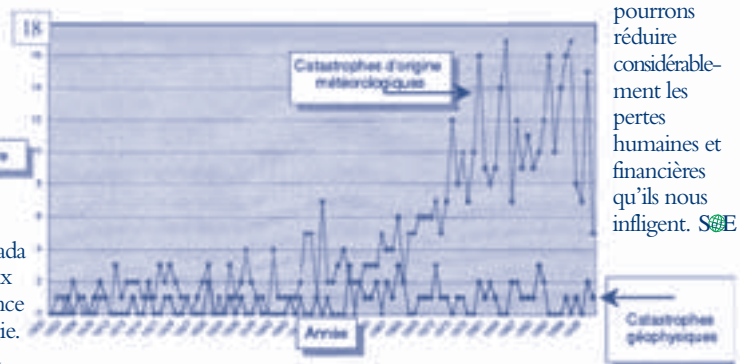
LES FACTEURS QUI NOUS RENDENT PLUS VULNÉRABLES :

- la croissance de la population (+24 p. 100 entre 1980 et 1998);
- l'urbanisation;
- la détérioration de l'environnement;
- l'expansion tentaculaire des villes dans des zones exposées;
- la perte de la mémoire communautaire relative aux événements dangereux, qui est attribuable à l'augmentation de la mobilité;
- le vieillissement de la population (le nombre de Canadiens âgés de plus de 65 ans atteindra 1 sur 5 d'ici 2026, en comparaison de 1 sur 20 en 1921);
- le vieillissement des infrastructures, incapables de supporter les pressions environnementales;
- une dépendance accrue envers les réseaux de transport, de communication et de distribution d'eau et d'énergie;
- une confiance traditionnellement excessive envers les solutions technologiques.

leurs risques, qui les étudie à tous les niveaux décisionnels. Elle nécessite l'application de mesures autres que la construction d'ouvrages de protection, comme la préservation de l'environnement naturel, l'éducation du public et le transfert de populations vers des régions qui ne soient pas à risque.

Ce qui importe surtout, c'est de combler les lacunes béantes dont souffre notre compréhension de la vulnérabilité des différentes régions du Canada en créant un groupe interdisciplinaire de spécialistes des dangers qui s'appuie à la fois sur les sciences physiques et sociales. En étant sensibilisés aux dangers naturels et à la manière dont nos décisions influent sur notre vulnérabilité, nous

pourrons réduire considérablement les pertes humaines et financières qu'ils nous infligent. 



Comparaison des catastrophes d'origine météorologique et des catastrophes géophysiques au Canada entre 1900 et 2000, d'après la base de données du Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la protection civile. Source : Mohammed Dore.

LA PROTECTION DES EAUX CONTRE LES RÉSIDUS MINIERS

L'extraction de minerai laisse derrière elle de grandes quantités de roches stériles, de résidus et d'autres sous-produits du raffinage, qui sont généralement accumulés sur place. À la longue, l'exposition à l'atmosphère oxyde les déchets sulfurés, qui rejettent des acides et des métaux dans l'environnement, mettant ainsi en péril les masses d'eau avoisinantes.

Les scientifiques de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) d'Environnement Canada dirigent des études sur les mécanismes qui président au rejet et au transport de ces contaminants — une information nécessaire à l'élaboration de stratégies efficaces de gestion et de restauration.

Les chercheurs de l'INRE et leurs partenaires procèdent à ces investigations à plusieurs endroits au Canada, dont la mine Sherridon, près de Flin Flon (Manitoba). Fermée depuis 1951, cette mine de cuivre, de zinc, d'or et d'argent a produit au cours de ses 24 années d'existence quelque 7,4 millions de tonnes de résidus fortement sulfurés, qui couvrent une superficie de plus de 50 hectares.

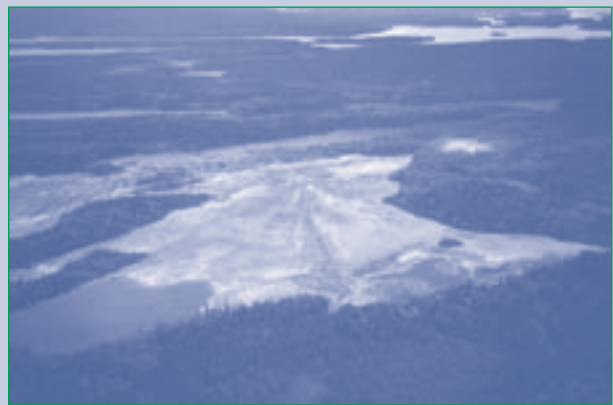
Au cours des étés 2000 et 2001, l'équipe de recherche a procédé à un examen hydrogéologique et géochimique des résidus de Sherridon pour déterminer le degré d'oxydation des sulfures et pour évaluer la capacité neutralisante des résidus. En effet, divers minéraux ont la capacité de neutraliser les acides produits par l'oxydation et, par conséquent, de stabiliser les métaux-traces. Toutefois, en l'absence d'une quantité suffisante de minéraux neutralisants, des eaux acides contenant des concentrations élevées de métaux et de sulfates quitteront l'amas de résidus pour pénétrer dans les eaux de surface — où elles risquent de tuer les poissons et les invertébrés — et dans les formations géologiques sous-jacentes, où leurs effets peuvent mettre plusieurs années à se faire sentir.

Pour découvrir ce qui se passe à l'intérieur de l'amas de résidus, les chercheurs ont prélevé des carottes continues, depuis la surface jusqu'au fond. Ayant atteint une

couche dure formée de résidus concrétionnés, ils ont percé celle-ci au moyen d'une rétrocaveuse pour atteindre la couche sous-jacente non agglomérée. Ils ont extrait deux carottes à chaque emplacement : une pour analyser l'eau contenue dans les pores des résidus et une autre pour analyser les solides. Ils ont également prélevé des échantillons d'eau souterraine à chaque emplacement, en plus de recueillir des échantillons d'eau dans le lac voisin à des intervalles de un mètre.

Les résultats obtenus par l'équipe de recherche prouvent de façon irréfutable que les mines abandonnées peuvent continuer à rejeter des concentrations élevées de métaux et d'autres éléments dans les eaux de surface et les eaux souterraines bien après leur fermeture. Au bout de sept décennies d'oxydation, l'eau interstitielle contenue dans les résidus recèle des concentrations très élevées de métaux dissous, de sulfates et d'acides. Presque tous les minéraux neutralisants sont épuisés, mais la teneur en minéraux sulfurés reste encore supérieure à la moitié de la quantité initiale — ce qui semble indiquer que l'amas continuera à rejeter des métaux et des acides durant des décennies, voire des siècles, à venir.

Les concentrations les plus élevées de métaux dissous ont été découvertes juste au-dessus et à l'intérieur de la couche dure située à environ un mètre sous la surface des résidus. Lorsqu'il pleut, une eau interstitielle dont la composition géochimique ressemble à celle qu'on retrouve au-dessus et à l'intérieur de cette couche s'infiltrer au bordure de l'amas. Les chercheurs soupçonnent donc que la couche dure oblige l'eau à s'écouler latéralement plutôt que vers le bas, en



Bien que la mine Sherridon soit fermée depuis plus d'un demi-siècle, les résidus et les autres déchets continuent de rejeter des concentrations élevées de métaux et d'autres éléments dans les eaux souterraines et les eaux de surface.

transportant avec elle des charges bien plus élevées de contaminants que celles qu'on pourrait s'attendre à trouver si le rejet provenait uniquement de la nappe phréatique, plus profonde.

Le rejet en provenance des résidus s'écoule directement dans le lac voisin, et les échantillons d'eau prélevés dans celui-ci révèlent une augmentation brutale des concentrations de métaux à une profondeur de deux mètres, ce qui indique qu'une eau de densité supérieure, chargée de métaux, s'accumule à cette profondeur et dégrade la qualité du milieu aquatique.

Les résultats de ces études permettront d'améliorer les modèles servant à prédire la durée du processus d'oxydation, la vitesse de transport des métaux et leur rejet à long terme dans les eaux réceptrices. Lorsqu'il nous sera possible de prévoir avec plus de précision dans quelle mesure l'environnement risque d'être altéré et la manière dont cette altération peut-être évitée grâce à de meilleures méthodes d'élimination, nous pourrons nous doter de programmes plus efficaces de gestion des résidus et d'une industrie minière plus durable. **SE**

- Par l'intermédiaire de Ressources naturelles Canada, la communauté fédérale-provinciale-territoriale s'efforce d'élaborer une stratégie de gestion des mines abandonnées.
- Le nouveau *Règlement sur les effluents des mines de métaux*, qui est entré en vigueur en décembre 2002, impose des limites rigoureuses au rejet de métaux et d'autres contaminants par les mines de métaux en exploitation au Canada, qui sont au nombre d'une centaine.

UN RÉGLEMENT QUI ASSAINIT LES EFFLUENTS DES FABRIQUES

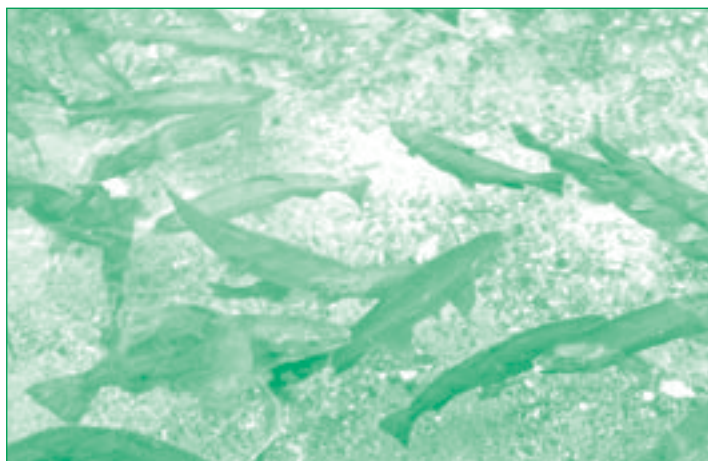
La séparation des fibres de bois et des matières non fibreuses ainsi que la transformation de la pâte en papier font appel à toute une gamme de produits chimiques allant des acides et des alcalis aux agents de blanchiment en passant par les teintures, les colles et les solvants. Les déchets liquides produits par ces opérations contiennent un mélange de substances toxiques et de matières organiques qui peuvent nuire aux écosystèmes aquatiques s'ils sont rejetés directement dans nos lacs, nos rivières et nos océans.

Selon une évaluation scientifique effectuée par l'Institut national de recherche sur les eaux d'Environnement Canada, l'adjonction d'une installation de traitement secondaire des eaux usées aux fabriques de pâtes et papiers de tout le Canada est en train de réduire considérablement la toxicité de leurs effluents, bien qu'on constate encore certains effets sur les poissons et leur habitat. Cette évaluation est la première à décrire les effets des effluents sur le milieu récepteur à partir d'une masse considérable de données recueillies aux quatre coins du Canada dans le cadre du programme de Surveillance des effets sur l'environnement (SEE).

L'obligation de procéder à un traitement secondaire, de même que le programme de SEE, ont tous deux été adoptés en vertu du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* de la *Loi sur les pêches* de 1992. Le programme de SEE exige des fabriques réglementées qu'elles procèdent, conformément à des protocoles élaborés par Environnement Canada, à des études régulières permettant de surveiller et d'évaluer les effets de leurs effluents sur les poissons, sur l'habitat de ces derniers et sur l'utilisation des ressources halieutiques. Tous les trois ou quatre ans, un cycle prend fin, et les fabriques doivent présenter leurs résultats au Ministère pour que celui-ci les soumette à une analyse scientifique. Les résultats de cette analyse servent à déterminer si le règlement

assure une protection suffisante de l'environnement.

Depuis que le règlement est entré en vigueur, les rejets de paramètres réglementés ne représentent plus qu'une fraction des niveaux atteints



Même si la qualité des effluents des fabriques de pâtes et papiers s'améliore, on observe encore certains effets sur la reproduction et la croissance des poissons.

avant leur réduction et sont actuellement bien inférieurs aux limites. Les dépôts de dioxines et de furannes — qui font l'objet de règlements complémentaires dans le cadre de la *Loi canadienne sur la protection de l'Environnement* — ont diminué de plus de 99 p. 100, la demande biochimique d'oxygène de 94 p. 100, et le total des matières en suspension de 70 p. 100. Néanmoins, les données fournies par la plupart des fabriques révèlent un effet persistant sur la reproduction des poissons ainsi que des signes d'enrichissement léger à modéré en matières nutritives. Un tel enrichissement résulte de la fertilisation excessive d'une masse d'eau par l'addition de phosphore et d'azote.

Le programme de SEE utilise toute une batterie de tests pour déterminer les effets des effluents sur le milieu récepteur. Il fait notamment appel à des tests de toxicité sublétales, qui mesurent les effets de diverses concentrations d'effluent sur certaines

fonctions des organismes, telles que la croissance et la reproduction. Dans les rapports du Cycle 1 (1996), ce type de test révélait que l'effluent des fabriques dépourvues d'installation de traitement secondaire présentait un niveau bien plus élevé de toxicité que celui des fabriques équipées d'une telle installation. Les tests du Cycle 2 (2000) ont confirmé cette tendance en démontrant que, après la mise en place d'installations de traitement secondaire par la plupart des fabriques, la toxicité des effluents de pâtes et

papiers avait connu une diminution considérable.

Les études sur l'abondance et la diversité des invertébrés vivant sur les fonds, comme les vers et les insectes aquatiques, servent également d'indicateurs de la qualité de l'habitat aquatique, car ils représentent l'état de la nourriture dont disposent les poissons. Tant au cours du Cycle 1 que du Cycle 2, la majorité des fabriques ont signalé des différences considérables de structure de la population d'invertébrés entre les zones d'exposition et les zones témoins, ce qui indique que l'habitat avait subi une détérioration à

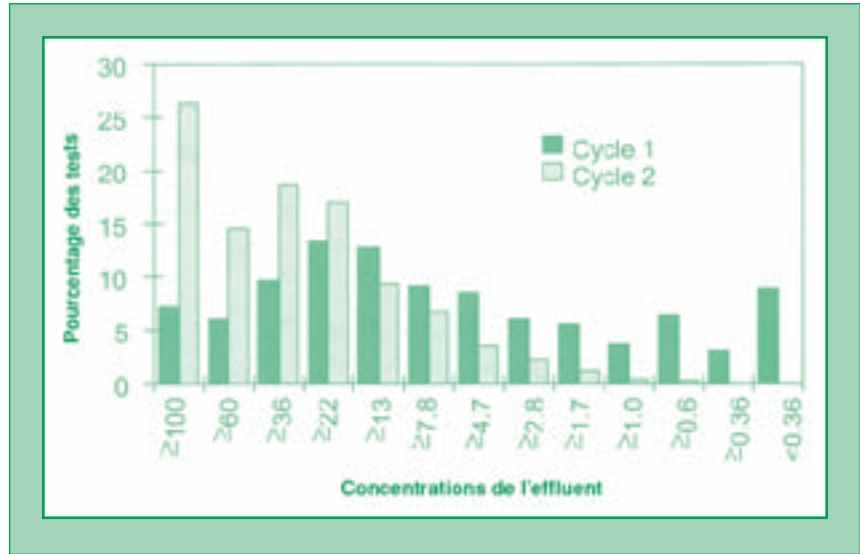
Suite à la page 8

la plupart des endroits recevant des effluents.

Dans leurs rapports du Cycle 2, la majorité des fabriques ont signalé que l'ampleur de ces différences avait diminué. Toutefois, les données démontrent que, dans tout le Canada, on observe encore fréquemment une augmentation du nombre (et, dans certains cas, de la diversité) des invertébrés à l'emplacement des fabriques. Ces effets sont un signe bien connu d'enrichissement léger à modéré en substances nutritives.

Des enquêtes sur la population ichtyologique permettent de surveiller les poissons dans les eaux réceptrices où les fabriques rejettent leurs effluents et de les comparer aux poissons d'une zone témoin qui n'est pas exposée à ces effluents. Au cours des deux cycles, ce type de comparaison a révélé des différences statistiquement significatives dans l'une au moins des trois mesures fondamentales à la majorité des emplacements, et environ la moitié des fabriques ont signalé des différences dans les trois mesures.

La tendance nationale dominante consistait en une diminution considérable du poids des gonades ainsi qu'une augmentation du poids du foie, de l'adiposité des poissons, et du « poids selon l'âge ». Le premier de ces effets se rattache directement à la reproduction et les trois autres à la croissance. L'apparition de poissons plus gros et plus gras, qui concorde avec les effets d'un enrichissement léger à modéré en substances nutritives sur la population d'invertébrés, est l'indice d'une augmentation de la quantité de nourriture dont disposent les poissons. Quant à la réduction de la taille des gonades, on croit qu'elle est l'indice d'une forme de perturbation métabolique, c'est-à-dire une perturbation du mécanisme utilisé par le corps pour synthétiser et décomposer les substances complexes. Une telle perturbation peut provoquer des déséquilibres graves de la maturation, du comportement sexuel et de la croissance d'un organisme. Bien que les mécanismes de ce type de réactions et leur importance écologique demeurent obscurs, ces effets observés à l'échelle nationale sont peut-être liés à une certaine forme de perturbation du




Résultats des tests de toxicité sublétales effectués sur des puces de mer pendant les Cycles 1 et 2 de la SEE, au cours desquels ces puces ont été exposées à des concentrations d'effluents provenant de fabriques de pâtes et papiers de tout le Canada. Les barres verticales indiquent le pourcentage des tests de chaque cycle où les puces ont subi une réduction de fonction de 25 p. 100 lorsque la concentration atteignait le seuil indiqué. Un pourcentage considérable des tests effectués au cours du Cycle 1 ont permis de constater cet effet lorsque les concentrations d'effluent étaient inférieures à 0,36 p. 100; toutefois, au cours du Cycle 2, environ 26 p. 100 des tests n'ont pas permis de constater cet effet avant que les concentrations atteignent ou dépassent 100 p. 100 de l'effluent.

fonctionnement endocrinien, qui est essentiel à la croissance et au développement reproducteur.

On évalue les effets des effluents des fabriques de pâtes et papiers sur les ressources halieutiques grâce à des tests d'altération, qui permettent de déterminer si le goût du poisson est altéré, et à l'analyse des niveaux de dioxines et de furannes dans les tissus comestibles des poissons, qui sert à déterminer si ces niveaux dépassent les recommandations de Santé Canada en matière de consommation. Les dioxines et les furannes ne sont analysés que dans les fabriques qui emploient des agents chimiques de blanchiment.

On soupçonne les effluents des deux fabriques qui ont effectué des tests d'altération au cours du Cycle 2 de nuire aux poissons. Quant aux niveaux de dioxines et de furannes, étant donné qu'ils étaient très bas à l'emplacement de la plupart des 40 et quelques fabriques qui avaient produit un rapport sur ces substances à la fin du Cycle 1, 10 fabriques seulement ont dû procéder à cette analyse au cours du Cycle 2. Six d'entre elles ont constaté dans les tissus des poissons la présence de dioxines et de furannes à des niveaux dépassant les recommandations. On croit toutefois que c'est la

contamination passée des sédiments qui est à l'origine de ces polluants, et non l'effluent actuel.

D'autres recherches, de même que la poursuite des études de SEE, seront nécessaires pour comprendre ces phénomènes et confirmer le type, l'étendue dans l'espace et l'importance écologique des effets ainsi observés. Environnement Canada continuera à collaborer avec l'industrie et les autres parties intéressées en vue de mieux comprendre l'importance de ces effets. Les rapports du Cycle 3 doivent être présentés au mois d'avril 2004. 

Bulletin S et E

Ce bulletin présente tous les deux mois de l'information sur les travaux de pointe d'Environnement Canada, en sciences et en technologie.

Pour obtenir plus de renseignements sur un sujet mentionné dans le présent bulletin ou dans des numéros antérieurs, veuillez consulter le site Web de S et E à l'adresse [\[www.ec.gc.ca/science\]](http://www.ec.gc.ca/science). Bon nombre des publications ministérielles mentionnées dans le Bulletin figurent sur la Voie verte d'Environnement Canada à [\[www.ec.gc.ca\]](http://www.ec.gc.ca) ou peuvent être commandées auprès de l'Informatique au 1-800-668-6767.

Il est possible d'obtenir les coordonnées de scientifiques en communiquant avec Amanda Cahoon, éditeur du Bulletin, par courrier électronique à Amanda.Cahoon@ec.gc.ca ou par téléphone au (819) 953-6846. Les commentaires ou suggestions sont accueillis favorablement.

N'hésitez pas à reproduire de l'information provenant de la présente publication en indiquant sa source : le Bulletin S et E d'Environnement Canada.

ISSN 1480-3801 ©Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Environnement Canada) 2003