



# La mosaïque nord-américaine

Aperçu des principaux enjeux environnementaux

Juin 2008



cec.org

Le présent rapport porte sur l'état de l'environnement des territoires relevant de la responsabilité des Parties à l'Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement, et il brosse un tableau sommaire des principaux enjeux environnementaux. Le rapport fournit une évaluation objective des tendances et des conditions environnementales en vue d'éclairer les discussions du Conseil au sujet de la planification stratégique et des futures activités concertées.

Le document a été préparé par le Secrétariat de la CCE. Le Groupe consultatif sur l'état de l'environnement, composé de spécialistes des rapports sur l'environnement de chacune des Parties, a participé à sa conception et à sa finalisation. Les opinions exprimées dans le rapport ne reflètent pas nécessairement les vues des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis d'Amérique.

Dans l'ensemble, le rapport n'inclut pas les diverses mesures proposées relativement aux enjeux environnementaux décrits, ni une évaluation de l'efficacité de ces mesures, qui va au-delà de la portée du rapport.

On trouvera de plus amples renseignements, y compris des références détaillées concernant les constatations faites dans le rapport, sur le site Web de la CCE : <http://www.cec.org/soe/index.cfm?varlan=francais>

#### **Renseignements sur la publication**

Type de publication : rapport de projet

Date de parution : juin 2008

Langue d'origine : anglais

#### **Procédures d'examen et d'assurance de la qualité :**

Examen par les Parties : de février à avril 2008; d'avril à mai 2008

Pour de plus amples renseignements, prière de consulter la section « Remerciements ».

Publié par la section des communications du Secrétariat de la CCE.

© Commission de coopération environnementale, 2008

ISBN 2-923358-52-X

(Édition anglaise : 2-923358-50-3 ; édition espagnole : 2-923358-51-1.)

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives nationale du Québec, 2008

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives Canada, 2008

Pour de plus amples renseignements :

#### **Commission de coopération environnementale**

393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200

Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9

T 514 350-4300 F 514 350-4314

[info@cec.org](mailto:info@cec.org) [www.cec.org](http://www.cec.org)

# La mosaïque nord-américaine

Aperçu des principaux enjeux environnementaux



Juin 2008

## Remerciements

### Gestion du projet

**Cody Rice**, CCE, gestionnaire de programme

**Jessica Levine**, consultante, coordination du projet

**Marilou Nichols**, CCE, soutien administratif

### Auteurs collaborateurs

**Tundi Agardy**, consultant, *Océans et côtes*

**Inés Arroyo-Quiroz**, consultante, *Utilisation des terres;*

*Espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation*

**Jane Barton**, consultante, *Dépôts acides; Ozone troposphérique; matières particulaires;*

*Substances persistantes, biocumulatives et toxiques; Ozone stratosphérique*

**Ramón Pérez Gil**, consultant, *Utilisation des terres; Espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation*

**Erica Phipps**, consultante, *Pollution et déchets industriels*

**Jamie Reaser**, consultant, *Espèces envahissantes*

**Elizabeth Shoch**, consultante, *Espèces envahissantes*

**Kent Thornton**, consultant, *Ressources hydriques partagées; Qualité de l'eau;*

*Quantité d'eau et utilisation de l'eau*

### Révision

**Sabra Ledent**, consultante, réviseure-conseil

**Johanne David**, CCE, version française

**Jacqueline Fortson**, CCE, version espagnole

**Douglas Kirk**, CCE, version anglaise

### Examen par le Secrétariat

**Evan Lloyd**, CCE, directeur des programmes

**Orlando Cabrera-Rivera**, CCE, gestionnaire de programme

**Hans Herrmann**, CCE, gestionnaire de programme

**Luke Trip**, CCE, gestionnaire de programme

### Coordination de l'examen par les Parties

**Wayne Bond**, Environnement Canada

**Paula Brand**, Environnement Canada

**Terence McRae**, Environnement Canada

**Heather Case**, US Environmental Protection Agency

**John Dombrowski**, US Environmental Protection Agency

**Guy Tomassoni**, US Environmental Protection Agency

**Arturo Flores Martínez**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México

**César E. Rodríguez Ortega**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México



# Table des matières

Avant-propos	5
<b>Air et atmosphère</b>	
Changements climatiques	7
Ozone troposphérique	11
Matières particulaires	15
Ozone stratosphérique	19
<b>Biodiversité et écosystèmes</b>	
Utilisation des terres	23
Océans et côtes	27
Espèces envahissantes	31
Espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation	35
<b>Polluants</b>	
Dépôts acides	39
Pollution et déchets industriels	43
Substances persistantes, biocumulatives et toxiques	47
<b>Eau</b>	
Qualité de l'eau	51
Quantité d'eau et utilisation de l'eau	55
Ressources hydriques partagées	59



# Avant-propos

En vertu de l'Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement, le Secrétariat de la Commission de coopération environnementale doit « traiter périodiquement de l'état de l'environnement sur les territoires des Parties ». Pour s'acquitter de cette obligation, le Secrétariat a produit le présent rapport—*La mosaïque nord-américaine : Aperçu des principaux enjeux environnementaux*—en collaboration avec des spécialistes des rapports sur l'environnement des gouvernements du Canada, du Mexique et des États-Unis.

Le rapport fait état d'une diversité de tendances et de conditions environnementales observées partout en Amérique du Nord. La portée et la diversité des enjeux sont stupéfiantes : des minuscules moules zébrées envahissantes aux gaz à effet de serre mesurés en téragrammes; des rares marsouins aux vastes forêts boréales et écosystèmes marins; ou encore des molécules invisibles de substances chimiques toxiques au smog et à la brume sèche on ne peut plus visibles qui flottent dans l'air de nos villes à l'occasion.

Cela étant, comme l'indique le titre du rapport, nous fournissons un aperçu et non une description détaillée de chaque enjeu environnemental; d'autres documents brossent un tableau beaucoup plus complet de ces enjeux. Les indicateurs environnementaux inclus dans le rapport sont par ailleurs loin d'être exhaustifs; de nombreuses mesures ne sont pas disponibles à l'échelle nationale, ce qui complique d'autant les comparaisons à l'échelle du continent. Le tableau que nous brossons de l'environnement

en Amérique du Nord n'en est pas moins utile. Le rapport, qui constitue une mosaïque de l'information disponible, nous amène à réfléchir aux questions suivantes :

- Quels sont les plus grands défis environnementaux en Amérique du Nord?
- Quelles sont les activités concertées auxquelles les trois pays devraient accorder la priorité pour relever ces défis environnementaux?
- Comment pouvons-nous évaluer nos progrès et créer des mécanismes de rétroaction efficaces?
- Comment la Commission de coopération environnementale peut-elle améliorer l'utilité de la coopération trinationale?

Au cours de la prochaine année, nous nous appuyerons sur le contenu du présent rapport et sur d'autres données importantes pour évaluer, avec le public, des spécialistes et les Parties, les progrès réalisés à ce jour et les possibilités de coopération future. Le contenu du rapport constituera la base de nos discussions.

Dans certains cas, les nouvelles sont encourageantes. Comme nous le décrivons dans le présent document et dans notre rapport annuel *À l'heure des comptes*, on a observé une diminution des rejets d'un grand nombre des principaux contaminants atmosphériques et produits chimiques toxiques. Par contre, certains problèmes subsistent en Amérique du Nord. Par exemple, les émissions de gaz à effet de serre, qui contribuent aux changements

climatiques, continuent d'augmenter par rapport aux niveaux de 1990, tant sur le continent qu'ailleurs dans le monde, une situation attribuable à la croissance démographique et à l'augmentation de la demande d'énergie. Aussi, l'effet cumulatif des activités anthropiques continue de se faire sentir de façon marquée sur la biodiversité et les services écosystémiques.

Les défis peuvent sembler importants, mais grâce à des mesures novatrices et à une coopération internationale efficace, nous pourrions les relever. Prenons l'exemple de la réduction des émissions de substances chimiques responsables de l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique. En 15 ans à peine, on a réduit de près de 97 % la production et l'utilisation de ces substances nocives en Amérique du Nord, dans le cadre d'un accord international global visant l'adoption de produits de remplacement. On prévoit maintenant que la couche d'ozone se sera reconstituée d'ici le milieu du siècle grâce aux efforts de coopération internationale prévus par le Protocole de Montréal, conclu en 1987, et aux modifications qui y ont été apportées.

Alors que nous entreprenons l'élaboration du plan stratégique de la Commission pour la période 2010–2015, nous devons nous attacher à cerner les questions environnementales où la coopération facilitée par la Commission peut produire des résultats concrets et probants. Cette coopération apportera des avantages à la population des trois pays et témoignera du rôle de premier plan mondial que joue l'Amérique du Nord en matière d'environnement. Il s'agit là d'efforts conjoints qui porteront leurs fruits.

**Felipe Adrián Vázquez-Gálvez**

*Directeur exécutif*

Secrétariat de la Commission  
de coopération environnementale



# Changements climatiques

## Messages clés

- Au cours des dernières décennies, le climat de la planète a été perturbé par l'augmentation de la température de la surface de la Terre. Ce réchauffement planétaire est fort probablement attribuable à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre (GES) découlant des activités humaines.
- En Amérique du Nord, le secteur énergétique, y compris la production d'électricité, les transports et l'utilisation de combustibles industriels, constitue la plus importante source de GES. Les puits de carbone forestiers et agricoles, entre autres, compensent une certaine partie des émissions de ces gaz.
- L'Amérique du Nord est responsable du quart, environ, des émissions mondiales de GES.
- Depuis 1990, les émissions de GES en Amérique du Nord ont augmenté de près de 18 %, un taux à peu près similaire à l'augmentation de la consommation énergétique.

Les *changements climatiques* s'entendent de l'évolution de l'état du climat qui peut s'observer par les changements de la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés et qui persistent pendant une longue période, généralement des décennies ou encore plus longtemps. Les changements climatiques peuvent résulter de processus naturels ou de l'influence de forces externes, ou encore de la modification anthropique persistante de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres.

## Enjeu environnemental à l'étude

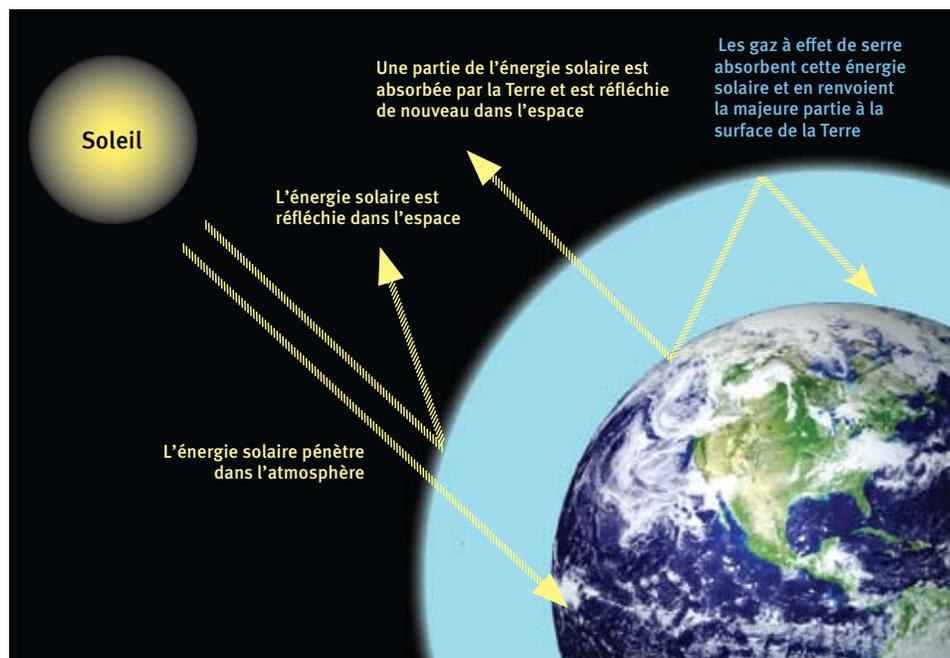
Les changements climatiques correspondent à toute modification des propriétés du climat qu'on peut mesurer statistiquement (comme la température moyenne, les précipitations ou le vent), qui est attribuable à des processus naturels, à des forces externes ou aux activités humaines et a des impacts pendant des dizaines d'années, voire plus longtemps. Le climat mondial a connu d'importants changements à diverses périodes de l'histoire de la planète. Or, depuis quelques décennies, il est perturbé comme jamais auparavant : on enregistre une augmentation extrêmement rapide de la température moyenne de l'air

qui circule près de la surface de la Terre, ainsi que des océans. Si on ne modifie pas les politiques et les pratiques actuelles, cette tendance au réchauffement et les divers effets qu'il a sur le climat devraient se poursuivre.

## Effet de serre

L'énergie solaire, qui prend principalement la forme d'une lumière visible, détermine le climat mondial et est le fondement de la vie sur Terre. Environ 30 % de l'énergie solaire dirigée vers la Terre est retournée dans l'espace par l'exosphère; le reste atteint la surface de la planète où il est réfléchi sous forme de rayons infrarouges. Le retour de ces rayons dans l'espace est ralenti par

## L'effet de serre



les gaz à effet de serre comme les vapeurs d'eau, le dioxyde de carbone, l'ozone et le méthane. Ces gaz constituent environ 1 % seulement de l'atmosphère, mais, comme la toiture en verre d'une serre, ils emprisonnent la chaleur, maintenant ainsi la température de la planète plus élevée que ce qu'elle serait autrement. Sans l'effet de serre naturel, la température moyenne à la surface de la Terre serait sous le point de congélation de l'eau. L'effet de serre naturel est donc essentiel à la vie sur Terre.

Cependant, les activités humaines sont fort probablement une cause de l'accentuation de l'effet de serre naturel. Les émissions de dioxyde de carbone provenant de la combustion de combustibles fossiles, le méthane et les oxydes nitreux produits par le secteur agricole et la modification de l'utilisation des terres, ainsi que des rejets de gaz industriels à vie longue qu'on ne trouve pas à l'état naturel viennent augmenter les niveaux naturels de gaz à effet de serre. Par conséquent, les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté depuis l'ère préindustrielle – seulement entre 1970 et 2004, on a enregistré une augmentation de 70 %.

Ces émissions ont entraîné une forte augmentation des concentrations de gaz à effet de serre, à tel point qu'elles dépassent aujourd'hui largement les valeurs de l'ère préindustrielle. La concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère a atteint un sommet record depuis 500 000 ans, et l'augmentation s'est produite à un rythme exceptionnellement rapide.

### Changements climatiques mondiaux

L'augmentation de la température moyenne de l'air et de l'eau des océans (particulièrement à

des altitudes élevées), la fonte généralisée de la neige et de la glace, de même que l'élévation du niveau des mers partout dans le monde témoignent clairement de l'impact de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre sur le climat mondial. Depuis 1850, onze des douze années les plus chaudes jamais enregistrées correspondent à la période 1995–2006. Depuis 30 ans, la banquise de l'Arctique a perdu en moyenne chaque année l'équivalent de la superficie du Texas et de l'Arizona réunis, et la tendance s'accélère.

La majorité des augmentations des moyennes de températures enregistrées dans le monde au cours des 50 dernières années est fort probablement attribuable à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre anthropiques observée. En effet, l'impact des activités humaines sur le climat est beaucoup plus important que celui des changements connus qui surviennent dans les processus naturels comme les variations solaires et les éruptions volcaniques. Aujourd'hui, les températures mondiales sont les plus élevées qu'elles l'ont été depuis au moins cinq siècles, probablement même depuis plus d'un millénaire. Si le réchauffement se poursuit à ce rythme, les changements climatiques qui en résulteront au cours du XXI<sup>e</sup> siècle seront extrêmement inhabituels sur le plan géologique.

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

En Amérique du Nord, on constate déjà de graves impacts économiques au niveau local et d'importantes perturbations écosystémiques,

sociales et culturelles associées à des phénomènes météorologiques extrêmes : ouragans, autres tempêtes violentes, inondations, sécheresses, vagues de chaleur et feux de forêt plus dévastateurs et plus fréquents. Tous ces phénomènes extrêmes ne sont évidemment pas attribuables aux changements climatiques, mais ces derniers exacerbent les risques qui y sont associés en modifiant leur fréquence, leur intensité et leur durée, de même que celles des catastrophes naturelles qui en résultent. Les coûts associés aux phénomènes météorologiques violents prennent une ampleur considérable, notamment en raison de l'augmentation de la valeur des infrastructures à risque. En Amérique du Nord, le coût des dommages à la propriété et des pertes de productivité s'élève à des dizaines de milliards de dollars, sans compter les perturbations de la vie quotidienne et les pertes de vies. Ces tendances des changements climatiques se poursuivront si nous ne diminuons pas considérablement les émissions de gaz à effet de serre et les concentrations de ces gaz dans l'atmosphère, qui sont à l'origine du réchauffement de la planète.

### Émissions de gaz à effet de serre en Amérique du Nord

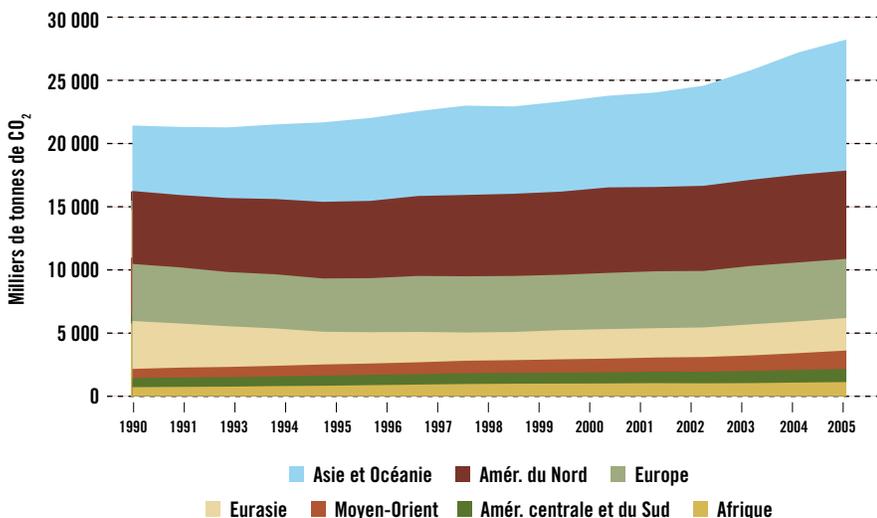
L'Amérique du Nord, où vit environ 7 % de la population mondiale, est responsable de 25 % des émissions totales de dioxyde de carbone, le plus important gaz à effet de serre (voir le graphique). L'Amérique du Nord émet deux fois plus de ce gaz par habitant que l'Europe, plus de cinq fois plus que l'Asie et plus de 13 fois plus que l'Afrique. Les émissions par habitant sont beaucoup plus élevées au Canada et aux États-Unis qu'au Mexique. Ces taux élevés s'expliquent par un niveau d'activité économique plus élevé par habitant, qui contribue aux émissions de gaz à effet de serre, surtout en rapport avec la consommation d'énergie.

### Sources des émissions

Depuis 1990, les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté de près de 18 % en Amérique du Nord (voir le graphique) – ce qui correspond plus ou moins à l'augmentation de la consommation énergétique, mais est largement inférieur aux taux d'augmentation du produit intérieur brut. Sans les importants progrès réalisés au cours de cette période en matière d'efficacité énergétique et de productivité, ce taux aurait été encore plus élevé.

Le dioxyde de carbone constitue plus de 80 % du total des émissions de gaz à effet de serre en Amérique du Nord, un taux qui s'apparente à celui enregistré à l'échelle planétaire. Les activités énergétiques, y compris la production d'électri-

Émissions de dioxyde de carbone dans le monde, 1990-2005



Source : US Energy Information Administration.

cité, les transports et l'utilisation de combustibles par les industries et les transports, sont les plus importantes sources d'émissions de ce gaz et des émissions globales de gaz à effet de serre.

L'utilisation de combustibles fossiles pour produire de l'énergie (surtout de l'électricité) est la plus importante source d'émissions de dioxyde de carbone en Amérique du Nord. Plus de la moitié de l'électricité produite sur le continent est consommée dans des immeubles; cette utilisation constitue un des plus importants facteurs d'émissions en Amérique du Nord. En 2003, les émissions de dioxyde de carbone provenant d'immeubles aux États-Unis dépassaient les émissions totales de cette substance produites par chaque pays du monde, à l'exception de la Chine.

Le secteur des transports se classe au deuxième rang des émetteurs de dioxyde de carbone en Amérique du Nord. Au cours des 40 dernières années, ce secteur a connu une croissance stable et on a également observé une augmentation des émissions de dioxyde de carbone qui y sont associées. C'est au Mexique que la croissance est la plus rapide, ce pays étant le plus dépendant du transport routier.

Le reste des émissions de gaz à effet de serre (20 %) est surtout attribuable aux rejets de méthane par les systèmes de gaz naturel, les sites d'enfouissement et le secteur de l'agriculture; aux émissions d'oxyde nitreux associées à la fertilisation par des engrais azotés et la combustion de combustibles; et à certains gaz industriels fluorés.

Les gaz industriels fluorés – hydrofluorocarbones (HFC), perfluorocarbones (PFC) et hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) – sont de puissants gaz à effet de serre qui ont une très longue durée de vie dans l'atmosphère. Bien qu'elles ne comptent que pour environ 2 % du total des émissions de gaz à effet de serre en Amérique du Nord, les émissions de ces gaz ont connu une forte augmentation (72 %) entre 1990 et 2005. On a enregistré une diminution de certains rejets industriels, mais ce résultat a été plus que compensé par le remplacement des chlorofluorocarbones et d'autres substances appauvrissant la couche d'ozone par les HFC et les PFC, plus particulièrement l'utilisation du HFC-134a comme substitut du CFC dans les systèmes de réfrigération et de conditionnement de l'air.

#### Captage du carbone

Les activités d'aménagement des sols peuvent favoriser l'élimination d'une partie des gaz à effet de serre émis par des sources industrielles. Les forêts et autres zones de végétation constituent des puits naturels qui séquestrent le carbone,

mais leur impact net varie d'une région à l'autre de l'Amérique du Nord. En 2005, les activités d'utilisation des terres, la conversion des terres et la foresterie ont permis de capter plus de 11 % des gaz à effet de serre émis aux États-Unis. La séquestration nette du carbone – surtout attribuable à un taux plus élevé d'accumulation nette de carbone dans les forêts en croissance – dépassait de 16 % le taux de 1990. Au Canada, les activités d'aménagement des terres ont un impact très variable : plus de 20 % de l'accumulation nette de carbone en 1990, mais seulement 2 % en 2005. Cette variation est attribuable à l'impact important, mais variable des émissions provenant des feux de forêt. Au Mexique, les activités d'aménagement des terres ont entraîné une *augmentation* du total des émissions de gaz à effet de serre en raison du déboisement et du défrichage. En 2002, l'utilisation des terres et la foresterie comptaient pour 14 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre du Mexique.

#### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

Avec la poursuite des changements climatiques, on s'attend à ce que l'Amérique du Nord soit aux prises avec d'autres problèmes, dont certains sont exposés dans le quatrième *Rapport d'évaluation* du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat.

#### Santé humaine

À la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, les changements climatiques, caractérisés par une augmentation des températures et des conditions météorologiques exceptionnelles – vagues de chaleur plus intenses et plus longues – auront un effet marqué sur la santé humaine, plus particulièrement chez les personnes âgées. Le réchauffement des températures et les extrêmes climatiques, y compris une exposition accrue au pollen et à l'ozone, sont susceptibles d'accroître l'incidence des maladies respiratoires. Les périodes de conditions météorologiques exceptionnelles et d'importantes précipitations pourraient également entraîner une augmentation des maladies hydriques et une dégradation de la qualité de l'eau. Les changements climatiques sont en outre susceptibles d'accélérer la propagation de maladies infectieuses à transmission vectorielle, comme la maladie de Lyme et le virus du Nil occidental. Au Mexique, l'Instituto Nacional de Ecología a établi un lien direct entre l'augmentation des températures et l'incidence accrue de la dengue depuis 1995.

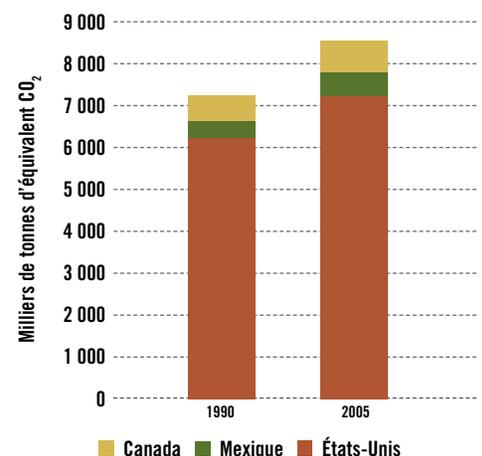
#### Quantité d'eau et qualité de l'eau

Les prévisions des scientifiques à propos des modèles de précipitations sont plus incertaines que celles portant sur les températures. Les scientifiques prévoient toutefois que le réchauffement du climat des régions montagneuses de l'ouest réduira les accumulations annuelles de neige, entraînera une plus grande évaporation, donnera lieu à un plus grand nombre d'inondations hivernales et à une diminution des débits estivaux, ce qui exacerbera la concurrence entre le secteur agricole, les municipalités, les industries et le secteur écologique pour l'utilisation de l'eau dans les régions occidentales. Dans les Grands Lacs et les grands réseaux hydrographiques, les faibles niveaux d'eau pourraient nuire à la qualité de l'eau et créer des problèmes d'adaptation pour la navigation, les loisirs, la production d'hydroélectricité, les transferts d'eau et les relations binationales. Des études prévoient une augmentation généralisée des précipitations exceptionnelles, ce qui augmentera les risques d'inondations, mais aussi de sécheresses. Des études effectuées au Mexique montrent que, dans près de 97 % du pays, le risque de désertification est de modéré à élevé et que les quantités de précipitations sont susceptibles de diminuer, et ce, en raison des changements climatiques.

#### Océans, côtes et pêches

Les collectivités et les habitats côtiers sont particulièrement sensibles aux changements climatiques. Le niveau des océans augmente sur la quasi-totalité des côtes, et cette tendance s'accroîtra au cours des prochaines années, ce qui

Émissions de gaz à effet de serre en Amérique du Nord, 1990-2005



Émissions de gaz à effet de serre en Amérique du Nord, excluant l'aménagement des terres, 1990 et 2005 (pour le Mexique, les données les plus récentes sont celles de 2002). Source : Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

aggraver les effets des inondations évolutives, des inondations associées aux ondes de tempêtes et de l'érosion des berges. Les tempêtes seront probablement plus destructrices, surtout le long des côtes du golfe et de l'Atlantique. Les espèces sauvages, les habitats côtiers et les espèces qui en dépendent sont quant à eux menacés par l'augmentation du niveau de la mer, la modification de la végétation et le milieu bâti qui bloque les voies de migration vers le continent.

### Changements climatique et perturbation de l'habitat

Les changements climatiques sont un des facteurs à l'origine de l'augmentation du nombre de perturbations liées au climat en Amérique du Nord, plus particulièrement les feux de forêt et les épidémies d'insectes, qui s'intensifieront fort probablement avec l'assèchement des sols et l'allongement des saisons de croissance. Si les récentes tendances climatiques peuvent favoriser une plus forte croissance de la végétation, une plus grande incidence de perturbations limitera probablement la capacité de stockage du carbone, favorisera la prolifération d'espèces envahissantes et perturbera les services écosystémiques. Avec le réchauffement de la température en été, les risques de feux de forêts devraient également être plus élevés (voir l'étude de cas).

Avec le temps, les pressions climatiques pousseront les espèces vers des habitats appropriés, au nord et à des altitudes plus élevées, ce qui entraînera une modification des écosystèmes de l'Amérique du Nord. La structure, la fonction et les services des écosystèmes évolueront également en fonction de la capacité des diverses espèces à changer de territoire et des contraintes imposées par le développement, la fragmentation des habitats et les espèces envahissantes, entre autres. Cette modification de l'écosystème sera exacerbée par la forte perturbation qui favorisera le rétablissement de colonies végétales dans de vastes territoires. Au Mexique, la moitié de la couverture végétale pourrait être altérée – la végétation pourrait disparaître dans certaines zones et subir des transformations dans d'autres. Dans le centre et le sud du Mexique, on prévoit que les changements climatiques et les modèles d'utilisation des terres défavoriseront les forêts tropicales au profit des savanes, et que la végétation des régions arides remplacera la végétation caractéristique des régions semi-arides dans la quasi-totalité de la région. La modification de la répartition de l'habitat devrait avoir un impact sur les espèces qui vivent dans ces écosystèmes. Dans les régions tropicales du Mexique, certaines espèces pourraient carrément disparaître. 🐞

## Étude de cas – Augmentation du nombre des perturbations écosystémiques

Le climat influe indirectement sur les forêts de l'Amérique du Nord, qui subissent les effets de perturbations naturelles comme les feux de forêts, les infestations d'insectes et les maladies.

### Feux de forêt

Au Canada et aux États-Unis, la superficie du territoire détruit par les feux de forêt a considérablement augmenté au cours des trois dernières décennies. Il existe un lien étroit entre l'intensité des feux et la présence de biomasse sèche ou morte, qui alimente ces feux. Le réchauffement climatique résulte en un allongement de la saison estivale et donc à l'assèchement des matières combustibles, favorisant ainsi l'allumage de feux et l'accélération de leur propagation. Aux États-Unis, depuis 1980, les feux de forêt ont détruit en moyenne 22 000 kilomètres carrés (km<sup>2</sup>) par année, soit près du double de la superficie détruite au cours de la période 1920–1980, où on a enregistré une moyenne annuelle de 13 000 km<sup>2</sup>. Dans l'ouest des États-Unis, de 1987 à 2003, la superficie de terres boisées détruites par le feu était 6,7 fois plus grande qu'au cours de la période 1970-1986. Au Canada, depuis 1990, la superficie détruite par le feu a dépassé 60 000 km<sup>2</sup> par année à trois reprises; c'est deux fois plus que la moyenne à long terme. La superficie détruite chaque année par les feux de friches dans la région boréale de l'Amérique du Nord a augmenté, passant de 6 500 km<sup>2</sup> dans les années 1960 à 29 700 km<sup>2</sup> dans les années 1990. La vulnérabilité des populations humaines aux feux de friches a aussi augmenté avec l'accroissement démographique et les développements domiciliaires dans des secteurs boisés.

### Insectes et maladies

Les insectes et les maladies sont des éléments intrinsèques des écosystèmes. Dans les forêts, les épidémies périodiques d'insectes détruisent des arbres dans de vastes zones. On a établi un lien entre des épidémies récentes et les étapes du cycle de vie des insectes qui sont sensibles au climat. De nombreux insectes nordiques ont un cycle de vie de deux ans, et les hivers plus doux favorisent la survie d'un plus grand nombre de larves. Récemment, en Alaska, la tordeuse des bourgeons de l'épinette a terminé son cycle de vie en un an au lieu des deux ans qu'il lui faut normalement. Le dendroctone du pin ponderosa a quant à lui étendu son territoire jusqu'en Colombie-Britannique, dans des régions auparavant trop froides pour cet insecte. La vulnérabilité des arbres aux insectes augmente lorsque les sécheresses pluriannuelles réduisent la capacité des arbres de fabriquer des défenses chimiques. Le dépérissement de la cime de peuplements de trembles observé récemment en Alberta est le résultat de faibles accumulations de neige et de sécheresses dans les années 1980; les feuilles des arbres ont été détruites par un insecte appelé livrée; par la suite, des insectes rongeurs de bois et des pathogènes fongiques se sont attaqués aux arbres. Les arbres morts et secs qui couvrent de grandes étendues exacerbent le risque de feux de forêt majeurs.



Incendies de forêt en Californie.

# Ozone troposphérique

## Messages clés

- Contrairement à l'ozone présent dans la stratosphère, l'ozone troposphérique nuit à la santé humaine, à la végétation et aux matériaux. L'ozone et ses produits chimiques précurseurs se déplacent à l'échelle de l'Amérique du Nord et au-delà des frontières continentales.
- Les êtres humains contribuent à la formation d'ozone troposphérique principalement par la combustion de combustibles fossiles dans le secteur des transports, les secteurs industriels et le secteur de la production d'énergie. L'évaporation de combustibles liquides et de solvants est également à l'origine de la formation d'ozone.
- Dans certaines régions d'Amérique du Nord, les concentrations d'ozone troposphérique dépassent les normes nationales applicables à la protection de la santé humaine.
- Depuis 1990, les émissions totales de produits chimiques précurseurs de l'ozone ont baissé en Amérique du Nord, mais la tendance en ce qui concerne l'exposition des êtres humains dans les trois pays est mitigée, ce qui témoigne des différences entre les conditions locales et les méthodes de déclaration.

**L'ozone troposphérique est un gaz incolore très irritant créé par des réactions photochimiques entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, produites le plus souvent par la combustion de combustibles, les vapeurs d'essence et les solvants chimiques.**

## Enjeu environnemental à l'étude

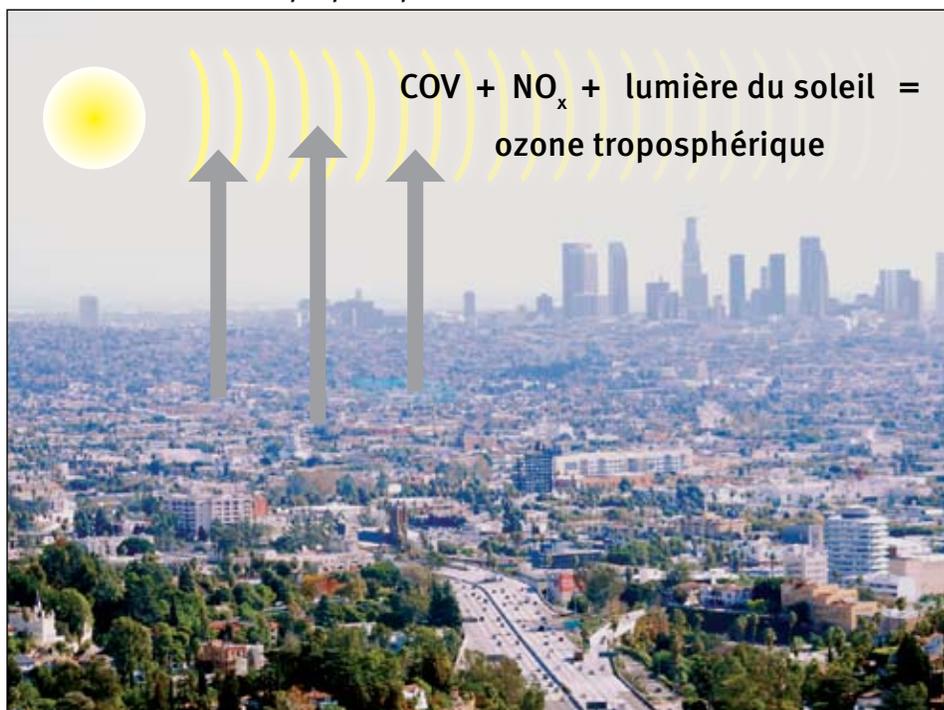
L'ozone ( $O_3$ ) est un gaz qu'on trouve dans différentes parties de l'atmosphère. L'ozone stratosphérique (de la haute atmosphère) est un gaz essentiel qui protège la Terre contre les rayons ultraviolets nocifs. Par contre, l'ozone qu'on trouve près du sol, dans la troposphère, est nocif tant pour la santé humaine que pour l'environnement. C'est pourquoi on dit souvent de l'ozone qu'il est « bon quand il est très haut et nocif quand il est près de nous. »

L'ozone troposphérique est produit quand les oxydes d'azote ( $NO_x$ ) et les composés organiques volatils (COV) subissent une réaction photochimique à la lumière du soleil (voir la figure).

Les centrales électriques, les gaz d'échappement des véhicules à moteur, les établissements industriels, les vapeurs d'essence et les solvants chimiques sont les principales sources d'émissions.

L'ozone se forme également au niveau du sol à la suite des émissions naturelles de COV,  $NO_x$  et de monoxyde de carbone (CO), mais aussi à partir de l'ozone stratosphérique qui se rapproche parfois de la surface de la Terre. Les sources naturelles de précurseurs de l'ozone sont les émissions provenant des plantes et du sol, des feux de forêt et des éclairs. On observe des concentrations élevées d'ozone dans de nombreux sites éloignés à des latitudes moyennes, à la fin de l'hiver et au printemps, en particulier à haute altitude. Toutefois, le transport à

## Formation de l'ozone troposphérique





## Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

L'ozone troposphérique a des effets délétères sur la santé des êtres humains et des animaux, ainsi que sur l'environnement. Malgré les efforts de réduction déployés par les trois pays, son niveau dépasse toujours les normes nationales de qualité de l'air de l'Amérique du Nord.

### Effets de l'ozone troposphérique

L'ozone troposphérique, qui est un des principaux composants du smog, est considéré comme un problème « sans seuil d'exposition ». En effet, même de très petites quantités dans l'air ont des effets délétères sur la santé humaine, en particulier sur les systèmes cardiovasculaire et respiratoire. On sait que l'exposition à l'ozone est associée à des cas de mortalité prématurée et à un certain nombre de cas de morbidité (hospitalisations et symptômes de l'asthme, entre autres). Après avoir analysé les données sur la pollution atmosphérique et la mortalité dans huit grandes villes canadiennes, Santé Canada a estimé que, dans ces villes-là, près de 6 000 décès par an pouvaient être attribués à la pollution, dont l'ozone troposphérique est largement responsable. Selon l'Ontario Medical Association, la pollution atmosphérique coûte aux citoyens de la province plus d'un milliard de dollars canadiens par an en raison des hospitalisations, des visites aux salles d'urgence et de l'absentéisme. Aux États-Unis, des études menées dans 95 grands centres urbains par des chercheurs de Yale et Johns Hopkins ont révélé que l'augmentation des concentrations quotidiennes d'ozone était à l'origine de plus de 3

longue distance et l'accumulation hivernale de précurseurs d'O<sub>3</sub>, contribuent également à ces concentrations printanières; il est donc impossible d'attribuer ces concentrations élevées uniquement à des sources naturelles.

Les concentrations d'ozone troposphérique sont souvent plus élevées durant les chaudes journées d'été ou en aval des régions peuplées qui émettent les polluants précurseurs nécessaires. Dans l'hémisphère Nord, les concentrations d'ozone sont généralement plus élevées l'après-midi durant les mois où les températures sont élevées et où la lumière directe du soleil est la plus présente.

700 décès chaque année, des suites de maladies cardiovasculaires ou respiratoires.

La végétation, le rendement des récoltes, les fleurs, les arbustes et les forêts subissent eux aussi les effets de l'ozone troposphérique, lequel peut également détériorer le coton et les matières synthétiques, faire fendre le caoutchouc, et accélérer la décoloration des tissus, peintures et enduits.

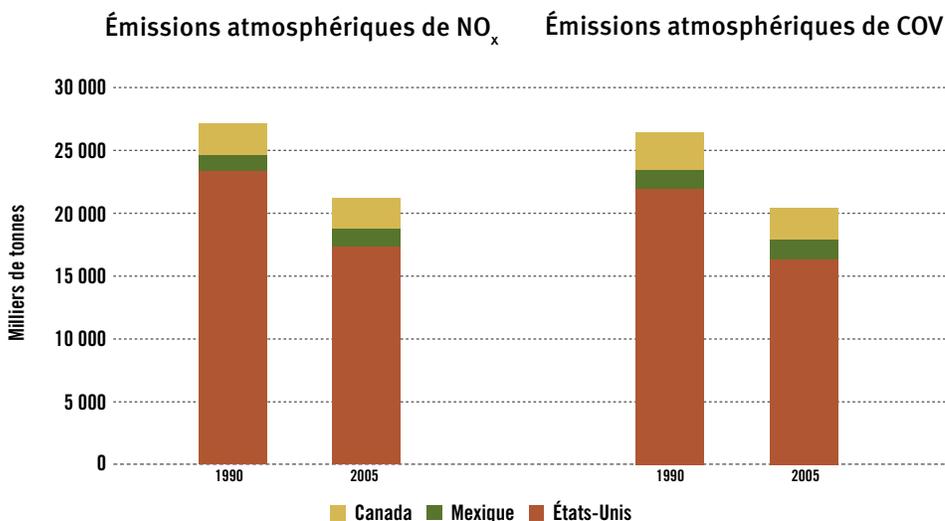
### Réduction des émissions

Dans les années 1970, on a commencé à essayer de limiter les concentrations d'ozone troposphérique en Amérique du Nord, grâce à une réduction imposée des émissions de polluants précurseurs. De ce fait, les émissions de NO<sub>x</sub> et de COV ont fortement baissé aux États-Unis, malgré une forte croissance économique. Au Canada, les émissions de COV ont baissé, mais les émissions de COV n'ont pratiquement pas changé depuis 1990. Le Mexique a connu une baisse des émissions provenant des véhicules, mais une augmentation des émissions provenant de sources fixes ou stationnaires, tant pour les NO<sub>x</sub> que pour les COV. Globalement, les émissions atmosphériques de polluants précurseurs de l'ozone troposphérique en Amérique du Nord ont baissé depuis 1990 – les émissions de NO<sub>x</sub> et de COV ont diminué de plus de 20 % (voir les graphiques).

Dans les trois pays, la combustion de carburant par des sources mobiles est la principale source d'émissions de NO<sub>x</sub> et de COV, et les centrales électriques alimentées en carburant sont responsables d'importantes émissions de NO<sub>x</sub> aux États-Unis et au Mexique. Au Canada, la production de pétrole et de gaz en amont est l'industrie qui rejette le plus de NO<sub>x</sub>. En plus des carburants utilisés par le secteur des transports, les solvants constituent une des principales sources d'émissions de COV dans les trois pays, mais au Canada, la production de pétrole et de gaz y contribue aussi largement.

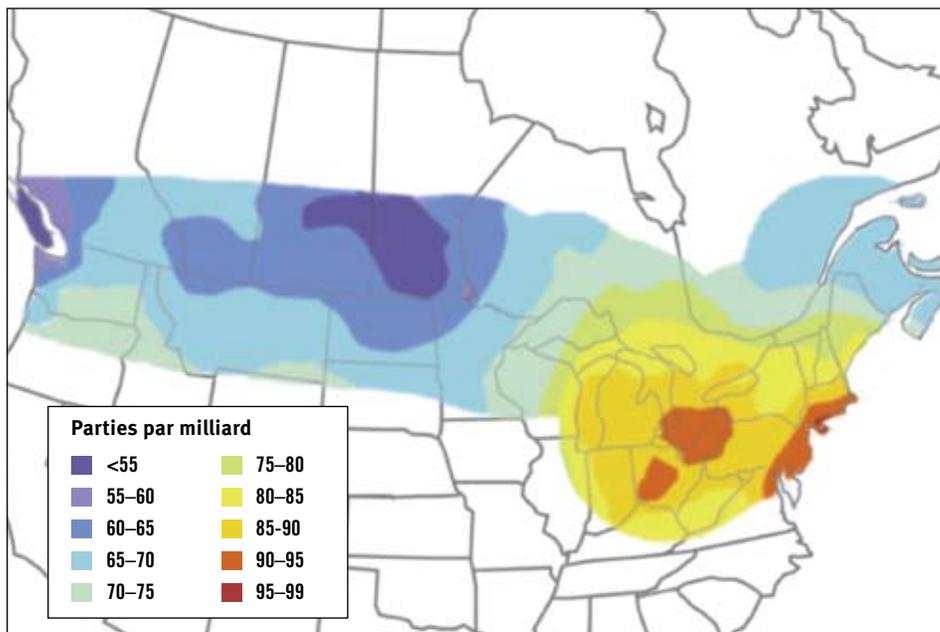
### Surveiller les tendances en matière d'ozone

À l'heure actuelle, on dispose de très nombreuses données à propos de l'ozone en Amérique du Nord, fournies par divers réseaux. Par contre, il est difficile de définir des tendances et des modèles pour l'Amérique du Nord, parce que ces ensembles de données ne sont pas uniformes et qu'on utilise des méthodes différentes pour préparer et présenter les résultats. Par ailleurs, il est difficile de définir des tendances utiles pour l'Amérique du Nord parce que les conditions varient considérablement d'une région à l'autre. Dans les trois pays, les activités de surveillance en cours révèlent néanmoins que les concentrations ambiantes de particules dépassent les normes nationales dans certaines régions.



Émissions atmosphériques de NO<sub>x</sub> et de COV en Amérique du Nord, 1990 et 2005 (les données les plus récentes du Mexique datent de 2002 plutôt que de 2005). Sources : Environnement Canada, Instituto Nacional de Ecología, US Environmental Protection Agency.

## Concentrations le long de la frontière canado-américaine, 2002-2004



Source : Comité Canada-États-Unis sur la qualité de l'air.

Au Canada, les tendances en ce qui concerne la teneur en ozone de l'air ambiant basée sur la norme pancanadienne, sont demeurées pratiquement inchangées au cours de la période de 15 ans terminée en 2005. Toutefois, l'indicateur canadien d'exposition humaine à l'ozone a augmenté en moyenne de 0,8 % par an, affichant une augmentation totale de 12 % entre 1990 et 2005. L'indicateur national d'exposition à l'ozone du Canada, qui est pondéré en fonction de la population, est calculé principalement à partir des concentrations d'ozone et des populations en Ontario et dans le sud du Québec. En 2005, des collectivités de ces régions ont affiché les plus hautes concentrations d'ozone troposphérique par rapport à la norme pancanadienne et aux moyennes saisonnières. De nombreuses stations de surveillance de l'Alberta ont par ailleurs fait état de concentrations saisonnières moyennes élevées. En 2005, au moins 40 % des Canadiens vivaient dans une collectivité où les concentrations d'ozone étaient supérieures à la norme pancanadienne ambiante ciblée.

Au Mexique, la fréquence des journées où les concentrations d'ozone troposphérique dépassent la norme est demeurée constante avec le temps dans la plupart des villes surveillées. Cependant, à Mexico et à Guadalajara, l'ozone troposphérique demeure un grave problème pour la qualité de l'air. En 2005, au moins 27,7 % des Mexicains vivaient dans une municipalité où les concentrations d'ozone étaient supérieures à la norme nationale au moins un jour par an.

Aux États-Unis, les concentrations d'ozone à l'échelle nationale, dont la moyenne est calculée chaque heure et toutes les huit heures, ont respectivement baissé de 12 % et de 8 % entre 1990 et 2005. Malgré cette baisse, en 2005, plus de 10 % d'Américains vivaient dans un pays où la concentration d'ozone horaire était supérieure à la norme nationale américaine de qualité de l'air ambiant, et au moins 33% de personnes vivaient dans un pays où ces concentrations étaient supérieures à la norme sur huit heures.

### Mouvements transfrontaliers

Les études menées sur le terrain et les modèles informatiques confirment que le problème que pose l'ozone dans diverses régions d'Amérique du Nord est le résultat d'interactions complexes entre des processus météorologiques de diverse ampleur et les émissions de polluants précurseurs, ainsi que les réactions chimiques qu'elles engendrent. Parfois, les niveaux d'ozone résultent principalement des émissions locales, et les sources situées en amont n'y contribuent que très peu. Parfois, la concentration locale d'ozone résulte surtout du transport de l'ozone et de ses polluants précurseurs à partir de sources en amont.

Des analyses des concentrations d'ozone dans un rayon de 500 kilomètres autour de la frontière canado-américaine ont révélé qu'elles étaient plus élevées dans la région des Grands Lacs inférieurs – région de la vallée de l'Ohio et le long de la côte est américaine (voir la carte). C'est dans l'Ouest et au Canada atlantique qu'on

observe les plus faibles concentrations d'ozone. Elles sont généralement plus élevées en aval des centres urbains, par exemple dans la partie sud-ouest du Michigan. Les concentrations locales élevées qu'on observe dans la région de la baie de Géorgie/de Puget Sound, en Colombie-Britannique/dans l'État de Washington (où le relief est perturbé) n'apparaissent pas clairement sur la carte ci-dessous, bien qu'elles soient inférieures à celles affichées dans l'est. Entre 1995 et 2004, les concentrations annuelles d'ozone troposphérique ont diminué dans cette région, et les tendances de chaque côté de la frontière sont les mêmes.

Le long de la frontière américano-mexicaine, les concentrations d'ozone troposphérique demeurent une source de préoccupation dans certaines régions. Même si, en 2005, dans la vallée du Rio Grande, on n'a jamais dépassé la norme binationale sur huit heures, d'autres stations de surveillance installées dans des paires de villes frontalières ont enregistré des dépassements : d'une journée à Ambos Nogales, de six jours à Ciudad Juárez/El Paso, de onze jours à Tijuana/San Diego et de 24 jours dans la vallée Mexicali/Imperial. Même si, globalement, on respecte davantage la norme de concentration d'ozone, la vallée Mexicali/Imperial et les villes de Tijuana/San Diego sont demeurées régulièrement au-dessus de cette norme entre 2001 et 2005.

Le transport de l'ozone et des émissions de polluants précurseurs s'étend au-delà de l'Amérique du Nord. Celle-ci est une source d'ozone troposphérique pour l'Europe, au même titre que l'Asie pour l'Amérique du Nord. À plus grande échelle, les concentrations d'ozone troposphérique augmentent sur toute la planète, ce qui donne lieu à des concentrations d'ozone « de fond », même dans les régions éloignées qui ne sont pas directement touchées par l'activité humaine. Une analyse rétrospective de données recueillies au XVIII<sup>e</sup> siècle en Europe révèle que les concentrations d'ozone dans l'hémisphère Nord pourraient avoir doublé au cours du dernier siècle, en raison de l'industrialisation massive qui s'est produite. Les actuelles concentrations d'ozone de fond en Amérique du Nord sont d'environ 30 à 40 parties par milliard.

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

L'ozone et ses polluants précurseurs sont liés aux particules (autre composant du smog) et aux phénomènes d'acidification, d'eutrophisation et de changement climatique.

### Matières particulaires

Lorsque le nitrate, issu de l'oxydation du dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), est combiné à d'autres composés dans l'atmosphère (par exemple l'ammoniac), il devient une source importante de formation secondaire de particules fines ( $\text{PM}_{2,5}$ ). Les COV sont eux aussi un polluant précurseur de la formation secondaire de  $\text{PM}_{2,5}$ . L'ozone et les particules contiennent des gaz précurseurs communs, et la réduction de n'importe lequel de ces précurseurs peut avoir des effets complexes, et parfois négatifs, sur les concentrations d'ozone ou de particules. Les efforts visant à étudier et à réduire les concentrations d'ozone et de particules font souvent partie intégrante des programmes de gestion visant à éviter toute répercussion négative sur la qualité de l'air.

### Acidification

Les oxydes d'azote se forment principalement à partir de l'azote libéré durant les processus de combustion. L'oxyde d'azote émis durant la combustion s'oxyde rapidement et devient du  $\text{NO}_2$  dans l'atmosphère. Le  $\text{NO}_2$  se dissout alors dans l'air sous forme de vapeur d'eau pour donner naissance à l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ), et interagit avec d'autres gaz et particules présents dans l'air, ce qui crée des particules baptisées nitrites et nitrates et d'autres produits risquant de nuire à la santé des populations et à leur environnement.

Le  $\text{NO}_2$  sous sa forme non transformée, ainsi que l'acide nitrique issu de la transformation du  $\text{NO}_2$ , peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine ou l'environnement, notamment en endommageant la végétation, les immeubles et les matériaux et en contribuant à l'acidification des écosystèmes aquatiques et terrestres.

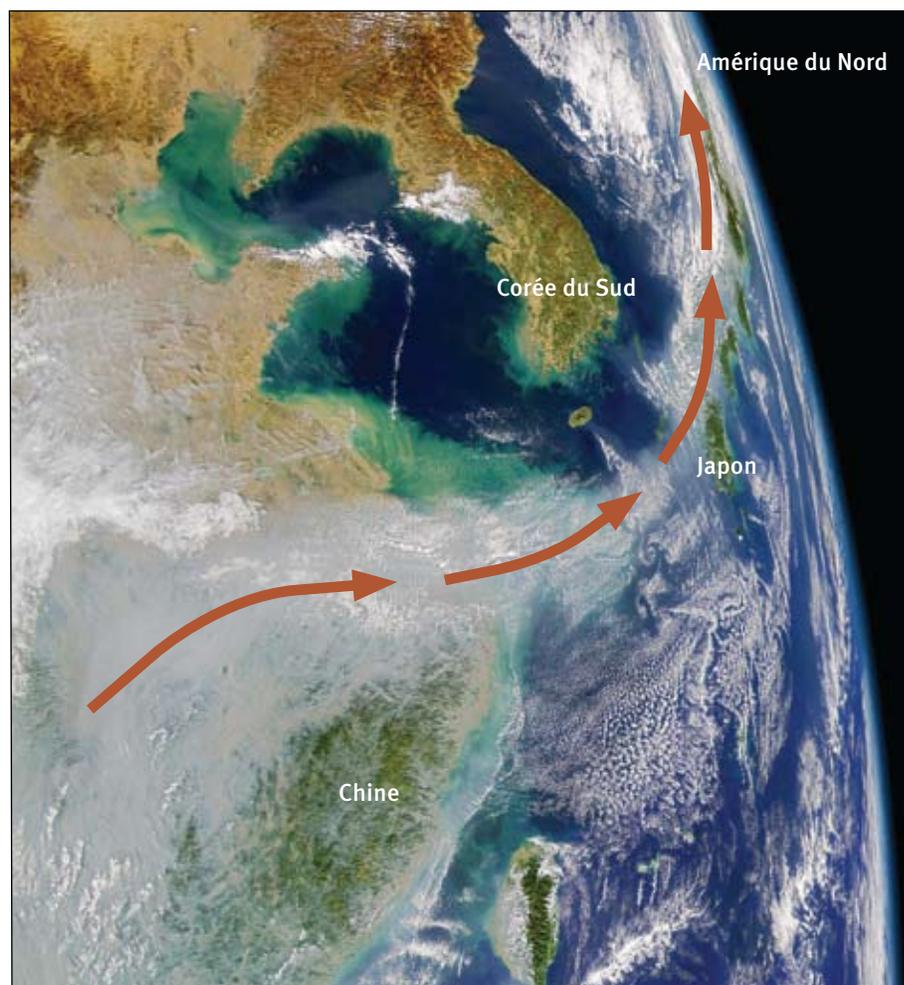
### Eutrophisation

Non seulement les émissions d'azote entraînent la formation de dépôts acides, mais elles peuvent aussi agir comme nutriments dans les écosystèmes, ce qui provoque l'eutrophisation ou le « surenrichissement » des sols et des plans et cours d'eau.

### Changements climatiques

Lorsqu'il est présent dans la haute troposphère, l'ozone est un gaz à effet de serre très efficace. Les stratégies visant à réduire les concentrations d'ozone dans les zones urbaines et à l'échelle régionale permettent sans doute de limiter la contribution de l'ozone troposphérique à l'effet de serre et au réchauffement planétaire. 🦋

## Étude de cas – Transport des polluants provenant d'Asie vers l'Amérique du Nord



Source: NASA.

Une récente étude a révélé que le transport transpacifique de polluants en provenance d'Asie avait une incidence sur la qualité de l'air en Amérique du Nord au printemps et en été. Même les petites quantités d'émissions se déplaçant de l'Asie à l'Amérique du Nord en été peuvent avoir d'importantes répercussions pour la gestion de la qualité de l'air.

Durant l'été, les émissions provenant d'Asie et d'Europe représentent entre 4 et 7 parties par milliard en volume (ppbv) des concentrations d'ozone observées l'après-midi dans l'air de surface aux États-Unis, ce qui dépasse la norme de qualité de l'air. Si les émissions anthropiques provenant d'Asie triplent entre 1985 et 2010 (comme on s'y attend), la concentration d'ozone troposphérique aux États-Unis pourrait augmenter de 1 à 5 ppbv durant l'été.

Le transport transpacifique à grande distance des polluants asiatiques atteint son niveau maximal au printemps, en raison de l'intense activité cyclonique et des forts vents d'ouest. La plus forte quantité de polluants asiatiques est transportée dans la troposphère moyenne; elle peut traverser le Pacifique en cinq à dix jours. Durant l'été, l'« exportation » de polluants asiatiques par voie de convection vient s'ajouter à celle que créent les cyclones de latitude moyenne. Le transport transpacifique se fait principalement dans la troposphère moyenne et la haute troposphère – sa durée moyenne est de six à dix jours.

Selon cette analyse, les masses d'air asiatique contenaient des concentrations élevées de particules et d'autres produits chimiques, ce qui confirme l'influence dominante des émissions issues de la combustion au-dessus de l'Asie orientale. Des concentrations élevées de méthanol et d'acétone ont révélé que les émissions naturelles se combinaient au flux de polluants.

# Matières particulaires

## Messages clés

- Les matières particulaires en suspension dans l'air sont à l'origine de graves problèmes pour la santé humaine, notamment des maladies cardiovasculaires et respiratoires. Elles ont également une incidence sur la végétation et les matériaux de construction, et contribuent à la brume sèche et à mauvaise visibilité. Les matières particulaires et les produits chimiques qui sont leurs précurseurs sont transportés dans l'air et traversent les frontières étatiques, provinciales, nationales et continentales.
- Il existe de nombreuses sources naturelles et anthropiques de matières particulaires, notamment : les rejets directs dans l'air provenant d'équipement lourd, d'incendies, de la combustion de déchets et de la poussière dégagée par les routes non asphaltées, du concassage de pierres et des sites de construction. Les matières particulaires se forment également à partir des produits chimiques précurseurs émis par les véhicules, les centrales électriques et les établissements industriels.
- Dans certaines régions d'Amérique du Nord, les concentrations de matières particulaires dépassent les normes nationales de protection de la santé humaine.
- Depuis 1990, les émissions totales de matières particulaires et de produits chimiques précurseurs ont diminué en Amérique du Nord, mais la tendance en ce qui concerne l'exposition des êtres humains dans les trois pays est mitigée, ce qui témoigne des différences entre les conditions locales et les méthodes de déclaration.

Les *matières particulaires* constituent un mélange de particules solides et de gouttelettes liquides se trouvant dans l'air. Elles sont composées de sulfates, de nitrates, d'ammoniac, de carbone organique, de carbone noir, de métaux et de poussière du sol.

## Enjeu environnemental à l'étude

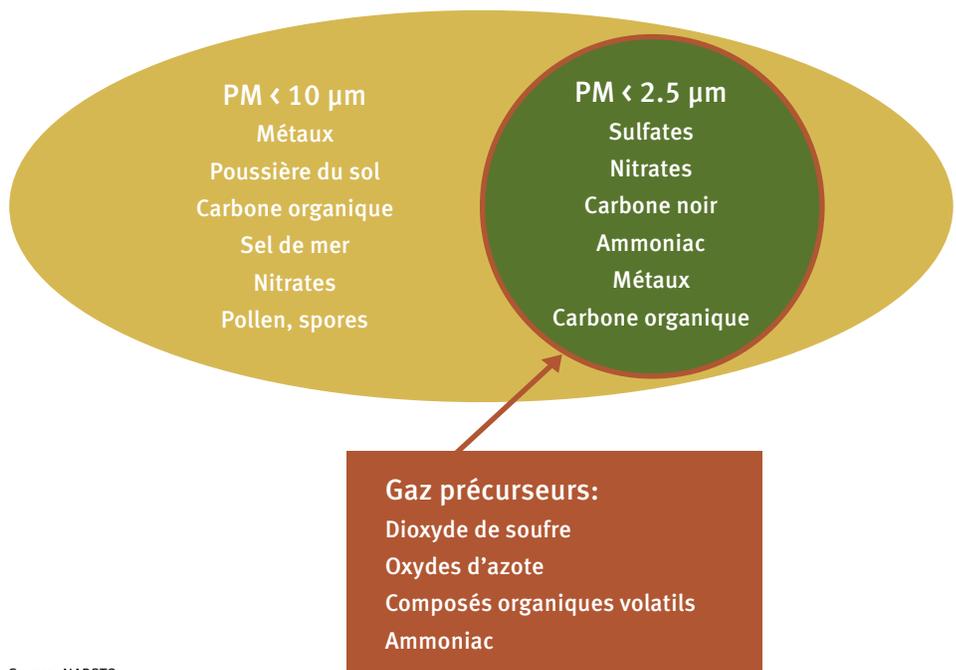
Les matières particulaires sont composées de particules solides et de gouttelettes liquides se trouvant dans l'air. Elles peuvent être assez grosses pour qu'on les voie sous forme de poussière, ou beaucoup plus petites que le diamètre d'un cheveu humain. La masse des particules ambiantes est un mélange complexe qui dépend fortement des caractéristiques des sources.

On classe généralement les matières particulaires en deux catégories, selon leur taille : les  $PM_{2,5}$ , ou particules « fines », dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égal à 2,5 micromètres ( $\mu m$ ), et les  $PM_{10}$ , qui incluent les particules fines et les « grosses » particules, dont le diamètre

peut atteindre 10  $\mu m$ , (environ un septième du diamètre d'un cheveu humain) – voir la figure. Selon leur taille, les particules se comportent différemment dans l'atmosphère. Les plus petites peuvent rester en suspension pendant de longues périodes et parcourir des centaines de kilomètres. Les plus grosses ne restent pas en suspension aussi longtemps, parce qu'elles ont tendance à se déposer plus près de leur point d'origine.

En général, la partie plus grosse des  $PM_{10}$  est principalement composée de particules élémentaires directement rejetées dans l'atmosphère lors d'événements naturels (p. ex., des feux de forêt et des éruptions volcaniques) et par les activités humaines (p. ex., l'agriculture, la construction, la poussière provenant des routes

## Composition représentative des matières particulaires



Source: NARSTO.

non asphaltées, la combustion de bois résidentiel et les activités industrielles). À l'inverse, les  $PM_{2.5}$  sont généralement composées d'une plus forte proportion de particules secondaires. Ces particules se forment dans l'atmosphère lors de réactions chimiques causées par l'émission de précurseurs : oxydes d'azote ( $NO_x$ ), dioxyde de soufre ( $SO_2$ ), composés organiques volatils (COV) et ammoniac ( $NH_3$ ).

### Pourquoi cet enjeu est-il important en Amérique du Nord?

Les matières particulaires ont des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Malgré les efforts que déploient les trois pays nord-américains pour réduire leur concentration, celle-ci dépasse toujours les normes nationales de qualité de l'air dans certaines régions.

### Effets des matières particulaires

Certaines études révèlent que l'exposition à la pollution causée par les particules en suspension est associée à des milliers de décès en surnombre et à de nombreux problèmes de santé. De nombreuses études ont établi un lien entre la présence de particules et des cas de maladies respiratoires graves, comme l'asthme, la bronchite et l'emphysème, ainsi que diverses formes de maladies cardiovasculaires. Les particules fines ont plus d'effets sur la santé humaine que les grosses particules, parce que les plus petites particules peuvent pénétrer plus profondément les poumons de l'homme, causant ainsi des dommages considérables. Les groupes qui semblent être les plus vulnérables aux effets de ces particules sont les personnes âgées, les personnes souffrant de maladies cardiopulmonaires comme l'asthme ou l'insuffisance cardiaque congestive et les enfants.

Le dépôt de particules nuit également à l'environnement en modifiant les cycles d'apport de nutriments et de produits chimiques dans les sols et les eaux de surface. Par exemple, le dépôt de particules contenant de l'azote et du soufre peut modifier l'équilibre des nutriments et l'acidité des environnements aquatiques, ce qui modifie alors la composition des espèces et la capacité de tamponnage. Certaines particules peuvent corroder la surface des feuilles ou faire interférence avec le métabolisme des plantes. Par ailleurs, les particules endommagent et érodent les matériaux et les édifices, notamment les monuments, statues et autres objets importants d'un point de vue culturel.

En plus de leurs effets sur la santé humaine, les particules fines contribuent largement à la réduction de la visibilité. On observe souvent ce type de brume dans les parcs et les aires de nature sauvage de la région, où la faible visibilité cause une perte de revenus à l'industrie touristique.

### Étude de cas – Émissions de diesel à la frontière américano-mexicaine



Les émissions de diesel sont une source d'émissions atmosphériques de matières particulaires et de substances dangereuses. Les industries du transport routier et ferroviaire sont responsables d'une large part des émissions de diesel à la frontière entre le Mexique et les États-Unis. Les autres sources importantes d'émissions de diesel sur les routes sont les autobus scolaires, les camions à ordures et les autobus municipaux. Parmi les moteurs diesel utilisés ailleurs que sur la route, ceux des véhicules de chantier et du matériel agricole sont les plus importantes sources mobiles de  $PM_{10}$  et de  $PM_{2.5}$ .

À mesure que la frontière américano-mexicaine s'ouvrira davantage dans le cadre de l'Accord de libre-échange nord-américain, le transport routier transfrontalier est appelé à augmenter. Les émissions de diesel vont se multiplier si le parc mexicain de camions au diesel demeure composé de véhicules fabriqués avant 1993 — année où les fabricants de moteurs ont commencé à intégrer une technologie visant à réduire les émissions et à améliorer les performances et la consommation.

Parce que les émissions de diesel contribuent de façon importante à la pollution, le Mexique a entrepris une modernisation du parc de véhicules, ainsi que des activités de collaboration, en vue de réduire ces émissions. En janvier 2006, le Mexique a modifié ses normes applicables à l'essence et au diesel. On a prévu un calendrier de mise en application accélérée a été prévu pour la région frontalière, en vue d'offrir, d'ici janvier 2007, un diesel à teneur ultrafaible en soufre.

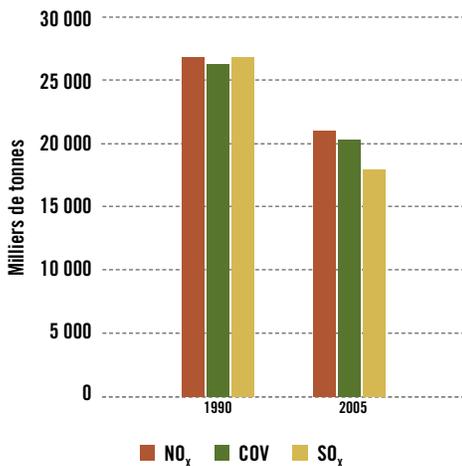
Pendant ce temps-là, les autorités chargées du contrôle de la pollution atmosphérique à San Diego modernisent 60 camions de gros tonnage à moteur diesel qui circulent en provenance de Tijuana, en les dotant de catalyseurs d'oxydation diesel. Ces dispositifs réduisent les  $PM_{10}$  de 25 %. De plus, le district scolaire indépendant de Laredo (Texas) est en train de modifier 50 autobus scolaires de sorte qu'ils utilisent un carburant diesel à teneur ultrafaible en soufre, et le district scolaire de Rio Rico (Arizona) a mis en œuvre un projet similaire. Ces deux projets vont réduire l'exposition des écoliers aux particules fines et servir de modèles aux autres districts scolaires, des deux côtés de la frontière.

### Réduction des émissions

Entre 1990 et 2005, les émissions atmosphériques directes de particules fines au Canada et aux États-Unis ont baissé d'environ 33 % (voir le graphique). Les sources principales d'émissions de particules fines sont les moteurs diesel, les activités de combustion et les sources industrielles. On ne peut analyser que les émissions de particules au Canada et aux États-Unis pour cette période, parce que les estimations d'émissions de  $PM_{2.5}$  au Mexique ne sont disponibles que pour 1999. Cette année-là, les émissions totales de  $PM_{2.5}$  du Mexique ont représenté environ 8 % des émissions nord-américaines.

Parce que les matières particulaires se forment également dans l'atmosphère à la suite d'émissions de précurseurs, il est important de comprendre quelles activités humaines sont à l'origine de ces émissions. Les émissions de  $NO_x$  sont largement imputables aux centrales à combustibles fossiles aux États-Unis et au Mexique, ainsi qu'au secteur des transports dans les trois pays. Les émissions de  $SO_2$  sont largement imputables aux centrales au charbon aux États-Unis et au Mexique, et aux fonderies au Canada. Les composés organiques volatils sont produits par des sources similaires dans les trois pays (combustibles, solvants et exploitation pétrolière et gazière) mais, au Canada, le chauffage résidentiel au bois contribue largement à ce type d'émissions. L'agriculture est une source courante d'ammoniac dans toute l'Amérique du Nord. En Amérique du Nord, les émissions atmosphériques de précurseurs de matières particulaires ont baissé depuis 1990 (voir le graphique).

## Émissions atmosphériques des précurseurs de particules

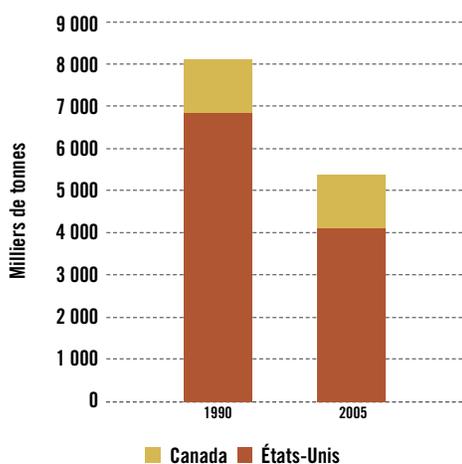


Émissions atmosphériques des substances chimiques agissant comme précurseurs de matières particulaires en Amérique du Nord, 1990 et 2005 (les données les plus récentes du Mexique datent de 2002). Sources : Environnement Canada, Instituto Nacional de Ecología, US Environmental Protection Agency.

### Surveillance des tendances en matière de matières particulaires

À l'heure actuelle, on dispose de très nombreuses données sur les matières particulaires, provenant de divers réseaux qui utilisent un certain nombre de techniques de mesure différentes. Par contre, il est difficile de définir des tendances et des modèles pour l'Amérique du Nord, parce que ces ensembles de données ne sont pas uniformes, qu'il n'y a pas assez de stations de surveillance et de technologies de mesure fiables dans certaines régions et qu'on utilise des méthodes différentes pour préparer et présenter

## Émissions atmosphériques de PM<sub>2.5</sub> au Canada et aux États-Unis



Sources : Environnement Canada, US Environmental Protection Agency.

les résultats. Par ailleurs, il est difficile de définir des tendances utiles pour l'Amérique du Nord parce que les conditions varient considérablement d'une région à l'autre. Dans les trois pays, les activités de surveillance en cours révèlent néanmoins que les concentrations ambiantes de matières particulaires dépassent les normes nationales dans certaines régions.

Au Canada, on n'a observé aucune augmentation ou diminution statistiquement significative de l'exposition aux PM<sub>2.5</sub>, que ce soit à l'échelle nationale ou régionale, durant la période de 2000–2005. Au moins 30 % des Canadiens vivaient alors dans des collectivités où le niveau de PM<sub>2.5</sub> était supérieur à la norme pancanadienne visée. Les collectivités concernées se trouvaient dans le sud de l'Ontario et du Québec et en Colombie-Britannique.

On ne dispose d'aucune donnée sur les concentrations de PM<sub>2.5</sub> pour la plupart des villes mexicaines. Toutefois, les concentrations de PM<sub>10</sub> ont été mesurées dans diverses régions urbaines. En 2005, la norme de concentration de PM<sub>10</sub> a été dépassée pendant 173 jours à Toluca, 163 jours à Monterrey, 51 jours à Guadalajara, 34 jours à Mexico et 11 jours à Puebla. Au cours des dix dernières années, on a observé dans la plupart des villes surveillées une tendance à la baisse du nombre de jours où la norme était dépassée, sauf à Monterrey et Toluca. En 2005, au moins 27 % des Mexicains vivaient dans une municipalité où les concentrations de PM<sub>10</sub> dépassaient la norme nationale pendant au moins onze jours par an.

Même si les concentrations de matières particulaires aux États-Unis ont généralement chuté à l'échelle nationale, elles demeurent supérieures aux normes nationales dans des dizaines de régions urbaines. En 2006, près de 14,7 millions de personnes vivaient dans des comtés où la concentration de PM<sub>10</sub> dépassait la norme nationale de qualité de l'air, et 66,9 millions de personnes vivaient dans des comtés où la concentration de PM<sub>2.5</sub> dépassait à la fois les normes annuelles et quotidiennes.

### Mouvements transfrontaliers

Il est difficile de réduire les concentrations de matières particulaires afin de respecter les normes de qualité de l'air en Amérique du Nord, car les concentrations de matières particulaires dépendent de la pollution locale, ainsi que des polluants transportés à l'échelle des États et des provinces, et au-delà des frontières nationales. Les matières particulaires peuvent demeurer dans l'atmosphère pendant plusieurs jours, mais aussi pendant quelques semaines, selon leur

taille et la vitesse à laquelle elles sont éliminées de l'atmosphère, par exemple grâce aux précipitations. Ainsi, dans n'importe quelle région, les matières particulaires peuvent se former localement ou provenir de sources situées à des centaines, voire des milliers de kilomètres. La contribution régionale imputable à des sources situées loin des régions urbaines de l'Amérique du Nord peut représenter entre 50 et 75 % de la concentration totale de PM<sub>2.5</sub> observée dans une région urbaine donnée.

Les mouvements transfrontaliers sont importants dans les régions frontalières que partagent le Canada et les États-Unis. En 2005, les concentrations observées dans les stations du sud de l'Ontario étaient imputables à d'importants apports de matières particulaires en provenance des États-Unis, et, dans le sud du Québec, elles étaient imputables à la pollution provenant à la fois des États-Unis et de l'Ontario. Parallèlement, les PM<sub>2.5</sub> et les émissions de leurs précurseurs en provenance du Canada ont généré des concentrations élevées de PM<sub>2.5</sub> dans l'est des États-Unis.

Dans la région frontalière américano-mexicaine, la vallée du Rio Grande est demeurée régulièrement en dessous de la norme annuelle américaine d'émissions de PM<sub>10</sub> entre 2001 et 2005, mais quatre autres régions surveillées ont dépassé cette norme (Ambos Nogales, Tijuana/San Diego, Ciudad Juarez/El Paso et Mexicali/Imperial Valley). Durant cette période, la région de Mexicali/Imperial Valley a affiché régulièrement des concentrations de PM<sub>10</sub> plus de quatre fois supérieures à la norme américaine.

Périodiquement, les incendies éclatant dans un pays font augmenter la concentration de PM<sub>10</sub> dans le pays voisin. Par exemple, durant les mois d'avril et de mai 2003, la qualité de l'air au Texas, en Oklahoma et dans d'autres États s'est détériorée en raison de grandes quantités de matières particulaires d'aérosol transportées dans la fumée des incendies survenus dans la péninsule du Yucatan et dans le sud du Mexique (voir la photo). Les panaches de fumée, qui altéraient considérablement la visibilité et la qualité de l'air dans les régions côtières du golfe du Mexique, étaient suffisamment gros pour créer dans l'atmosphère des couloirs de circulation qui emprisonnaient la fumée et les autres matières particulaires dans la basse atmosphère, détériorant ainsi davantage la qualité de l'air.

La pollution causée par les matières particulaires peut également pénétrer en Amérique du Nord en provenance de l'extérieur de la région. Le transport intercontinental de matières particulaires sous forme de poussière et de sable



Incendies dans la péninsule du Yucatán et le sud du Mexique, 2003. Source : US National Aeronautics and Space Administration.

du désert se produit de l'Afrique et de l'Asie en direction de l'Amérique du Nord. Même si ce transport de poussière en provenance d'Asie et d'Afrique ne contribue pas de façon significative aux concentrations annuelles observées en Amérique du Nord, il peut, à l'occasion, faire augmenter de façon importante la concentration quotidienne. Par exemple, durant l'été de 1997, un panache en provenance d'Afrique du Nord a fait augmenter les concentrations de  $PM_{10}$  à certains endroits de la région de Houston (Texas) – jusqu'à 15 à 20 microgrammes par mètre cube en deux jours.

### Quels sont les liens avec les autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

Les matières particulaires ont une incidence sur divers enjeux environnementaux, en particulier l'ozone troposphérique, le changement climatique et la qualité de l'eau.

#### Ozone troposphérique

Les  $PM_{2.5}$  et l'ozone troposphérique sont étroitement liés en raison de précurseurs, de sources et de processus météorologiques communs. En raison de ces liens étroits, l'évolution des émissions d'un polluant donné peut faire changer les concentrations de matières particulaires ou d'ozone troposphérique. Cette observation est particulièrement importante, parce que certaines régions, comme l'est des États-Unis et le sud-est du Canada, enregistrent des concentrations élevées de matières particulaires et d'ozone durant la même saison, tandis que d'autres régions, comme la vallée de San Joaquin, affichent des concentrations élevées de matières particulaires et d'ozone durant des saisons différentes.

#### Changements climatiques

Toutes les matières particulaires influent sur le changement climatique en dispersant le rayonnement incident et, dans une moindre mesure, le rayonnement sortant. Le carbone noir et d'autres matières particulaires foncées absorbent

l'énergie rayonnante. Les grosses particules et les gouttelettes de nuages formées par la condensation de la vapeur d'eau sur les particules ont également des effets radiatifs. Ces effets peuvent avoir des impacts locaux ou mondiaux sur le changement climatique.

#### Qualité de l'eau

Les matières particulaires et leurs précurseurs — en particulier le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et l'ammoniac — peuvent être transportés par le vent, pour se déposer par la suite au sol ou dans l'eau. Leur dépôt rend les lacs et les cours d'eau plus acides, modifie l'équilibre des nutriments dans les eaux côtières et les grands bassins fluviaux et favorise l'eutrophisation, appauvrit les nutriments dans le sol, endommage les forêts et les cultures fragiles, et nuit à la diversité des écosystèmes. Les matières particulaires transportent également des composés toxiques comme le mercure, qui peut dégrader la qualité de l'eau et les écosystèmes aquatiques. 🌿

## Ozone stratosphérique

### Messages clés

- L'ozone stratosphérique protège la surface de la Terre contre les rayons solaires, mais cette couche protectrice s'est amincie, permettant la pénétration de rayons ultraviolets à des concentrations nocives. Les concentrations excessives de rayons ultraviolets sont néfastes pour la santé humaine et l'environnement.
- En réaction à ce phénomène, les pays ont décidé de contrôler la production, la consommation et le commerce des substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO), en signant un accord international. À la fin de 2005, les Parties au Protocole de Montréal avaient réussi à éliminer la production et la consommation de plus de 95 % des SACO — utilisées comme réfrigérants ou propulseurs d'aérosol, ou à d'autres fins.
- À l'heure actuelle, la couche d'ozone qui protège la Terre demeure plus mince que les moyennes historiques enregistrées; le trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique avait atteint une taille et profondeur maximales en 2006.
- Le Canada, le Mexique et les États-Unis ont considérablement réduit leurs émissions de SACO au cours des 20 dernières années, mais ces substances sont encore rejetées par diverses sources en Amérique du Nord et à l'échelle mondiale. La couche d'ozone devrait s'être reconstituée d'ici la moitié du XXI<sup>e</sup> siècle si l'on en juge par le respect de l'accord international en vigueur le respectent. La réduction des SACO a également généré des avantages importants sur le plan climatique, parce que certaines SACO agissent elles aussi comme des gaz à effet de serre.

L'ozone est un gaz qu'on trouve partout dans l'atmosphère. L'*ozone stratosphérique* protège la vie sur Terre en absorbant les rayons nocifs du soleil lorsqu'ils traversent la haute atmosphère (la stratosphère). Parce que l'ozone présent à la surface de la Terre est néfaste, on dit souvent de l'ozone qu'il est « bon quand il est très haut et nocif quand il est près de nous ».

### Enjeu environnemental à l'étude

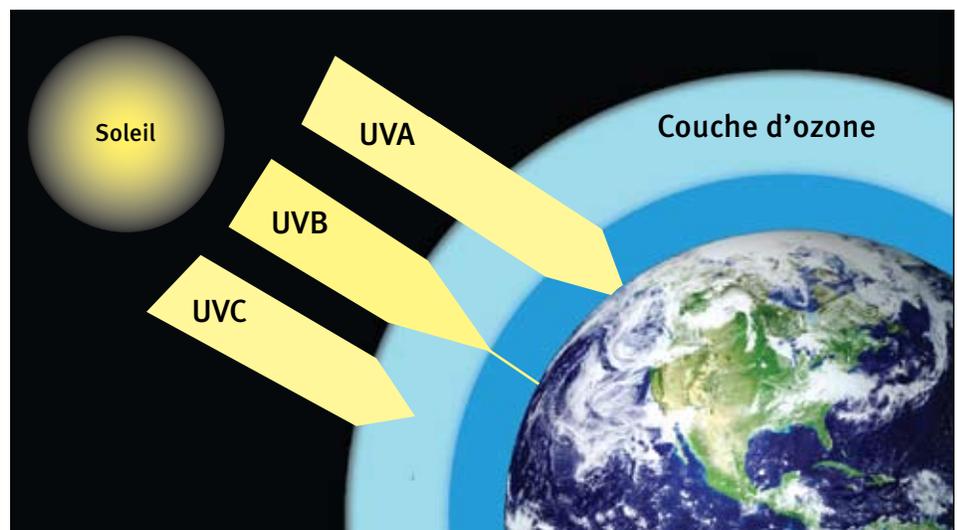
L'ozone stratosphérique protège la surface de la Terre en absorbant les rayons ultraviolets (UV) émis par le soleil (voir l'illustration). Il se forme naturellement à la suite de réactions chimiques entre les rayons UV et l'oxygène. Environ 90 % de l'ozone se trouve dans la stratosphère, couche de l'atmosphère qui commence entre 10 et 15 kilomètres au-dessus de la surface de la Terre aux latitudes moyennes. L'ozone stratosphérique forme ce qu'on appelle la couche d'ozone.

### Amincissement de la couche d'ozone

La couche d'ozone stratosphérique est aujourd'hui plus mince qu'elle ne l'a jamais été, à cause de certaines substances chimiques appauvrissant la couche d'ozone (comme les réfrigérants et les propulseurs d'aérosol). On a commencé

à produire ces substances à des fins commerciales durant le XX<sup>e</sup> siècle, et on continue d'en produire et d'en utiliser certaines. Lorsqu'elles sont rejetées, ces substances se répandent dans la haute atmosphère et se transforment graduellement en gaz plus réactifs, qui détruisent l'ozone. On a commencé à observer l'amincissement généralisé de la couche d'ozone dans les années 1970, et la perte totale est actuellement évaluée à 3 % en moyenne pour l'ensemble du globe; l'amincissement est plus marqué dans les régions polaires et moins marqué près de l'équateur. Au-dessus de l'Antarctique, un trou dans la couche d'ozone se forme désormais chaque année en septembre. En septembre 2006, la superficie moyenne de ce trou, qui était de 27,5 millions de kilomètres carrés, était la plus importante jamais observée (voir la photo). Un peu plus d'une semaine plus

### Protection contre les UV assurée par la couche d'ozone



Source : Programme des Nations unies pour l'environnement.

tard, des instruments ont enregistré les plus faibles concentrations d'ozone jamais observées au-dessus de l'Antarctique; la profondeur du trou d'ozone était alors à son maximum.

Parce que l'ozone absorbe certains des rayons ultraviolets biologiquement nocifs, une réduction des concentrations d'ozone stratosphérique permet à un plus grand nombre de ces rayons d'atteindre la surface de la Terre, où ils nuisent à la santé humaine, perturbent les processus biologiques et endommagent certains matériaux.

#### Substances appauvrissant la couche d'ozone

Le tableau ci-dessous présente les principales substances responsables de la destruction de la couche d'ozone, ainsi que l'utilisation qui en est faite au quotidien. Les produits de substitution à ces substances sont les hydrocarbures chlorés et fluorés (HCFC), les hydrofluorocarbones (HFC) et les perfluorurocarbones (R-14). Les HCFC, qui remplacent provisoirement les CFC, sont utilisés comme réfrigérants, solvants et agents extincteurs. Les HFC et les R-14 sont utilisés comme réfrigérants, propulseurs d'aérosol et solvants.

#### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

L'appauvrissement de la couche d'ozone a des répercussions importantes sur la santé des populations et l'économie de l'Amérique du Nord. Le phénomène est généralement plus marqué près des pôles, en particulier dans les régions du Nord et de l'Arctique.

#### Principales SACO, et leur utilisation

Substance	Utilisation
Chlorofluorocarbones (CFC)	Réfrigérants, solvants de dégraissage, propulseurs d'aérosol et agents d'expansion pour la fabrication de plastique alvéolaire
Hydrochlorofluorocarbones (HCFC)	Réfrigérants, solvants de dégraissage, propulseurs d'aérosol et agents d'expansion pour la fabrication de plastique alvéolaire
Halons	Agents extincteurs/systèmes d'extinction d'incendie
Tétrachlorure de carbone	Production de CFC (matière de base), solvants
Chloroéthène	Solvants industriels destinés au nettoyage, à la fabrication d'encre, etc.
Bromométhane	Insecticide fumigène utilisé pour lutter contre les parasites terrioles et les maladies touchant les récoltes avant la plantation

#### Effets des rayons UVB

La surexposition aux UVB, qui sont les rayons ultraviolets les plus nocifs, peut causer divers problèmes de santé : cancers de la peau et vieillissement prématuré, affections oculaires (comme la cataracte) et suppression du système immunitaire. Les processus physiologiques et de développement des végétaux sont eux aussi touchés par les rayons UVB, qui peuvent endommager les cultures fragiles comme le soja et le riz, et réduire le rendement des récoltes.

Le phytoplancton marin, qui constitue la base de la chaîne alimentaire aquatique des océans, subit lui aussi le stress causé par les rayons UVB. Par ailleurs, des études ont révélé que les rayons UVB sont nocifs pour les poissons, les amphibiens et d'autres animaux durant les premières phases de leur développement.

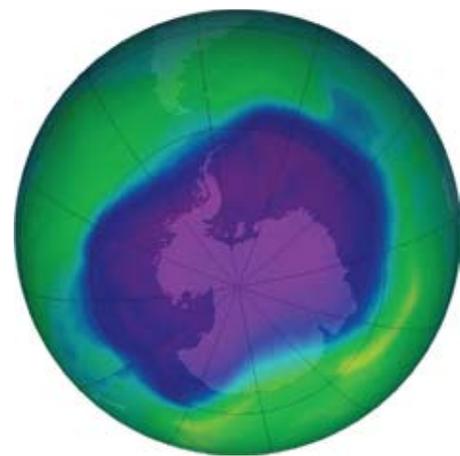
À plus grande échelle, les rayons UV du soleil pourraient nuire aux cycles biogéochimiques, terrestres et aquatiques, ce qui altérerait à la fois les sources et les puits de gaz à effet de serre et de gaz à l'état de traces important d'un point de vue chimique.

Enfin, les polymères synthétiques, les biopolymères présents dans la nature et d'autres matières ayant un usage commercial subissent les effets néfastes des rayons UV. L'augmentation des concentrations de rayons UVB accélère leur dégradation dans l'air ambiant.

#### Réduction des émissions

Le Canada, le Mexique et les États-Unis s'attaquent au problème de la destruction de la couche d'ozone en mettant un terme à la production et à l'utilisation de substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO), selon un

#### Trou de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique, entre le 21 et le 31 sept. 2006



Source : NASA.

échancier établi par le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Ces ententes ont conduit à l'élimination progressive de la production et de l'utilisation de CFC et d'autres SACO. À l'heure actuelle, 191 pays et l'Union européenne sont Parties au Protocole et mettent en application ses dispositions.

À la fin de 2005, les parties avaient réussi à éliminer conjointement plus de 95 % des SACO, en ramenant les niveaux de production de plus d'un million de tonnes de potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PACO) par an (niveau de 1990) à 93 000 tonnes de PACO annuellement. En Amérique du Nord, la production et l'utilisation ont diminué d'environ un tiers, pour représenter un cinquième du total mondial (voir le graphique).

Par ailleurs, jusqu'en 2005, la production et l'utilisation de substances appauvrissant la couche d'ozone en Amérique du Nord ont chuté de près de 97 % (voir le graphique). En raison du temps assez long qu'il faut aux SACO pour se déplacer du niveau du sol jusqu'à la stratosphère, l'impact de leur élimination ne se fera pas sentir avant de nombreuses années. On estime que la couche d'ozone pourrait se reconstituer d'ici 2050 environ, à condition que les substances qui l'appauvrissent. Par contre, les prédictions à long terme sont incertaines, parce qu'on ne comprend pas encore tous les processus d'appauvrissement de la couche d'ozone. Le rôle des SACO dont la durée de vie est très courte est encore à l'étude, de même que l'impact du changement climatique sur la stratosphère et l'appauvrissement de l'ozone.

### Surveillance des tendances relatives à l'ozone stratosphérique

Au-dessus de l'Amérique du Nord, les concentrations totales d'ozone stratosphérique ont commencé à baisser en 1965, pour atteindre leur niveau le plus bas en 1993. Depuis, la couche d'ozone a commencé à se reconstituer, mais à partir de la période 1998-2001, les concentrations globales moyennes étaient encore inférieures de 3 % à celles qu'on avait observées 20 ans auparavant. Depuis 1993, on observe une tendance à la hausse de ces concentrations au-dessus de l'Amérique du Nord, en raison de la diminution des émissions de SACO et de la reconstitution de la couche d'ozone stratosphérique.

### Commerce illicite des SACO

La situation est rendue un peu plus complexe par le commerce illicite d'importantes quantités de SACO à l'échelle mondiale. Même si tous les nouveaux CFC sont désormais interdits dans les pays industrialisés, des millions de réfrigérateurs, de climatiseurs d'automobiles et d'autres équipements utilisant des CFC sont encore en service. Il est possible d'assurer l'entretien de cet équipement avec des produits de remplacement, mais ils sont souvent plus coûteux. En outre, l'équipement usagé utilisant des CFC est exporté vers les pays en développement par des pays qui ont éliminé progressivement les CFC. Ces facteurs incitent les gens à

pratiquer le commerce illicite des SACO, dont on estime qu'il représente entre 10 et 20 % du commerce légitime à l'échelle planétaire. En raison des problèmes liés au commerce licite d'équipement et au commerce illicite de SACO, il pourrait être plus difficile de faire des progrès vers l'élimination ultime des SACO dans le monde entier.

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique est étroitement lié à d'autres enjeux environnementaux clés en Amérique du Nord – principalement le changement climatique et la santé des écosystèmes terrestres et aquatiques.

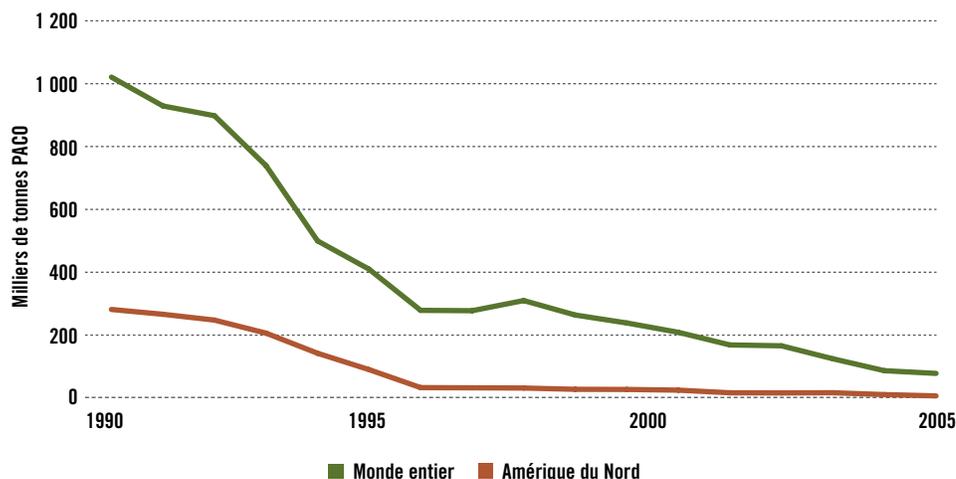
### Changements climatiques

À l'origine, on pensait que l'appauvrissement de la couche d'ozone et le changement climatique constituaient deux menaces distinctes. Mais récemment, la Commission d'évaluation environnementale chargée du Protocole de Montréal et le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ont affirmé qu'il existait des preuves scientifiques concluantes attestant que l'appauvrissement de la couche d'ozone et le changement climatique sont liés.

Certaines substances chimiques appauvrissant la couche d'ozone (CFC, HCFC et Halon 1301), ainsi que leurs produits de remplacement (HFC et R-14) sont de puissants gaz à effet de serre (GES). L'accumulation de GES, incluant les SACO, intensifie le réchauffement de la basse atmosphère, ce qui entraîne le refroidissement de la stratosphère. Ce refroidissement empêche la formation d'ozone et favorise la formation de trous dans la couche d'ozone au-dessus des régions polaires. Des études ont révélé que, d'ici 20 ans, le changement climatique pourrait supplanter les CFC en tant que principale cause de la perte globale d'ozone.

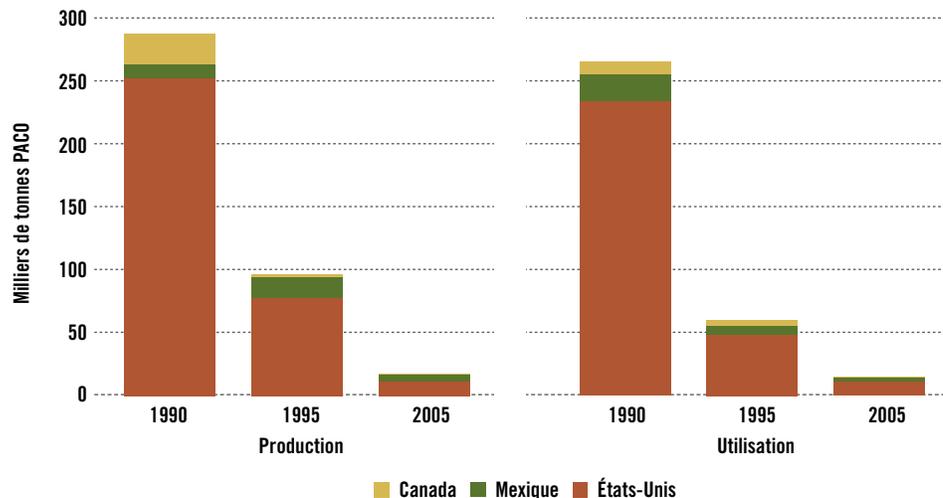
Les efforts déployés à l'échelle mondiale pour éliminer progressivement les substances appauvrissant la couche d'ozone ont profité au climat de la Terre de deux façons. Premièrement, la diminution nette mondiale des émissions de SACO a entraîné une chute des émissions de GES équivalant à plusieurs milliards de tonnes de dioxyde de carbone. Deuxièmement, les réductions nécessaires au respect des obligations internationales ont obligé les pays à moderniser fréquemment leur équipement et à adopter des pratiques énergétiques plus efficaces, ce qui réduit les émissions de GES.

Production totale déclarée de substances appauvrissant la couche d'ozone en Amérique du Nord



PACO = potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone. Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Réduction de substances appauvrissant la couche d'ozone en Amérique du Nord



PACO = potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone. Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement.

## Santé des écosystèmes terrestres et aquatiques

Les liens entre les écosystèmes terrestres et l'augmentation des niveaux de rayonnement UVB résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone sont complexes. Les réactions des plantes et des autres organismes à l'augmentation des rayonnements UV-B dépendent de divers facteurs environnementaux comme le dioxyde de carbone, la disponibilité de l'eau et des substances minérales nutritives, les métaux lourds et la température. Bon nombre de ces facteurs sont également en train de changer avec la modification du climat planétaire.

Des niveaux plus élevés de rayonnement UVB sont néfastes pour les organismes terrestres, incluant les plantes et les microbes. Ils modifient les modèles d'activité génétique et influent sur le déroulement du cycle de vie, et modifient la forme des plantes et la production de phytochimiques qui ne sont pas directement liés au métabolisme primaire. Non seulement les phytochimiques sont-ils importants parce qu'ils protègent les plantes contre les attaques de pathogènes et d'insectes, mais ils influent également sur la qualité de la nourriture des êtres humains et des animaux au pâturage.

Les effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone et de l'intensification des rayonnements UV sur les écosystèmes aquatiques sont eux aussi complexes. Une intensification des rayons solaires a des effets néfastes sur la croissance, la photosynthèse, la teneur en protéines et en pigments et la reproduction du phytoplancton, mais aussi sur les zostères marines, qui sont d'importantes productrices de biomasse dans les écosystèmes aquatiques.

Le zooplancton et d'autres organismes aquatiques, dont les oursins, les coraux et les amphibiens, sont eux aussi sensibles aux rayons UV-B. Les écosystèmes marins des régions polaires, où l'augmentation du rayonnement UVB lié à l'ozone est la plus importante, sont probablement les écosystèmes océaniques qui subissent le plus l'incidence de l'appauvrissement de la couche d'ozone.

Il existe par ailleurs un lien important entre les rayons UVB, les écosystèmes aquatiques et le réchauffement planétaire. Lorsque ces écosystèmes sont exposés à un niveau plus élevé de rayonnement UVB, leur capacité à jouer le rôle de puits pour le dioxyde de carbone atmosphérique diminue. 🦋

## Étude de cas – Élimination progressive du bromométhane en Amérique du Nord

Le bromométhane (BrM), gaz inodore et incolore hautement toxique, est utilisé en agriculture comme fumigant de sol et de structures afin de lutter contre une grande variété de parasites. Toutefois, parce que le BrM appauvrit la couche d'ozone stratosphérique, le Canada, le Mexique et les États-Unis se sont entendus, en vertu du Protocole de Montréal, pour éliminer progressivement le bromométhane utilisé comme pesticide agricole d'ici 2005 aux États-Unis et au Canada, et d'ici 2015 au Mexique. Cette élimination progressive prévoit une exemption des traitements en quarantaine et des traitements préalables à l'expédition (QTPE), visant à éliminer les parasites en quarantaine, ainsi que l'exemption pour utilisation essentielle, conçue pour les agriculteurs qui n'ont pas d'autres solutions techniquement ou économiquement viables.

Les États-Unis fabriquent du BrM et en exportent vers le Canada et le Mexique, car aucun de ces deux pays n'en produit. Dans les trois pays, on utilise le BrM pour les cultures comme les fraises, le tabac, les asperges, les fleurs, les pommes de terre, les tomates, les poivrons et les concombres.

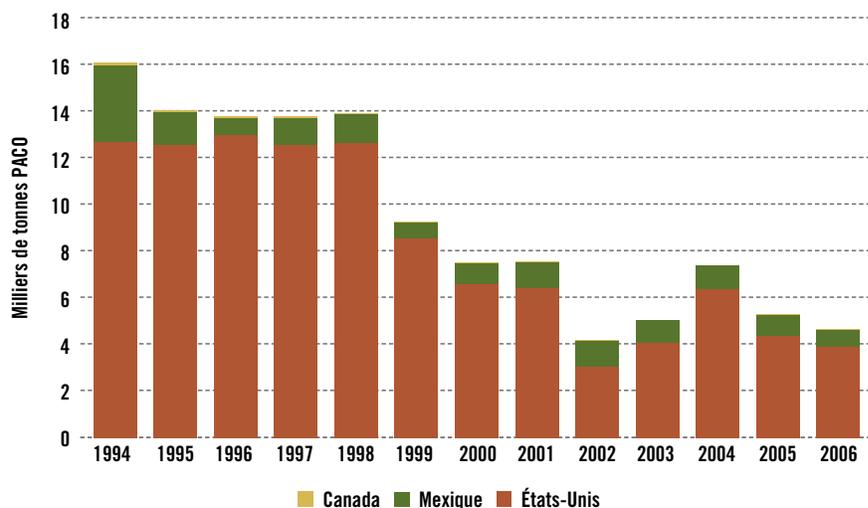
La concurrence entre producteurs agricoles pour l'application des différents calendriers d'élimination des trois pays a eu une incidence sur la façon dont le Canada, le Mexique et les États-Unis mettent progressivement un terme à l'utilisation de BrM (le graphique illustre la consommation de BrM des trois pays entre 1994 et 2006).

Le BrM utilisé au Canada (25 tonnes PACO en 2006) représente moins de 1 % de l'utilisation mondiale de BrM. L'interdiction qui vise le BrM s'accompagne de la promotion de technologies de remplacement, qui mettent l'accent sur la gestion intégrée des parasites. Le Canada a demandé un petit nombre d'exemptions pour utilisation essentielle pour la production de plantules de fraises et la fumigation des minoteries et des usines de fabrication de pâtes.

Avec une consommation qui représente environ 7 % du total mondial, le Mexique a le droit d'adopter une approche flexible à titre de pays en développement, en vertu du Protocole de Montréal. Son taux d'utilisation a atteint un niveau record en 1994, avec 3 253 tonnes PACO, puis est passé à 723 tonnes en 2006. Le Mexique entend réduire son utilisation de BrM en plusieurs étapes.

Les États-Unis, qui demeurent un gros producteur et utilisateur de BrM, ont demandé des exemptions pour le BrM au-delà de la date d'élimination initiale établie en 2005. En 2006, ils ont produit 6 502 tonnes PACO de BrM (55 % du total mondial). La même année, ils ont utilisé 3 885 tonnes PACO de BrM (près de 40 % du total mondial). Malgré ces demandes d'exemption, les États-Unis ont réduit leur production de BrM de plus de 60 % et leur utilisation, de plus de 75 % entre 1991 et 2006.

Utilisation de bromométhane en Amérique du Nord



PACO = potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone. Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement.



## Utilisation des terres

### Messages clés

- L'utilisation des terres a une incidence sur le fonctionnement des écosystèmes, sur la diversité biologique, sur la quantité et la qualité de l'eau et sur le climat. Les humains ont considérablement modifié l'utilisation naturelle des terres d'une manière qui influe sur la prestation de services essentiels relatifs aux écosystèmes.
- Les plus importantes altérations humaines touchant l'utilisation naturelle des terres englobent des modifications généralisées qui ont entraîné une réduction et une perturbation des régions boisées, des prairies et des zones humides indigènes à des fins d'exploitation agricole, d'élevage, d'exploitation de ressources et d'établissement humain.
- Environ seize pour cent du territoire nord-américain est désigné à titre de « zone protégée », par les gouvernements nationaux, afin de préserver des espèces importantes et les espaces naturels et de maintenir des services environnementaux. Certaines zones protégées subissent l'incidence d'activités humaines envahissantes, tandis que d'autres, situées dans des régions éloignées, sont touchées moins directement par ce type d'activités.
- Comparativement aux changements globaux apportés au paysage depuis l'époque de la colonisation européenne, l'ampleur des modifications annuelles est limitée. Cependant, dans certaines régions, les taux de déforestation et d'urbanisation ont une incidence sur les systèmes écologiques locaux et sur le climat planétaire.

**Utilisation des terres s'entend des utilisations auxquelles les humains affectent la couverture terrestre, notamment les forêts et les prairies. Certaines utilisations, en particulier celles qui sont moins intensives ou qui entraînent une modification moins importante des systèmes naturels, perturbent moins les services relatifs aux écosystèmes, par exemple, les services d'épuration de l'eau, d'alimentation des nappes souterraines, de recyclage des éléments nutritifs, de décomposition des déchets, de régulation climatique et de maintien de la biodiversité.**

### Enjeu environnemental à l'étude

L'utilisation des terres constitue l'une des manifestations les plus frappantes de la présence des humains et de leur incidence matérielle sur la planète. D'un point de vue fondamental, les humains ont modifié les tendances globales et la prévalence des espèces et des écosystèmes. Plusieurs études récentes confirment que les écosystèmes dominés par les humains occupent maintenant une superficie des terres émergées plus importante que les écosystèmes naturels, ou « sauvages ». Selon une estimation, plus de 75 % des terres libres de glaces portent des traces d'altération découlant de l'habitation et de l'activité humaines, et moins du quart demeurent en friche. Les terres cultivées et les pâturages constituent aujourd'hui l'une des catégories les plus importantes d'utilisation des terres, et occupent environ 40 % des terres émergées du globe. Les paysages intacts—c'est-à-dire ceux qui présentent peu ou pas de signes apparents d'activités humaines à grande échelle, que ce soit l'agriculture, la coupe de bois, l'exploitation minière, la voirie ou l'aménagement de pipelines ou de lignes de transport d'électricité—sont de plus en plus rares. On peut, notamment, mesurer l'étendue des paysages intacts à l'aide de l'indice d'influence humaine, qui s'appuie sur des données touchant la densité de la population, les types de peuplement, l'utilisation des terres et l'infrastructure pour déterminer l'incidence humaine directe sur les écosystèmes terrestres (voir la carte). L'incidence humaine directe est la plus élevée dans les régions côtières et les zones agricoles axées sur la culture en rangs, de même que dans les voies de transport et à proximité des agglomérations.

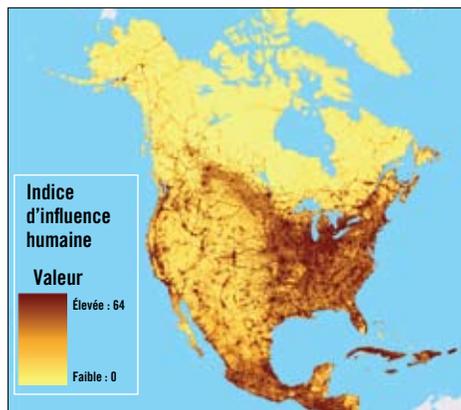
Bien que l'étendue des terres en Amérique du Nord demeure relativement constante, la manière dont les terres sont utilisées évolue continuellement. La relation entre l'utilisation des terres et la couverture terrestre est complexe, du fait qu'une couverture donnée peut correspondre à diverses utilisations. Par exemple, les régions boisées peuvent être affectées à la production de bois d'œuvre, à l'habitat, à des activités récréatives ou à la protection de bassins hydrologiques. De même, certaines utilisations des terres (p. ex., l'agriculture) peuvent entraîner le maintien de plusieurs couvertures terrestres distinctes au fil du temps, y compris des cultures arables, des terres à bois, voire des zones brûlées. Malgré cette complexité, les efforts mis en œuvre afin de classer les utilisations des terres et les couvertures terrestres peuvent se révéler utiles sur le plan de l'analyse de l'incidence humaine sur les écosystèmes naturels. La modification de l'utilisation des terres a des conséquences sur la répartition et sur la nature de la couverture terrestre (notamment les forêts, les terres cultivées et les zones urbanisées), sur la capacité des écosystèmes d'assurer des services essentiels au maintien de la vie, voire sur l'élévation et sur le terrain.

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

En Amérique du Nord, les activités humaines ont entraîné des modifications de la couverture végétale et du paysage d'origine qui ont des répercussions importantes sur le paysage terrestre, sur l'environnement et sur les systèmes écologiques. L'utilisation des terres et la couverture



## Indice d'influence humaine en Amérique du Nord, 2000



Source : Center for International Earth Science Information Network and Wildlife Conservation, données *Last of the Wild*, version 2, 2005 (LWP-2) : Global Human Influence Index.

terrestre influent sur de nombreux aspects de la qualité de l'environnement et sur les services fournis par les écosystèmes.

### Forêts

Les forêts, aménagées et non aménagées, couvrent environ le tiers de la surface émergée de l'Amérique du Nord. Cette zone boisée comporte de nombreux types de forêts, notamment la forêt boréale, qui recouvre principalement le Canada et une partie de l'Alaska, et qui compte pour quelque 45 % des terres. Les forêts tempérées et tropicales constituent le reste de la zone arborée. D'un point de vue global, l'Amérique du Nord possède près de 20 % des forêts mondiales et plus du tiers des forêts boréales de la planète.

La superficie de terres forestières est relativement stable au Canada; cependant, elle augmente légèrement aux États-Unis et elle diminue au Mexique. Depuis 1990, les zones forestières du Canada ont affiché une augmentation nette inférieure à 1 %, alors que la couverture forestière des États-Unis a augmenté d'environ 1,5 %. Au cours de la dernière décennie, le Mexique a perdu entre 3,5 et 5 millions d'hectares de forêts tempérées et tropicales. Le taux annuel estimatif de déforestation du Mexique varie de 0,5 % à 1,14 %, entre le début des années 1990 et 2000.

La modification de la structure des écosystèmes forestiers découlant des contraintes humaines peut rendre les forêts plus vulnérables aux ravages causés par les incendies, la sécheresse, les infestations d'insectes et la pollution atmosphérique. Par exemple, au Canada, la coupe à blanc a entraîné la prolifération du sapin baumier, qui est vulnérable à la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Près de la moitié des forêts des États contigus est considérée comme

très fragmentées, c'est-à-dire qu'une bonne partie de la zone forestière se trouve tout près d'une lisière de forêt. Bien que les États-Unis comptent de nombreuses régions forestières très vastes, le morcellement est tellement intense que les effets lisières perturbent les processus écologiques et la qualité de l'habitat faunique dans la plupart des régions boisées. Au Mexique, la structure et la composition des terrains boisés restants ont été modifiées par l'extraction sélective d'essences privilégiées et par la conversion extensive de forêts en pâturages.

### Agriculture

Au total, près du tiers de la superficie de l'Amérique du Nord est affecté à une utilisation agricole. Bien que le continent nord-américain représente 12 % seulement des terres agricoles mondiales, il fournit près de 20 % de la production céréalière et un pourcentage équivalent de la production de viande à l'échelle de la planète.

Depuis 1990, la superficie globale des terres consacrées à l'agriculture en Amérique du Nord a diminué d'environ 1,5 %. Au Mexique, la période de 1940 à 1965 a été la plus propice à l'utilisation des terres à des fins d'agriculture et d'élevage, avec un taux de croissance annuel allant jusqu'à 10 %. Malgré un ralentissement, l'utilisation agricole des terres du Mexique a continué d'augmenter à un taux de 3,5 % par an après 1990, et demeure un facteur important de transformation des terres. Au Canada et aux États-Unis, la superficie de terres affectées aux cultures a diminué depuis les années 1950. Toutefois, malgré la réduction de la superficie agricole globale, l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement demeure important. Selon des études récentes, une charge excessive en éléments nutritifs liée à l'agriculture a créé une zone hypoxique considérable caractérisée par une faible quantité d'oxygène dissous dans le nord du golfe du Mexique, ce qui cause un stress écologique et la mort d'organismes aquatiques des grandes profondeurs.

La superficie agricole consacrée au pâturage permanent en Amérique du Nord est demeurée relativement stable depuis 1990. Toutefois, selon l'évolution historique de l'utilisation des terres liée à l'agriculture et à l'élevage de bétail, les pâturages tempérés nord-américains ont subi des modifications importantes, qui ont transformé l'écosystème et entraîné une perte considérable de la biodiversité, notamment en ce qui concerne des espèces comme les oiseaux des prairies, le bison, le chien de prairie et le putois d'Amérique. Les prairies comptent parmi les écosystèmes les plus mena-

cés du continent (voir l'étude de cas). En 2001, environ 55 espèces fauniques des prairies des États-Unis étaient menacées ou en voie de disparition. Au Mexique, le surpâturage réduit la productivité des prairies et constitue une menace pour la biodiversité.

### Terres humides

Les terres humides couvrent plus de 10 % de l'Amérique du Nord. Elles constituent ainsi une superficie de 2,5 millions de kilomètres carrés, soit quelque 40 % des terres humides de la planète. Les terres humides, qui comprennent les marécages, les tourbières et les marais, ont toujours été sous-évaluées, car elles étaient considérées comme des terres incultes destinées à être draguées dans le cadre de l'aménagement de ports et de ports de plaisance ou drainées à des fins d'exploitation agricole, de construction immobilière ou d'autres projets d'aménagement. Au cours des dernières années, les scientifiques ont catalogué les nombreuses contributions écologiques importantes des terres humides, à titre d'aires de reproduction de gibier d'eau, de poissons et de crustacés, de zones propices au captage de sédiments et de matières organiques, à des fins de rétention de l'eau et d'atténuation des inondations et à titre de barrières protectrices contre les tempêtes dans les régions côtières, notamment. En date de 2004, l'Amérique du Nord comptait près de 20 000 kilomètres carrés de terres humides au titre de la Convention sur les zones humides (Convention « Ramsar »), désignées comme étant d'importance internationale.

Aux États-Unis, près de la moitié des terres humides des États contigus ont été asséchées depuis la colonisation européenne<sup>1</sup>. Au Canada, 14 % seulement des terres humides ont été perdues au cours de cette période, principalement dans la partie méridionale du pays. Dans les deux pays, les utilisations agricoles ont compté pour environ 85 % de la perte de terres au fil des ans. Toutefois, la conversion agricole a ralenti au cours des dernières années, et l'aménagement urbain et la suburbanisation contribuent aujourd'hui d'une manière plus importante à la perte de terres humides. La superficie des terres humides du Mexique est évaluée à quelque 36 000 kilomètres carrés, et on estime que 16 000 kilomètres carrés ont été perdus au fil du temps. Les terres humides du Mexique se situent, en majeure partie, dans les zones côtières, où elles subissent des contraintes liées à l'infrastructure pétrolière, au développement urbain et touristique, à l'élevage de bétail et à l'aquaculture.



### Zones urbaines

Les établissements humains, notamment les villes, les villages et les banlieues, varient largement des points de vue de la densité, de la forme et de la distribution. Les établissements urbains, tels qu'ils ont été définis par les bureaux du recensement du Canada, du Mexique et des États-Unis, comptent de 75 % à 80 % de la population du continent. Il est difficile de déterminer l'étendue des établissements humains à l'échelle de l'Amérique du Nord, car la définition de ce type d'établissements varie largement, particulièrement d'un pays à l'autre. Cependant, une estimation, fondée sur des images satellites représentant l'éclairage nocturne, situe la superficie des établissements urbains nord-américains à près de 5 % de la masse terrestre continentale. Le peuplement et l'urbanisation ont entraîné une augmentation de la construction sur des sols imperméables, ce qui réduit l'absorption de l'eau sur place et l'alimentation des nappes souterraines et accroît la déviation des eaux d'orage, le ruissellement et les conséquences sur les régimes des eaux de surface.

Étant donné que la majorité de la population de l'Amérique du Nord et les terres les plus fertiles du continent occupent généralement les mêmes régions, l'urbanisation et l'étalement urbain ont également entraîné la perte de terres agricoles. Environ la moitié de la superficie transformée en vue d'affectations urbaines au Canada, au cours des 30 dernières années, était jadis constituée de terres agricoles. Aux

États-Unis, les terres cultivées représentaient 20 % des 36 400 et quelques kilomètres carrés de terres aménagées entre 1997 et 2001, tandis que les sols forestiers comptaient pour 46 % et les pâturages, pour 16 %. Ces dernières années, l'étendue des terres défrichées (à des fins urbaines et industrielles) aux États-Unis a augmenté rapidement. Plus précisément, leur étendue a augmenté selon un taux de 47 % entre 1982 et 2002, soit près de la moitié du taux de croissance démographique. Au Mexique, 99 523 hectares ont été convertis à des fins d'utilisations urbaines entre 1993 et 2000.

L'expansion des régions suburbaines et rurales peu peuplées est liée non seulement à la perte de terres agricoles à fort rendement, mais aussi à la fragmentation et à la perte de terrains forestiers, de terres humides, de pâturages et d'autres habitats fauniques, ainsi qu'à la perte de la biodiversité connexe. En outre, l'expansion des régions agricoles a accru le risque d'incendies d'« interface », associés à l'entremêlement des établissements et des forêts et des prairies inflammables.

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

Les modifications apportées à la couverture terrestre créent une menace pour la diversité biologique; en outre, elles contribuent au changement climatique et se répercutent sur le fonctionnement des écosystèmes et sur les services relatifs à ces derniers.

### Biodiversité

La perte de l'habitat représente la plus grande menace pour la biodiversité. Lorsqu'un habitat est perdu ou fragmenté, les espèces qui en dépendent subissent diverses contraintes qui entraînent, tôt ou tard, une réduction de leurs populations. Depuis deux siècles, l'Amérique du Nord a connu des transformations radicales de ses systèmes écologiques et des modifications importantes sur le plan de l'abondance d'espèces. Pendant que les pays ont cherché des moyens de répondre aux besoins en matière de transport, de logement et d'énergie et à d'autres besoins matériels, l'environnement naturel a subi des contraintes découlant de la conversion de la couverture terrestre, de la fragmentation de l'habitat et de la pollution.

Les zones protégées désignées à l'échelon national représentent actuellement 16 % de la superficie du continent nord-américain. Ce statut de protection juridique a réduit l'anthropisation du milieu dans certaines régions à forte densité de population. Ailleurs, l'éloignement, le terrain et le climat font en sorte que de vastes étendues de territoire sont protégées *de facto* contre l'influence humaine directe (voir les plans). Toutefois, compte tenu du changement climatique, même les régions les plus éloignées subiront les conséquences directes et indirectes de l'activité humaine.

### Changements climatiques

Les décisions relatives à l'utilisation des terres peuvent avoir des répercussions importantes

Zones protégées d'Amérique du Nord (gauche) et zones soumises à la plus faible influence humaine (droite)



Sources : Commission de coopération environnementale de l'Amérique du nord et Center for International Earth Science Information Network and Wildlife Conservation, données *Last of the Wild*, version 2, 2005 (LWP-2) : Global Last of the Wild.



sur la contribution des activités humaines aux émissions de gaz à effet de serre liées aux changements climatiques. Par exemple, les décisions concernant l'étendue et les types de peuplement humain ont eu des répercussions importantes et à long terme sur le transport et sur les émissions connexes de gaz à effet de serre. De même, les décisions touchant la protection des forêts de l'Amérique du Nord influent, à leur tour, sur les services assurés par ces forêts, en tant que puits de carbone – elles ont absorbé quelque 269 millions de tonnes de dioxyde de carbone par an depuis une dizaine d'années. Les forêts de l'Amérique du Nord contiennent plus de 170 milliards de tonnes de carbone, dont 28 % sous forme de biomasse vivante et 72 % sous forme de nécromasse. L'extraction nette actuelle de carbone de l'atmosphère et son stockage dans la végétation et dans les sols découle, en majeure partie, non pas de pratiques de gestion délibérées, mais plutôt de l'incidence conjointe de la gestion antérieure et de la réaction des écosystèmes terrestres à la modification du milieu. L'élimination substantielle de carbone, par les forêts du Canada et des États-Unis, découle, en grande partie, de l'abandon de terres agricoles et de la régénérescence subséquente d'arbustes et d'arbres.

#### Quantité et qualité de l'eau

Les activités liées à l'utilisation des terres influent souvent sur la qualité de l'eau et sur l'hydrologie. Par exemple, le déboisement peut accroître la vulnérabilité aux crues-éclair et entraîner une augmentation de la charge sédimentaire des ruisseaux situés à proximité. L'urbanisation donne lieu à un ruissellement excessif d'eaux d'orage, qui peut causer des inondations, accroître la pollution, créer un déficit sur le plan de l'alimentation des nappes souterraines et altérer l'écologie des ruisseaux. En outre, l'aménagement des régions rurales a des conséquences sur le débit des cours d'eau, modifiant les écosystèmes aquatiques et leur capacité de préserver l'équilibre de l'habitat et des sédiments. Les effets communs de l'altération de l'utilisation des terres sur la qualité de l'eau comportent, notamment, l'accroissement de la demande de matières organiques et de la demande biologique en oxygène, la modification de la température et de la charge sédimentaire des ruisseaux, la salinisation et la modification du débit d'eau et de la charge de produits chimiques toxiques, y compris les pesticides et les engrais. 🐝

### Étude de cas – Prairies de l'Amérique du Nord



Source : Commission de coopération environnementale de l'Amérique du Nord.

Les prairies naturelles du centre de l'Amérique du Nord constituent une région écologique transfrontalière qui recoupe le Canada, les États-Unis et le Mexique. Les prairies herbeuses vallonnées forment une vaste région géographique contiguë (voir la carte) qui présente un large éventail d'espèces, d'utilisations des terres et de pratiques culturelles et sociales, ainsi que divers régimes politico administratifs et conjonctures économiques. Les prairies nord-américaines constituent l'un des plus vastes biomes de la planète.

Les prairies du nord du continent nord-américain représentent les terrains les plus propices à la reproduction des oiseaux aquatiques, notamment des espèces caractéristiques des régions de l'est et de l'ouest du continent. Les prairies abritent des populations résidentes d'oiseaux, et elles offrent des sites de nidification et de repos aux espèces migratrices. Plus de la moitié des canards en période de nidification et nombre d'espèces fauniques qui dépendent des prairies des États-Unis sont tributaires de cet habitat crucial. La région abrite également les populations connues les plus importantes de certaines espèces de colibris, de loriot, de bruants, de fauveltes, de cailles et de grives. Les prairies méridionales sont reconnues pour leur mosaïque hétérogène d'espèces, y compris 23 % des 1 500 et quelques espèces de cactus que l'on trouve dans le monde.

Malheureusement, depuis 150 ans, cet écosystème s'est largement dégradé. Aux États Unis, moins de 10 % des prairies indigènes à herbes hautes sont encore utilisés sous forme de pâturages; 71 % ont été convertis en terres à cultiver et 19 %, en zones urbaines. La perte importante d'habitats des prairies est principalement attribuable à la modification de l'utilisation des terres, notamment la conversion historique des sols en terres agricoles ou en pâturages, à la pollution chimique liée à l'agriculture, à la surutilisation de l'aquifère et à des méthodes d'élevage non viables. L'élevage intensif de bétail dans ce type de région fragile a souvent une incidence néfaste sur les propriétés et les caractéristiques de la végétation et des sols, et donc sur la survie de nombreuses espèces végétales et animales. En outre, la réduction de la superficie des prairies accentue la vulnérabilité de la région à l'érosion éolienne, ce qui réduit sa qualité à titre d'habitat faunique. Le compactage des sols nuit au rétablissement naturel et mène à la désertification. D'autres menaces importantes sont liées, notamment, au forage pétrolier et gazier, à l'urbanisation et aux réseaux routiers connexes, à la densité de population et à l'utilisation excessive des eaux souterraines, à la présence croissante d'espèces envahissantes et à l'augmentation de l'aridité découlant du changement climatique.



## Océans et côtes

### Messages clés

- Les océans et les régions côtières sont essentiels au bien-être social et économique de l'Amérique du Nord. Les écosystèmes côtiers et maritimes du continent abritent une grande diversité de mammifères marins, de poissons, d'invertébrés et de plantes. C'est également dans les régions côtières qu'on trouve certaines des plus fortes densités de population et où les taux de croissance démographique sont les plus élevés.
- Les océans et les régions côtières de l'Amérique du Nord fournissent une multitude de biens et de services : pêcheries, couloirs commerciaux, loisirs et tourisme, production pétrolière et gazière. Les utilisations directes que font les humains de ces écosystèmes, jumelées aux effets des changements climatiques, modifient l'état des écosystèmes et leur biodiversité.
- Compte tenu de la diversité des écosystèmes côtiers et de la variabilité des activités humaines qui ont un impact sur eux, il est difficile de décrire leurs conditions globales. De manière générale, les écosystèmes côtiers subissent des effets cumulatifs importants liés aux activités anthropiques, notamment le développement et les nouvelles utilisations des terres. Par ailleurs, la productivité de certaines pêches en haute mer a considérablement diminué en raison des taux d'exploitation élevés.
- Malgré les progrès réalisés dans l'utilisation de méthodes de gestion en fonction des écosystèmes et de l'approche préventive, les tendances observées en Amérique du Nord montrent que certaines régions continuent de faire l'objet d'une pêche excessive et que les problèmes liés aux nouvelles utilisations des terres, les dommages causés à l'habitat et les prises accidentelles demeurent préoccupants. On peut s'attendre à ce que les changements climatiques exercent d'autres pressions sur les écosystèmes marins et côtiers et diminuent leur capacité d'adaptation; l'océan Arctique subira des effets particulièrement importants liés aux nouvelles conditions environnementales (comme la diminution de la couverture des glaces de mer) et à l'augmentation connexe de l'activité économique.

**Les océans—vastes étendues d'eau salée qui couvrent plus de 70 % de la surface du globe terrestre—déterminent le climat, facilitent les transports et abritent une grande partie de la biodiversité de la planète. Les océans et les côtes—qui constituent le point de jonction entre la terre et la mer—fournissent une foule de biens et de services importants : pêcheries, couloirs commerciaux, loisirs et tourisme, production pétrolière et gazière et diversité écologique.**

### Enjeu environnemental à l'étude

Les écosystèmes côtiers et marins soutiennent certains des habitats les plus importants et les plus productifs au monde, notamment des estuaires, des terres humides côtières, des plages, des mangroves, des herbiers, des récifs de coraux, des monts sous-marins et des zones de remontée des eaux. Dans les trois pays de l'Amérique du Nord, ces écosystèmes s'étendent jusqu'à 100 kilomètres à l'intérieur des terres et couvrent l'ensemble du territoire maritime. La santé de ces habitats dépend de la qualité des processus chimiques et physiques des écosystèmes, de même que de celle des communautés biologiques connexes. La dégradation et la perte de ces habitats influent sur la viabilité et la productivité de ressources naturelles essentielles.

À l'échelle mondiale, les zones côtières produisent plus de services écosystémiques que la plupart des autres zones géographiques, même celles qui couvrent une grande superficie. Les effets des changements environnementaux se font par ailleurs sentir plus rapidement sur ces écosystèmes. Au cours des dernières décennies, dans les pays qui effectuent une surveillance, plus du tiers des mangroves ont disparu ou ont été converties. Par ailleurs, environ 20 % des récifs de coraux du monde ont disparu et 20 % de plus ont vu leur qualité se détériorer. Dans certains pays, la perte de terres humides côtières atteint 20 % par année. Dans l'océan Arctique, certains effets des changements climatiques sur les zones marines et côtières peuvent déjà être observés, et



Miami, Floride.



Saumoneaux de l'Atlantique. Photo: US Fish and Wildlife Service.

d'autres devraient se manifester. Ces effets sont les suivants : diminution de la couverture des glaces de mer, érosion du littoral, inondations attribuables à l'élévation du niveau des mers et fonte du pergélisol.

Une analyse récente des effets cumulatifs des activités humaines sur les océans a révélé que les plates-formes continentales « dures » et « instables » et les récifs rocheux sont les écosystèmes qui ont été le plus touchés. Toujours selon cette analyse, près de la moitié des récifs de coraux subiraient des effets modérés-élevés à très importants. Les écosystèmes en eau peu profonde à fond meuble et les écosystèmes pélagiques en eau profonde sont ceux qui subissent les effets les moins importants, compte tenu de leur moins grande vulnérabilité à la majorité des

éléments anthropiques. Les résultats d'analyse montrent essentiellement les effets cumulatifs des plus importants sur les écosystèmes côtiers (voir la carte). Par contre, l'analyse ne tient pas compte de toutes les nouvelles pressions exercées sur les écosystèmes côtiers de l'Arctique et associées aux effets des changements climatiques.

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

Les ressources marines et les zones côtières contribuent largement au bien-être social et économique de l'Amérique du Nord. C'est en effet dans les zones côtières du continent qu'on trouve certaines des plus fortes densités de population et des plus hauts taux de croissance démographique. En 2000, 36 % de la population de l'Amérique du Nord vivait à moins de 100 kilomètres d'une côte.

### Pêcheries

Les pêcheries sont un élément important de l'économie des localités côtières de l'Amérique du Nord, mais leur viabilité à long terme passe par l'amélioration de la gestion des ressources.

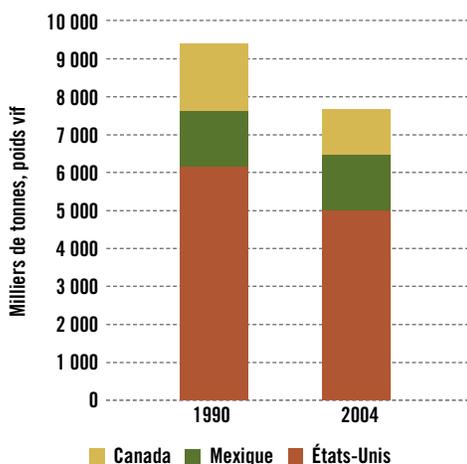
Le Canada exploite plus de 100 espèces de poissons ayant une importance commerciale. En 2004 ce pays se classait au sixième rang mondial des exportateurs de poissons et de produits du poisson, générant des revenus de plus de 2 milliards de dollars canadiens. Les principales espèces de poissons marins du Canada sont le merlu, le sébaste, la morue, le hareng, le saumon et le capelan; la crevette, le pétoncle, le homard et le crabe des neiges sont les principaux crustacés pêchés. Or, le secteur

des pêches canadien connaît certains problèmes. On a observé un déclin marqué des stocks de poissons de fond au large des côtes de l'Atlantique et des populations de saumon du Pacifique. Le Canada adopte une gestion préventive et écosystémique des pêches afin de garantir leur durabilité et de gérer leur impact sur les zones sensibles. En 2004, le Canada a annoncé sa vision d'un secteur des pêches renouvelé qui vise à améliorer le rendement économique et biologique des pêches canadiennes conformément à ces principes.

Le Mexique se classe parmi les 20 plus grands producteurs de fruits de mer au monde, avec 1,5 % de la production mondiale en poids. Les écosystèmes marins du Mexique procurent d'autres avantages économiques encore plus importants—les récifs de coraux, les eaux cristallines et les plages de sable blanc attirent de nombreux touristes. Mais le développement industriel et côtier, l'agriculture et le tourisme ont hypothéqué les écosystèmes du Mexique, et le pays n'a pas été en mesure de maintenir la croissance quasi exponentielle des pêches enregistrée au cours des dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, entre autres en raison de l'effondrement des stocks d'anchois. Le nombre de prises, qui est demeuré stable ou a diminué, la surexploitation d'espèces ayant une importance sociale pour la pêche artisanale, et l'absence de solutions de rechange en matière de développement rural ont entraîné des problèmes, surtout dans les secteurs où les pêches sont importantes au niveau local, comme à Sinaloa et Sonora.

Au chapitre de la valeur des prises en mer et dans les eaux intérieures, les États-Unis sont au troisième rang mondial des producteurs de fruits de mer, derrière la Chine et le Pérou. En 2004, les États-Unis se classaient au quatrième rang des exportateurs et au deuxième rang des importateurs de poissons et de produits du poisson (valeur). Aux États-Unis, certaines populations de poissons ont augmenté, tandis que dans d'autres cas, les stocks ont diminué. Le nombre des populations de poissons surexploités a augmenté passant de 43 en 2005 à 47 en 2006. Les niveaux de biomasse des stocks surexploités sont inférieurs aux seuils biologiques établis dans les plans de gestion des pêches. Le nombre des populations qui sont « susceptibles d'être surexploitées » est passé de 45 à 48. On parle de surexploitation lorsque le taux de récolte dépasse le niveau qui assure le rendement équilibré maximal. La majorité des 530 populations évaluées aux États-Unis ne sont ni surexploitées (75 %) ni susceptibles de l'être (80 %). En 2007, les États-Unis ont édicté une loi qui

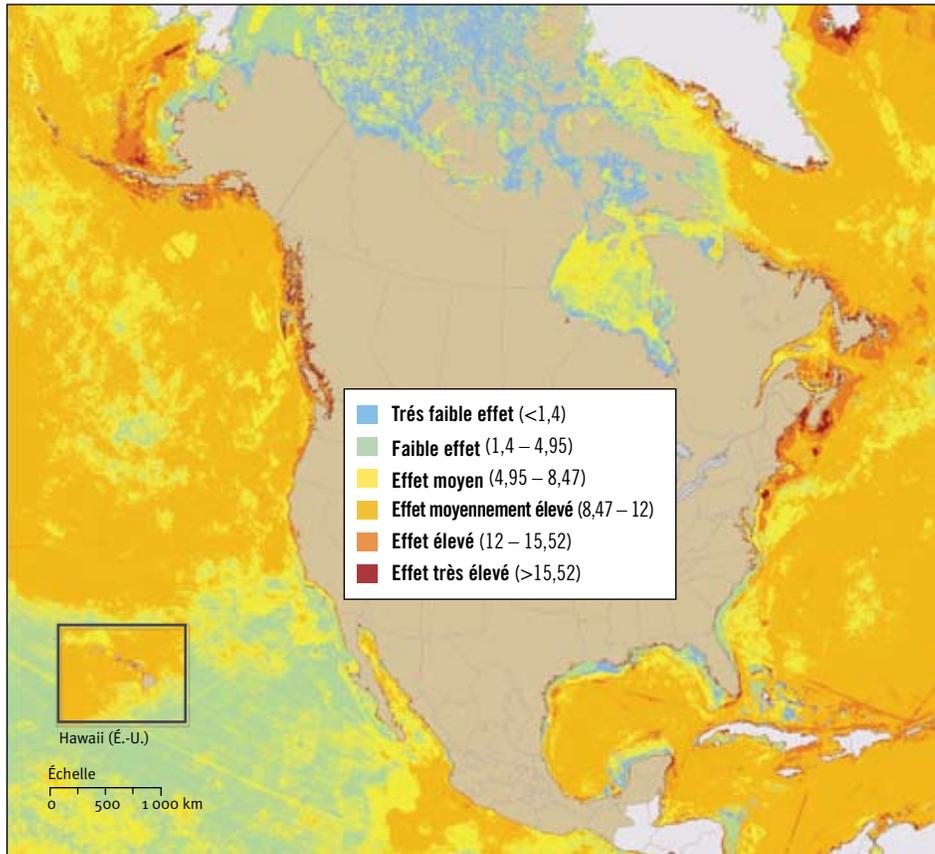
Prises nord-américaines, 1990 et 2004



Source : Pêches et Océans Canada.



## Effets des activités humaines sur les écosystèmes marins de l'Amérique du Nord



Source : Adapté de Benjamin S. Halpern, "A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems", *Science*, 15 février, 2008, p. 948-952.

renferme des dispositions visant à mettre fin à la surpêche, à promouvoir la gestion des pêches en fonction du marché, à améliorer les sciences halieutiques et la coopération internationale, à traiter les problèmes de pêches illégales et non déclarées d'espèces protégées, de même que les prises accidentelles de ces espèces.

Au fil des ans, les principales industries de pêche des trois pays nord-américains ont enregistré une diminution de la production. En 2004, les débarquements commerciaux atteignaient plus de 7,6 millions de tonnes, ce qui correspond à une diminution de près de 20 % depuis 1990 (voir le graphique).

Si les régions du nord-est de l'Amérique du Nord ont été particulièrement touchées par les pressions de la pêche, les stocks du golfe du Mexique et des Caraïbes, du golfe de Californie et de la côte ouest ont également subi ces pressions. Les espèces touchées sont les suivantes, entre autres : morue de l'Atlantique, saumon de l'Atlantique, aiglefin, thon à queue jaune, sole, mérou, sébaste aux yeux jaunes. La surexploitation a un impact non seulement sur les stocks visés, mais également sur une grande diversité d'espèces du réseau trophique, et elle peut avoir des effets écologiques

en cascade qui modifient, parfois de manière irréversible, la nature des écosystèmes marins.

### Domages causés à l'habitat et prises accidentelles

La surpêche ne constitue cependant pas le seul problème. Les effets néfastes non souhaités sur l'habitat qu'ont les activités anthropiques menées dans les océans, y compris les effets de la pêche sur les habitats et les prises accidentelles, sont également des sources de préoccupations. Les dommages causés à l'habitat sont variés : dommages à la structure des fonds marins et modification des structures géologiques qui servent d'aires d'alevinage, de refuges et d'abris pour les poissons et autres organismes vivant dans les fonds marins ou à proximité. Ces dommages réduisent la capacité des écosystèmes marins de soutenir les pêcheries. Les engins de fond comme les dragues et les chaluts de fond causent d'importants dommages à certains types d'habitat.

Les prises accidentelles s'étendent des prises de poissons, d'autres vertébrés et d'invertébrés qui ne sont pas visés par les activités de pêche et qui peuvent être conservés ou remis

à l'eau vivants, blessés ou morts. Actuellement, chaque année, près du quart des prises effectuées partout dans le monde sont remises à l'eau. Les espèces non visées, qui, dans la plupart des cas, ont peu ou pas de valeur commerciale, se prennent accidentellement dans les filets lors de la pêche d'espèces visées comme la crevette, l'espadon ou le thon. Ces prises accidentelles seraient une cause importante du déclin de nombreuses populations d'espèces protégées, à savoir la carette et la tortue luth, l'albatros et le pétrel, le requin et des mammifères marins comme le marsouin du golfe de Californie (voir l'étude de cas). Tout comme les pertes associées aux dommages causés à l'habitat, ces pertes peuvent avoir des répercussions sur les écosystèmes marins. À ce jour, aucune stratégie de gestion n'a permis d'éliminer les prises accidentelles, mais diverses mesures d'atténuation efficaces ont été adoptées dans certains cas. Par exemple, l'inclusion des prises accidentelles dans les quotas de pêche et l'installation d'équipement comme des engins qui empêchent de prendre les tortues, des streamers pour réduire les prises d'oiseaux marins et des tabliers de filets à mailles fines pour éviter que les dauphins restent coincés. Le Canada, le Mexique et les États-Unis participent à des initiatives nationales et internationales visant à régler le problème des prises accidentelles.

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

Les océans et les pêcheries ne sont pas, comme on l'a déjà cru, des ressources inépuisables et inaltérables. En réalité, les océans et les zones côtières adjacentes sont liés entre eux par d'importants processus écologiques.

#### Aménagement des terres et habitat

La capacité des systèmes côtiers de procurer des services de grande valeur ne se limite pas à la zone marine en question. La santé des océans est étroitement associée à celle des écosystèmes marins, d'eau douce et terrestres adjacents et vice versa. La construction portuaire, l'urbanisation, l'aménagement de centres de villégiature, l'étalement urbain, l'aquaculture et l'industrialisation peuvent entraîner la destruction des forêts côtières, des terres humides, des récifs de coraux et d'autres habitats. Le dragage, les activités de remise en état des terrains et les ouvrages de génie civil causent également une destruction à grande échelle et souvent irréversible. Les activités liées au développement risquent d'entraîner la modification de l'habitat ou la diminution de sa superficie dans de grandes parties des zones



côtières de l'Amérique du Nord. La perte de terres humides, d'étendues de sable et de vasières a des effets sur les populations de poissons, puisque bon nombre de ces milieux constituent un habitat d'alevinage essentiel à d'importantes espèces marines. Les effets des changements climatiques sur les habitats côtiers devraient être particulièrement marqués dans l'Arctique.

#### Qualité de l'eau

Les écosystèmes marins et côtiers jouent un rôle essentiel dans le maintien du bilan hydrique et l'approvisionnement en eau douce pour la consommation humaine. L'eau douce constitue également le principal lien entre l'aménagement de la terre et la fourniture de services écosystémiques côtiers. Par exemple, la pollution provenant de sources terrestres est transportée par les fleuves et rivières et les eaux d'écoulement et prend également la forme de dépôts atmosphériques. L'exploitation de secteurs boisés contribue à l'érosion et à la sédimentation, qui causent le déclin des estuaires dans les écosystèmes côtiers et marins. Une telle pression entraîne des pertes de nourriture et d'aires d'alevinage pour de nombreuses espèces. L'agriculture est quant à elle à l'origine de l'écoulement d'engrais, de nutriments et de substances toxiques dans les écosystèmes côtiers. Les eaux polluées qui pénètrent dans le milieu marin causent la dégradation du milieu et la perte de services écosystémiques, et elles présentent souvent des risques pour la santé humaine. L'élimination de zones tampons comme les terres humides en bordure des plans d'eau et dans les estuaires exacerbe le problème, étant donné que ces écosystèmes aident à « gérer » les déchets naturels. La dérivation des plans d'eau douce des estuaires entraîne la perte de ressources en eau et de sédiments dans les aires d'alevinage et les secteurs de pêche.

#### Changements climatiques

On ne peut dissocier l'état des océans des changements climatiques—parce que ces changements ont des effets néfastes sur les écosystèmes marins et côtiers, et parce que les océans régissent le climat et le temps qu'il fait. Le changement climatique planétaire ajoute à la pression exercée sur les systèmes côtiers et marins qui ont subi divers effets néfastes chroniques pouvant nuire à la capacité d'adaptation des écosystèmes côtiers et marins. Les systèmes côtiers sont vulnérables à la fois à l'augmentation du niveau de la mer, à l'érosion et aux tempêtes violentes.

Tous les océans peuvent subir les impacts des changements climatiques, mais l'océan Arctique,

qui est relativement vierge, est particulièrement vulnérable. L'élévation des températures a déjà un effet marqué sur la couverture des glaces de mer, les processus océaniques et l'intégrité des habitats côtiers. Lorsqu'on combine ces effets à l'augmentation du nombre d'activités d'explo-

tation des ressources naturelles et à la navigation plus fréquente, on réalise qu'il faudra faire des efforts plus soutenus pour protéger l'intégrité des écosystèmes de l'Arctique et les populations qui en dépendent. 🦋

### Étude de cas – Le marsouin du golfe de Californie

Le marsouin du golfe de Californie (*Phocoena sinus*), petit mammifère marin endémique du nord du golfe de Californie, au Mexique, est le petit cétacé le plus menacé dans le monde—on estime que sa population totale ne s'élève qu'à environ 150 individus. Le marsouin du golfe de Californie est surtout menacé par les filets maillants utilisés pour pêcher le poisson et la crevette. La pêche au chalut, qui influe sur le comportement du marsouin, la construction de barrages sur le fleuve Colorado, dont on ne connaît pas les impacts sur l'animal, et la diminution des ressources d'eau fraîche qui en résulte dans la partie supérieure du golfe sont également des facteurs de risque, mais l'enchevêtrement du marsouin demeure la source de préoccupation la plus évidente et la plus pressante.



Photo: Omar Vidal

Le marsouin n'est pas une espèce qui peut se reproduire en captivité, en raison du fait qu'il est difficile de capturer ce petit animal solitaire qui vit en eaux relativement profondes et du fait qu'on connaît très mal le comportement de cet animal en captivité. Dans quelques années, les mesures de conservation de l'espèce seront considérablement moins efficaces. Des groupes voués à la conservation, des scientifiques et des fonctionnaires du Mexique ont consacré beaucoup de temps et d'argent à la conservation du marsouin du golfe de Californie ces 25 dernières années, mais les progrès demeurent lents, malgré les efforts faits pour réduire les risques d'enchevêtrement en éliminant graduellement les filets maillants dans les eaux fréquentées par le marsouin, mesure assortie de programmes d'indemnisation des pêcheurs. En fait, la réserve de la biosphère du nord du golfe n'a pas réussi à réaliser le plein potentiel de conservation du marsouin. Le 29 décembre 2005, le Mexique a décrété que le secteur où environ 80 % des signalements confirmés de marsouin se sont produits serait désigné comme refuge des marsouins. Dans le même décret, le gouvernement de l'État de Sonora et celui de l'État de Baja California ont obtenu 1 million de dollars pour indemniser les pêcheurs touchés. On ne sait pas encore si cette importante initiative sera efficace.



# Espèces envahissantes

## Messages clés

- Les invasions biologiques, de même que la diversité et l'abondance des espèces qui s'établissent à l'extérieur de leur territoire naturel n'ont jamais été aussi importantes que maintenant, ce qui entraîne de graves conséquences sur l'environnement, l'économie et la santé humaine.
- Le développement des échanges et des transports internationaux, de même que l'augmentation du nombre de déplacements dans le monde, observés depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, ont eu pour conséquence bien involontaire l'introduction d'un plus grand nombre d'espèces exotiques sur le continent nord-américain et le déplacement de ces espèces entre les trois pays.
- Certaines espèces envahissantes ont déjà eu des effets néfastes marqués et quantifiables sur l'environnement, l'économie, les industries, les infrastructures, la santé humaine et les fonctions écologiques en Amérique du Nord. Aussi, les changements climatiques rendent les écosystèmes des régions nordiques plus propices à l'établissement d'espèces envahissantes, les hivers plus cléments étant plus favorables à l'introduction de ces espèces.
- On reconnaît le fait que les espèces envahissantes constituent un problème et la dispersion de certaines espèces fait l'objet d'une surveillance; cependant, il n'existe pas d'indicateurs détaillés des tendances pour les principaux biomes (terrestres, d'eaux douces, marins/estuariens) ni pour l'ensemble de l'Amérique du Nord.

**Une espèce envahissante s'entend d'une plante, d'un animal ou d'un organisme pathogène microscopique qui, une fois transporté à l'extérieur de son territoire naturel, s'est établi et répandu ailleurs et a des effets néfastes sur l'environnement, l'économie ou la santé humaine dans son nouveau milieu.**

## Enjeu environnemental à l'étude

Les espèces envahissantes constituent un problème environnemental de taille. Le taux d'invasion biologique de même que la diversité et le nombre des envahisseurs n'ont jamais été aussi élevés et les conséquences des invasions n'ont jamais été aussi graves que maintenant.

Aujourd'hui, les déplacements de personnes et le commerce des biens et des services se font à l'échelle de la planète. Ces activités apportent des avantages économiques et sociaux à un grand nombre de Nord-Américains, mais elles sont également à l'origine de nouveaux problèmes. L'accélération et l'augmentation du volume des échanges, des déplacements et du transport à l'échelle internationale observées depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle se sont accompagnées d'un accroissement exponentiel de l'introduction d'espèces exotiques en Amérique du Nord. Ces espèces

sont parfois introduites intentionnellement pour être utilisées dans les secteurs de l'agriculture, de l'aquaculture, de l'horticulture et du commerce des animaux de compagnie. Il arrive également qu'elles se « fixent » à des végétaux et des animaux importés, aux voyageurs et à leurs bagages, à des biens ouvrés, à des matériaux d'emballage, à des avions et à des navires (on les trouve dans les eaux de ballast ou sur la coque), par exemple — voir la figure, qui décrit les voies d'invasion biologique les plus courantes.

Les réseaux de transport infracontinentaux de l'Amérique du Nord sont très étendus. Ils comptent 7,5 millions de kilomètres de routes, des milliers de kilomètres d'eaux navigables et de chemins de fer, de longues voies de navigation côtière et près de la moitié de tous les aéroports de la planète (Perrault et coll., 2003). Une fois sur le continent, les espèces envahissantes peuvent se retrouver en bordure des routes et des voies de

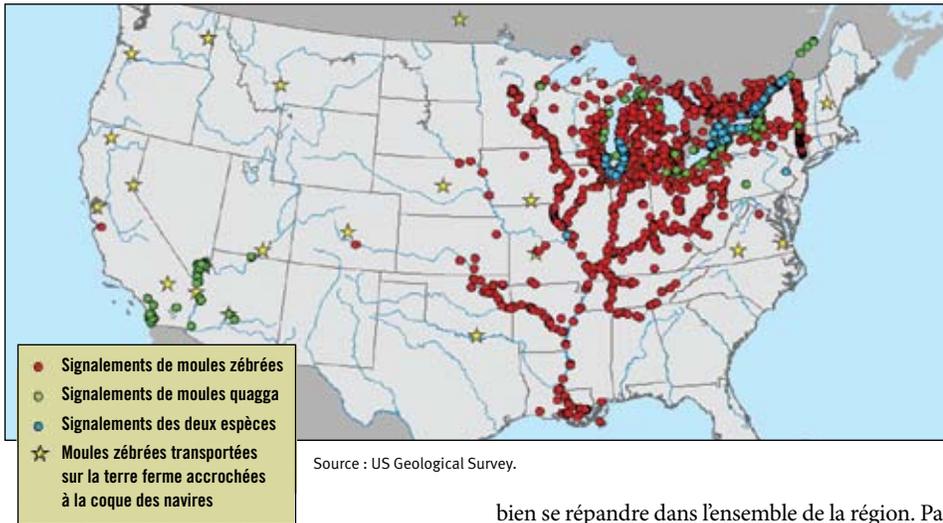
## Voies d'invasion

Méthodes de transport	Denrées biologiques (espèces biologiques introduites involontairement)	Denrées biologiques (espèces biologiques introduites intentionnellement)
Transport, emballage, équipement et denrées non biologiques.	Par des denrées biologiques qui ne sont pas introduites en vue d'être utilisées dans le milieu naturel.	Par des denrées biologiques qui sont introduites en vue d'être utilisées dans le milieu naturel.
Par exemple :	Par exemple :	Par exemple :
Coque des navires	Fruits et légumes destinés à la consommation	Plantes horticoles
Citerne de ballast	Animaux de compagnie	Plantes cultivées
Emballage en bois massif (palettes, bois de fardage)	Animaux de laboratoire	Poissons d'empoisonnement
Matériel militaire	Animaux destinés aux zoos et aux aquariums publics	Gibier
Tuiles de terre cuite		

Source : Adapté d'un document du National Invasive Species Council.



## Répartition des signalements de moules zébrées et de moules quagga au Canada et aux États-Unis, mars 2008



navigation et se fixer aux véhicules, aux bagages et aux marchandises transportées, tandis que les espèces qui envahissent les milieux marins et estuariens peuvent être introduites à la faveur de la navigation intracôtière ou des courants. Comme elles ne connaissent aucune frontière politique, les espèces qui envahissent un pays peuvent très

bien se répandre dans l'ensemble de la région. Par exemple, la moule zébrée et la moule quagga ont été involontairement introduites en Amérique du Nord par le biais du transport maritime. On a constaté la présence de moules envahissantes pour la première fois en 1988 dans les eaux canadiennes du lac St. Clair, près de Detroit. Depuis, elles se sont répandues sur tout le continent et ont eu des effets néfastes sur les milieux marins

et les économies locales (voir la carte, qui illustre les signalements de ces deux espèces de moules envahissantes au Canada et aux États-Unis). Les bateaux de plaisance contribuent à l'introduction des moules zébrées et d'autres espèces qui envahissent les milieux d'eaux douces, une fois que ces espèces ont été introduites en Amérique du Nord. Les eaux de ballast et les salissures biologiques sont d'importants vecteurs qui facilitent l'introduction et la propagation d'espèces marines et estuariennes, plus particulièrement dans les Grands Lacs et les estuaires côtiers.

Une fois que des espèces envahissantes sont introduites sur un territoire, la modification de l'utilisation des terres, les changements climatiques et la modification des écosystèmes d'eau douce et marins peuvent faciliter les invasions biologiques en rendant les habitats moins propices à la survie des espèces autochtones et plus hospitaliers pour les espèces envahissantes. Comme les habitats perturbés favorisent souvent les colonisateurs rapides, ils sont particulièrement vulnérables à l'invasion d'espèces exotiques. L'espèce envahissante ne fait aucune distinction entre les changements environnementaux naturels et ceux qui sont causés par l'homme (voir l'encadré).

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

Compte tenu de ses nombreuses activités économiques à l'échelle planétaire, l'Amérique du Nord est très vulnérable à l'introduction d'espèces envahissantes provenant de l'étranger. De même, les espèces indigènes du Canada, du Mexique et des États-Unis peuvent devenir des envahisseurs dans d'autres pays (de l'Amérique du Nord et d'ailleurs) où elles sont introduites par le biais des mouvements internationaux de personnes et le commerce de biens. L'expansion commerciale entraîne une augmentation des risques d'invasion biologiques. Qui plus est, les espèces envahissantes peuvent avoir des effets dévastateurs à divers égards. Par ailleurs, les changements climatiques font augmenter le risque d'introduction d'espèces exotiques nuisibles.

#### Environnement

L'élimination définitive des espèces envahissantes uniques à l'Amérique du Nord est un des enjeux importants. Aux États-Unis, les espèces envahissantes arrivent au deuxième rang des menaces pour les espèces indigènes, derrière la modification de l'habitat; elles sont la principale cause d'extinction dans les écosystèmes insulaires et dans de nombreux plans d'eau douce dans le monde. La dispa-

#### Lorsque la prévention n'est pas efficace...

Voici quelques exemples d'espèces envahissantes qui ont déjà eu des effets néfastes sur l'environnement, l'économie, l'industrie, les infrastructures, et la santé humaine et animale en Amérique du Nord :

- Agrile du frêne** (*Agrilus planipennis*) : environnement, industrie
- Carpe asiatique** (*Hypophthalmichthys nobilis*, *H. molitrix* et autres) : environnement
- Champignon chytride** (*Batrachomyces dendrobatidis*) : environnement
- Crabe européen** (*Carcinus maenas*) : environnement, industrie
- Escargot géant africain** (*Achatina fulica*) : environnement, industrie, santé humaine
- Fourmi de feu rouge** (*Solenopsis invicta*) : environnement, santé humaine
- Longicorne asiatique** (*Anolophora glabripennis*) : environnement, industrie
- Maladie hollandaise de l'orme** (*Ophiostoma ulmi*) : environnement, industrie
- Moustique tigre** (*Aedes albopictus*) : santé humaine et animale
- Rat surmulot** (*Rattus norvegicus*) : environnement, infrastructures, santé humaine et animale
- Serpent brun arboricole** (*Boiga irregularis*) : environnement, infrastructures, santé humaine
- Spongieuse** (*Lymantria dispar*) : environnement, industrie

En 2006, la *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* (Conabio, Commission nationale sur la connaissance et l'utilisation de la biodiversité) avait répertorié au moins 800 espèces envahissantes au Mexique, soit 665 plantes, 77 poissons, 2 amphibiens, 8 reptiles, 30 oiseaux et 6 mammifères. Au Canada, au moins 27 p. 100 de toutes les plantes vasculaires sont des espèces exotiques envahissantes, en plus de 181 espèces d'insectes, 26 mammifères, 2 reptiles, 4 amphibiens, plusieurs champignons et mollusques, et 55 espèces de poissons d'eau douce. Aux États-Unis, on compile des données détaillées sur chaque espèce, mais aucune donnée globale n'est disponible.



rition d'espèces indigènes peut être attribuable à un seul ou à plusieurs impacts associés aux espèces envahissantes, par exemple : diminution de la quantité de nourriture disponible, de l'espace ou de l'accès aux sites de reproduction; incidence accrue de la prédation; et/ou apparition de parasites et de maladies contre lesquels les espèces indigènes ne peuvent pas se défendre. Les espèces envahissantes peuvent également entraîner la dégradation des fonctions écosystémiques et la diminution de la production des services écosystémiques, qu'il s'agisse de la production de nourriture ou de valeurs esthétiques. Même les aires naturelles les mieux protégées ne sont pas à l'abri d'une invasion biologique. Il est d'autant plus difficile de prédire les impacts écologiques des espèces envahissantes que ces impacts peuvent être observés immédiatement ou seulement après de nombreuses années.

### Économie

Les espèces envahissantes peuvent entraîner des dépenses importantes pour les gouvernements,

les industries et les particuliers. Les pertes économiques peuvent prendre la forme de coûts directs, comme la perte ou la diminution de production des cultures, ou indirects, comme la perte de revenus du tourisme attribuable à la détérioration des récifs ou des pêches sportives. À l'échelle planétaire, on a évalué à 1,4 billion de \$ US par année les pertes économiques associées aux espèces envahissantes. Aux États-Unis, ces pertes s'élèvent à plus de 100 milliards de dollars par année. Au Canada, les dommages causés envahissants aux cultures agricoles et aux forêts par des parasites sont évalués à quelque 7,5 milliards de \$ CAN par année; au Manitoba seulement, on estime à 30 millions \$ les pertes économiques associées à la maladie hollandaise de l'orme. Les dépenses associées à l'observation des règlements nationaux et internationaux en vigueur, ou ceux qui sont proposés, par exemple en ce qui concerne le traitement des eaux de ballast de tous les navires neufs, dans le cadre du traité sur les eaux de ballast de l'Organisation maritime internationale, représentent une autre forme d'impact économique direct. Les coûts liés aux impacts et à la gestion d'une seule espèce peuvent être très élevés

(voir l'encadré). Si on incluait les coûts indirects comme la perte de services écosystémiques, les estimations seraient encore plus élevées.

### Santé humaine

Les effets que peuvent avoir les espèces envahissantes sur la santé humaine peuvent être directs — par suite de l'exposition à de nouvelles maladies et à de nouveaux parasites — ou indirects — exposition plus fréquente aux pesticides utilisés en plus grande quantité pour éradiquer les espèces envahissantes. Les pathogènes et les parasites peuvent eux-mêmes être des espèces envahissantes ou être introduits par des vecteurs envahisseurs comme des moustiques exotiques. Le choléra et certains microorganismes qui peuvent être à l'origine de la présence d'algues bleues sont déplacés et rejetés dans les eaux de ballast transportées par les gros navires. Le paludisme, la dengue et les virus de l'immunodéficience humaine qui causent le sida sont également causés par des pathogènes envahissants. D'autres maladies moins connues peuvent également causer des problèmes. Par exemple, l'escargot géant africain, qui peut servir de source de nourriture et d'animal de compa-

### Coût de la lutte contre les espèces envahissantes et de leur éradication

Le **coptotermite de Formose** (*Coptotermes formosanus*), originaire de l'Asie de l'Est et introduit dans le sud-est des États-Unis entraîne des coûts importants : on estime à 1 milliard de \$ US par année les dépenses liées aux dommages causés à la propriété, aux réparations et aux mesures de lutte contre l'espèce.

La **spongieuse** (*Lymantria dispar*), introduite en Caroline du Nord en 1993 et éradiquée quatre ans plus tard, a entraîné des dépenses de 19 millions \$.

La Commission des pêcheries des Grands Lacs — dirigée conjointement par les gouvernements fédéraux du Canada et des États-Unis — investit environ 22 millions \$ par année dans la lutte contre la **lamproie** (*Petromyzon marinus*).

Selon les évaluations faites par des chercheurs, dans les années 1990, la **moule zébrée** (*Dreissena polymorpha*) a entraîné des dépenses de 3,1 milliards de dollars US dans le seul secteur énergétique; les coûts pour les industries, les entreprises et les collectivités s'élevaient à plus de 5 milliards de dollars. Au Canada, Ontario Hydro a déclaré que la moule zébrée avait entraîné des dépenses de 376 000 \$ pour chaque centrale.

L'éradication d'au moins un mammifère exotique introduit dans 23 îles au large de la côte nord-ouest du Mexique a coûté environ 750 000 \$.

### Étude de cas – *Cactoblastis cactorum*

Le papillon *Cactoblastis cactorum* se nourrit de cactus de la famille des *Opuntia* et se reproduit sur cette plante, communément appelée figuier de Barbarie. Originaire d'Amérique du Sud, le *Cactoblastis cactorum* a été introduit ailleurs dans de nombreux pays comme agent de lutte biologique contre les cactus envahisseurs. En 1989, on a signalé la présence de l'insecte dans les Keys de la Floride; il aurait probablement été introduit par voie aérienne ou sur des figuiers de Barbarie importés des Caraïbes. Depuis, l'insecte a agrandi son territoire vers le Nord, le long des côtes floridiennes de l'Atlantique et du Golfe, et ce, malgré les mesures de contrôle mises en place, menaçant l'*Opuntia*, une espèce indigène de l'Amérique du Nord.

Le Mexique abrite une grande diversité de figuiers de Barbarie : on y trouve 38 espèces endémiques sur une superficie de 3 millions d'hectares. Aux États-Unis, on dénombre 31 espèces de figuiers de Barbarie, 9 d'entre elles étant endémiques, notamment *Opuntia corallicola*, une variété extrêmement rare qu'on trouve en Floride. De nombreuses espèces d'oiseaux, de chauves-souris, de mammifères et d'insectes dépendent des figuiers de Barbarie pour se nourrir et s'abriter; en outre, les cactus contribuent à réduire l'érosion des sols désertiques fragiles.

Outre les graves répercussions qu'il a sur la biodiversité en Amérique du Nord, l'insecte menace les industries de l'agriculture, de l'aménagement paysager et de l'élevage de bétail. En 2000, la valeur des figuiers de Barbarie ornementaux utilisés pour l'aménagement paysager en milieu désertique ou le jardinage en milieu aride en Arizona atteignait 14 millions de \$ US par année. Les tiges (nopales) et les fruits (tuna) des figuiers de Barbarie se classent au septième rang des cultures agricoles au Mexique; cueillis à l'état sauvage, ils sont utilisés comme suppléments alimentaires. Le figuier de Barbarie est un symbole national du Mexique qu'on trouve sur la monnaie et sur le drapeau du pays.

Dans un esprit de coopération internationale, le gouvernement mexicain a fourni une aide financière au *US Department of Agriculture* (ministère de l'Agriculture des États-Unis) dans le cadre de ses efforts visant à stopper la propagation de *Cactoblastis cactorum* vers l'ouest. Malgré cela, en 2006, on a signalé la présence de l'insecte à Isla Mujeres, au Mexique (à 9 kilomètres de Cancún), et le gouvernement mexicain a mis en œuvre un important programme de piégeage pour tenter de l'éradiquer.



gnie, est un hôte intermédiaire pour le strongle pulmonaire du rat, qui peut infecter le cerveau humain et causer des maux de tête, une fièvre, la paralysie, le coma et même la mort.

## Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord

Les espèces envahissantes sont associées à une multitude de problèmes environnementaux sur le continent. Le changement rapide des conditions environnementales entraîne généralement une augmentation de la diversité, de l'étendue et des impacts des espèces envahissantes.

### Changements climatiques

Les changements climatiques sont susceptibles d'entraîner une augmentation du taux d'invasion de nouvelles espèces en Amérique du Nord et une accélération de la dispersion des espèces envahissantes qui se trouvent déjà sur le continent. Les pressions exercées sur les milieux naturels, par exemple celles qui sont associées aux changements climatiques, peuvent diminuer la capacité de ces milieux à résister aux invasions biologiques. Les changements climatiques sont susceptibles de favoriser davantage l'établissement d'espèces envahissantes après un orage ou un feu. Le réchauffement du climat ou des précipitations accrues peuvent permettre à certaines espèces d'étendre leur territoire et d'interagir différemment dans les systèmes écologiques. La modification de la direction et de la force des courants atmosphériques peut également influencer sur la dispersion et la migration d'espèces transportées par ces courants, notamment les insectes volants, tandis que la modification des courants littoraux pourrait influencer sur la dispersion des espèces qui envahissent les milieux marins/estuariens.

### Utilisation des terres

Comme de nombreuses espèces envahissantes ont un taux de croissance rapide et s'adaptent à de nombreux milieux écologiques, l'évolution de l'utilisation des sols favorise généralement les invasions biologiques. Par exemple, la construction de routes, l'entretien de la lisière des forêts pour l'utilisation des routes et des couloirs de transmission d'énergie, et l'exploitation forestière peuvent créer de nouveaux territoires pour les espèces envahissantes et faciliter leur dispersion, lorsqu'elles se fixent à l'équipement ou aux travailleurs. Les activités agricoles peuvent également favoriser l'introduction d'espèces envahissantes dans de nouvelles régions par la contamination de semences et « l'éparpillement » des cultures. Par ailleurs, les terres agricoles

abandonnées peuvent être envahies par des espèces envahissantes avant que la succession naturelle puisse rétablir la végétation locale. Dans les milieux urbains et périurbains, les jardiniers introduisent des espèces exotiques qui peuvent se répandre dans les milieux naturels en utilisant les corridors verts.

### Eau

Les espèces envahissantes peuvent grandement limiter la disponibilité d'eau potable et l'accès à l'eau de surface pour les espèces sauvages. Certains végétaux, comme le pin et l'eucalyptus, peuvent appauvrir les nappes aquifères et perturber les cycles hydrologiques régionaux. En modifiant le cycle des substances nutritives, les espèces aquatiques envahissantes peuvent favoriser l'eutrophisation ou la croissance d'algues nuisibles. Les plantes aquatiques envahissantes peuvent « étouffer » les cours d'eau et emprisonner les sédiments, causant une stagnation et même l'invasion du plan

d'eau. La stagnation peut également augmenter les risques de propagation de maladies comme le virus du Nil occidental en favorisant la multiplication des populations de moustiques.

### Énergie

Des gouvernements de nombreux pays investissent dans la production de biocarburants. Bon nombre des caractéristiques qui font que les végétaux sont des matières premières intéressantes pour la production de biocarburants, par exemple, leur croissance rapide et leur capacité de survivre dans des milieux perturbés, sont également celles qui en font un envahisseur. En fait, plusieurs espèces de plantes envahissantes sont visées par des projets de production de biocarburants en Amérique du Nord. Dans pareil contexte, des espèces exotiques qui sont utilisées pour produire des biocarburants pourraient se retrouver dans le milieu naturel. 🌿

## Étude de cas – Ravageurs des arbres

Aux États-Unis et au Canada, l'apparition récente de plusieurs espèces envahissantes qui menacent les forêts et les industries forestières a attiré l'attention sur un vecteur négligé : le matériel d'emballage en bois massif, y compris les caisses, les palettes et le bois de fardage qui servent au transport de diverses marchandises. Ces matériaux peuvent transporter des œufs, des larves et des individus adultes d'insectes rongeurs de bois ou d'écorce. L'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*) et le longicorne asiatique (*Anoplophora glabripennis*) sont des exemples récents de ravageurs préoccupants qui ont été introduits par le biais de matériel d'emballage non traité.

L'agrile du frêne a été observé pour la première fois en 2002 sur des frênes infestés de Détroit, au Michigan et de Windsor, en Ontario, mais il aurait été introduit et se serait établi plus de dix ans auparavant sans être détecté. Originaire de Chine et de l'est de la Russie, l'agrile se nourrit de frênes, détruisant ainsi les arbres. Les frênes sont une essence importante pour les forêts de l'Amérique du Nord; ils constituent une source de nourriture pour de nombreuses espèces sauvages, et sont plantés en bordure des rues de nombreuses villes du Midwest américain et du Canada. L'agrile du frêne s'est dispersé en Ohio, en Indiana, en Illinois et à l'intérieur des terres du Michigan et de l'Ontario, tuant plus de 15 millions de frênes dans le sud-est du Michigan seulement. L'agrile du frêne, qui se greffe au matériel destiné aux pépinières, au bois d'œuvre et au bois de chauffage, a souvent été transporté à l'extérieur des zones de mise en quarantaine créées par les gouvernements fédéraux, étatiques et provinciaux. Les perspectives d'éradication de cet envahisseur sont malheureusement peu encourageantes.

Le longicorne asiatique a été aperçu pour la première fois dans l'État de New York en 1996, puis on l'a observé en Illinois en 1998, au New Jersey en 2002 et en Ontario en 2003. L'insecte s'attaque à diverses essences de bois dur, dont l'érable, qu'il détruit. Il pourrait aussi grandement modifier la composition des forêts de la région, et coûter des milliards de dollars aux secteurs de l'exploitation forestière, de l'aménagement paysager, de l'acériculture et du tourisme automnal. Cet insecte pourrait également détruire 30 % des arbres urbains aux États-Unis, entraînant des frais de remplacement s'élevant à des centaines de milliards de dollars. Depuis qu'on a découvert la présence du longicorne asiatique, les gouvernements des États-Unis et du Canada ont lancé de coûteux programmes d'éradication visant à abattre des milliers d'arbres dans les quartiers, les parcs et les rues (Organisation nord-américaine pour la protection des plantes, 2007). Bien que laborieux, les efforts d'éradication ont donné des résultats encourageants. Qui plus est, on s'affaire à définir des normes nationales, régionales et internationales sur la fumigation et l'éti-quetage en vue d'empêcher les espèces envahissantes d'infester les matériaux d'emballage.



## Espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation

### Messages clés

- Les espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation en Amérique du Nord sont des espèces migratrices, transfrontalières et endémiques qui ont été choisies par le Canada, le Mexique et les États-Unis parmi les nombreuses espèces de flore et de faune sauvages du continent et qui doivent faire l'objet de mesures concertées pour assurer leur conservation efficace.
- L'Amérique du Nord est soumise à des pressions qui nuisent à la conservation de ces espèces, notamment les changements climatiques, l'utilisation des terres et la conversion de l'habitat, les espèces envahissantes et la pollution.
- Sur l'ensemble du territoire nord-américain, près de 1 600 espèces sont gravement menacées d'extinction, menacées ou vulnérables en Amérique du Nord. Les espèces terrestres et marines suscitant des préoccupations communes en matière de conservation constituent un groupe restreint mais important d'oiseaux, de mammifères et de reptiles auxquels les trois pays ont décidé d'accorder une attention particulière.
- La population de certaines espèces a augmenté, tandis que dans d'autres cas, elle continue de diminuer fortement. Il existe certes des programmes d'évaluation périodique des espèces sur une base individuelle, mais l'Amérique du Nord ne dispose d'aucun indicateur global

*Les espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation s'entendent d'un groupe d'espèces migratrices, transfrontalières et endémiques de l'Amérique du Nord. Ces espèces charismatiques ont été choisies parce qu'elles peuvent susciter l'intérêt du public et sont susceptibles de bénéficier de ressources consacrées à la conservation. La conservation de ces espèces et de leurs habitats commande une coopération régionale. La conservation efficace de ces espèces aura également des effets favorables sur d'autres espèces.*

### Enjeu environnemental à l'étude

Les espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation en Amérique du Nord sont un groupe d'espèces choisies parmi les nombreuses espèces de flore et de faune sauvages de l'Amérique du Nord et auxquelles on accorde une attention. La majorité de ces espèces utilisent ou traversent divers habitats partout en Amérique du Nord, elles ne peuvent donc être protégées que grâce à une coopération efficace entre de nombreux intervenants et à la mise en œuvre de mesures multipartites.

Le Canada, le Mexique et les États-Unis partagent des écosystèmes abritant des espèces

qui traversent librement les frontières nationales. Cela étant, des spécialistes et des représentants du service fédéral de la faune de chacun des trois pays ont dressé une liste des espèces dont la conservation suscite des préoccupations communes et pour lesquelles il faut adopter une approche régionale. On a accordé la priorité aux oiseaux et aux mammifères transfrontaliers ou migrateurs en voie de disparition ou menacés dans au moins un pays, disparus d'au moins un pays, ou encore qui nécessitent une attention particulière, de même qu'aux espèces susceptibles d'illustrer l'importance de la coopération trilatérale ou bilatérale (voir l'encadré qui contient la liste des espèces terrestres choisies).



Paruline à dos noir adulte mâle. Photo: Gene Nieminen, USFWS-NCTC.



Ours noir. Photo: Steve Maslowski.



Chien de prairie à queue noire.

Lors de la sélection des espèces marines, on a accordé la priorité aux espèces transfrontalières ou migratrices pour lesquelles le risque d'extinction est élevé en raison de leur statut actuel ou des tendances observées, de leur vulnérabilité inhérente ou de leur susceptibilité aux menaces anthropiques; qui sont importantes sur le plan écologique; qui sont officiellement considérées comme des espèces suscitant des préoccupations en matière de conservation par un des trois pays de l'Amérique du Nord, l'Union mondiale pour la nature ou la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction; qui peuvent faire l'objet de mesures de rétablissement

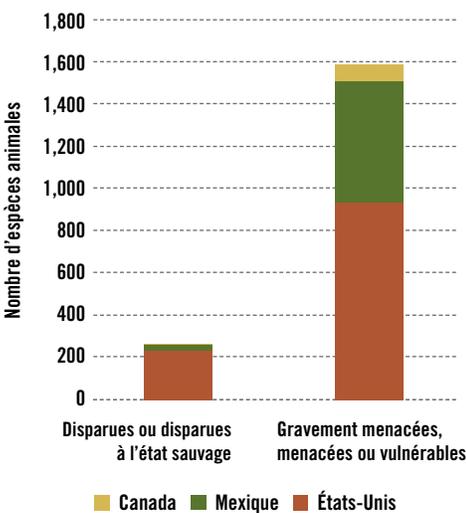
ou de gestion; et qui sont fortement susceptibles de susciter l'intérêt du public. La liste établie par les équipes nationales visait trois groupes taxonomiques : les mammifères marins, les oiseaux marins et les tortues de mer (voir l'encadré).

Les espèces migratrices et transfrontalières utilisent ou traversent divers habitats sur tout le territoire nord-américain. Elles dépendent donc de la disponibilité continue d'habitats de reproduction et d'alimentation, ainsi que des importants couloirs de déplacement et des haltes migratoires entre les aires de reproduction et les aires d'alimentation. La survie d'un grand nombre d'espèces terrestres et marines suscitant des préoccupations communes en matière de conservation dépend de l'existence d'écosystèmes relativement intacts. La modification de leur statut pourrait indiquer l'existence de problèmes encore plus graves sur le plan de la biodiversité.

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

Pour répondre aux besoins de ces espèces, il faut s'intéresser aux causes fondamentales de la perte de biodiversité, plus particulièrement la modification du paysage et la perte d'habitat terrestre, de même que les prises accidentelles et les dommages causés au milieu marin. Le rétablissement d'espèces migratrices ou transfrontalières est difficile, voire impossible si tous les pays en cause n'unissent pas leurs efforts. Même des espèces endémiques peuvent subir des pressions provenant de l'extérieur du pays hôte.

### Espèces en danger en Amérique du Nord



Source : Liste rouge publiée par l'Union mondiale pour la nature, 2007.

### Espèces terrestres suscitant des préoccupations communes en matière de conservation

#### Oiseaux

- Chevêche des terriers** (*Athene cunicularia*)
- Condor de Californie** (*Gymnogyps californianus*)
- Buse rouilleuse** (*Buteo regalis*)
- Paruline à dos noir** (*Dendroica chrysoparia*)
- Pie-grièche migratrice** (*Lanius ludovicianus*)
- Chouette tachetée du Mexique** (*Strix occidentalis lucida*)
- Pluvier montagnard** (*Charadrius montanus*)
- Chouette tachetée septentrionale** (*Strix occidentalis caurina*)
- Faucon pèlerin** (*Falco peregrinus*)
- Pluvier siffleur** (*Charadrius melodus*)
- Grue blanche d'Amérique** (*Grus americana*)

#### Mammifères

- Ours noir** (*Ursus americanus*)
- Chien de prairie à queue noire** (*Cynomys ludovicianus*)
- Loup gris** (*Canis lupus*)
- Petite chauve-souris à long nez** (*Leptonycteris curasoae yerbabuena*)
- (Grande) chauve-souris à long nez** (*Leptonycteris nivalis*)
- Antilope du Sonora** (*Antilocapra americana sonoriensis*)

### Catégories d'espèces préoccupantes

En Amérique du Nord, une minorité des quelque 1 600 espèces gravement menacées d'extinction, menacées ou vulnérables sur le continent suscitent des préoccupations communes en matière de conservation (voir le graphique), mais elles sont néanmoins importantes. Elles incluent des espèces importantes sur le plan écologique, des espèces porte-étendard, des espèces parapluie, des espèces clés et des espèces indicatrices, de même que des espèces rares sur le plan taxonomique et d'autres dont un grand pourcentage de la population mondiale se trouve en Amérique du Nord.

Les espèces porte-étendard incluent un grand éventail de taxons, sont associées à différents niveaux de risque et se retrouvent sur un vaste



## Espèces marines présentant des préoccupations communes en matière de conservation

### Mammifères marins

**Rorqual bleu** (*Balaenoptera musculus*)

**Baleine grise** (*Eschrichtius robustus*)

**Otarie à fourrure de Townsend**

(*Arctocephalus townsendi*)

**Rorqual à bosse** (*Megaptera novaeangliae*)

**Épaulard** (*Orcinus orca*)

**Baleine noire**

(*Eubalaena glacialis* y *Eubalaena japonica*)

**Loutre de mer** (*Enhydra lutris*)

**Marsouin du golfe de Californie**

(*Phocoena sinus*)

### Oiseaux marins

**Puffin à pieds roses** (*Puffinus creatopus*)

**Albatros à queue courte** (*Phoebastria albatrus*)

**Guillemot de Xantus**

(*Synthlibirampus hypoleucos*)

### Tortues de mer

**Tortue verte** (*Chelonia mydas agassizii*)

**Tortue imbriquée** (*Eretmochelys imbricata*)

**Tortue de Kemp** (*Lepidochelys kempii*)

**Tortue luth** (*Dermochelys coriacea*)

**Carette** (*Caretta caretta*)

territoire géographique. La majorité d'entre elles sont des espèces charismatiques – une caractéristique qui devrait aider à susciter l'attention du public et à obtenir des ressources destinées à la conservation. La loutre de mer, un des plus petits mammifères marins, en est un exemple. Cet animal est illustré sur divers produits, par exemple, des t-shirts et des tapis de souris, et il est bien connu du public. Le marsouin, un petit mammifère endémique du nord du golfe de Californie, au Mexique, constitue un autre exemple d'espèce porte-étendard. Il est surtout menacé par les filets maillants utilisés pour la pêche des crevettes destinées à la consommation locale ou aux marchés d'exportation en Amérique du Nord.

Les espèces parapluie sont celles dont la conservation efficace permettra de protéger d'autres espèces qui utilisent le même habitat. Pour les grands migrateurs comme la tortue luth, la tortue imbriquée, la carette, la baleine noire, la baleine grise, le puffin à pieds roses, l'albatros à



Tortues de Kemp, Isla del Padre, Texas  
Photo: Service national des Parcs.

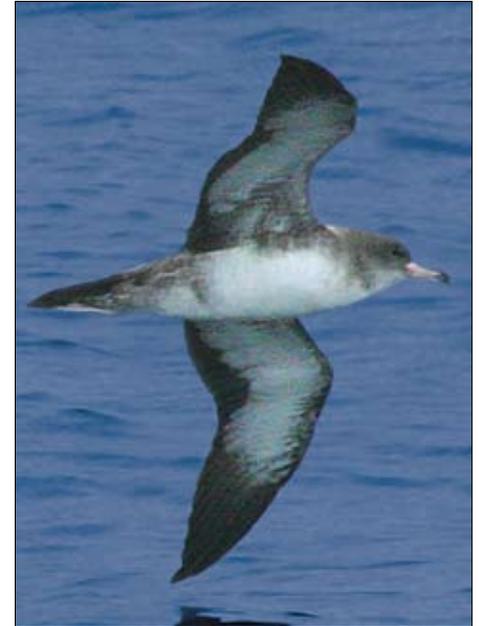
queue courte et la grue blanche d'Amérique, la protection des espèces parapluie suppose la protection d'une multitude d'habitats interreliés – et de tous les organismes dont qui y vivent.

Les espèces clés ont une fonction écologique essentielle en ce qu'elles favorisent le maintien de la diversité biologique et de la structure du réseau alimentaire. Par exemple, la disparition de la loutre de mer aurait des effets en cascade qui entraîneraient, à terme, la disparition de forêts de varech et des communautés qui y vivent. La tortue imbriquée est également une espèce clé – elle empêche les éponges qui se propagent rapidement d'envahir les récifs. Le risque d'extinction des espèces clés entraîne des conséquences plus globales sur le plan communautaire.

Les espèces suscitant des préoccupations communes en matière de conservation peuvent également agir comme indicateurs ou baromètres biologiques, qui permettent de déterminer l'état des écosystèmes hôtes. C'est le cas des prairies, un écosystème qui subit d'importantes transformations lorsque soumis à de très fortes contraintes, où vivent la majorité des espèces terrestres suscitant des préoccupations communes.

## Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

L'Amérique du Nord doit composer avec des pressions naturelles et anthropiques qui influent sur l'avenir et la conservation de ces espèces, entre autres.



Puffin à pieds roses. Photo: Hadoram Shiriha.

## Utilisation anthropique des écosystèmes terrestres et marins

On connaît bien les effets néfastes qu'ont sur les populations animales la modification de l'affectation des terres et la fragmentation de l'habitat. La destruction d'habitats terrestres peut être attribuable, par exemple, à la conversion d'un habitat naturel en terre agricole ou en développement urbain, à la modification physique de rivières ou au prélèvement d'eau dans les rivières. On observe également des pertes d'habitat dans les systèmes côtiers et marins. Par exemple, le chalutage des fonds marins peut considérablement réduire la diversité des habitats marins, et les activités de pêche destructrices de même que le développement côtier peuvent causer la disparition de récifs de coraux. Lorsqu'un habitat est détruit, les végétaux et les animaux dont l'habitat dépend en grande partie de la composition des plantes indigènes disparaissent. La fragmentation de l'habitat est encore plus fréquente que la perte d'habitat. Les petites zones de l'habitat initial ne sont pas suffisamment grandes pour assurer la viabilité de certaines espèces.

### Espèces envahissantes

L'introduction d'espèces envahissantes se classe au troisième rang des menaces au maintien de la biodiversité, derrière la destruction et la fragmentation de. Les espèces envahissantes font concurrence aux espèces indigènes surtout pour l'habitat et la nourriture et, si la composition des espèces indigènes est modifiée, les écosystèmes naturels seront plus vulnérables aux feux, aux inondations

et à d'autres phénomènes naturels. Par ailleurs, les espèces envahissantes propagent des maladies et perturbent les processus des écosystèmes naturels. La diversité géographique de l'Amérique du Nord permet à des espèces envahissantes en provenance de presque n'importe où de trouver un habitat hospitalier quelque part dans la région, où les écosystèmes sont très variés : toundra arctique, récifs de coraux tropicaux, déserts, forêts pluviales et lacs et rivières d'eau douce.

### Changements climatiques

Les changements climatiques devraient entraîner une plus grande perturbation des habitats en Amérique du Nord. L'augmentation du nombre de perturbations favorisera vraisemblablement la prolifération des espèces envahissantes et perturbera les services écosystémiques. Avec le temps, les pressions climatiques pousseront les espèces vers le nord et vers des altitudes plus élevées, où elles chercheront des habitats plus convenables; une telle situation entraînera forcément une modification des écosystèmes de l'Amérique du Nord. Des jungles tropicales du Mexique jusqu'aux régions arctiques du Canada et des États-Unis, la structure, la fonction et les services écosystémiques seront également modifiés en fonction des capacités des espèces de s'adapter à un nouveau territoire, et des contraintes liées au développement, à la fragmentation de l'habitat, aux espèces envahissantes et à la rupture des liens écologiques.

### Pollution

Certaines menaces à la biodiversité, notamment celles qui compromettent très subtilement l'intégrité de l'écosystème, sont difficiles à quantifier. Par exemple, on sait que la pollution a un impact sur la tortue imbriquée. On a détecté la présence de pesticides, de métaux lourds et de BPC dans l'organisme des tortues et dans leurs œufs; en outre, les déversements d'hydrocarbures affectent le système respiratoire de l'animal et ont un impact sur la peau, la chimie sanguine et les fonctions des glandes. Comme d'autres tortues de mer, la tortue imbriquée ingurgite divers débris : sacs en plastique, billes de calage, boules de goudron, ballons et billes de plastique. Même si les tortues en ingèrent seulement une petite quantité, ces débris peuvent dérégler leur métabolisme et obstruer leur système digestif. Les tortues peuvent également absorber du même coup des sous-produits toxiques. On peut difficilement mesurer l'impact réel de la pollution sur cette espèce, entre autres, étant donné qu'on ne connaît pas les effets sur la santé des espèces exposées à des niveaux variables de polluants. 🦋

## Étude de cas – Chevêche des terriers



Chevêche des terriers.

Le Canada, le Mexique et les États-Unis abritent des populations résidentes et des populations migratrices de chevêche des terriers (*Athene cunicularia*). Les populations septentrionales de cet oiseau migrent vers le sud en hiver; elles passent toute la saison au Mexique et dans le sud des États-Unis. La chevêche des terriers affectionne particulièrement les prairies, les zones désertiques et les espaces découverts. Ce qui caractérise cet oiseau, c'est qu'il niche dans des terriers qu'il creuse lui-même ou qui sont creusés par des mammifères comme des chiens des prairies, des spermophiles et des écureuils fouisseurs. Ces trous servent de lieu de nidification, et ils protègent l'animal du vent, de la pluie, du soleil et des prédateurs.

Les populations de chevêche des terriers sont en déclin au Canada et aux États-Unis; au Mexique, on ne dispose pas de suffisamment de données pour établir les tendances. Au Canada, la situation de la chevêche des terriers est critique – l'espèce est menacée d'extinction.

On croit que l'utilisation intensive des terres – plus particulièrement la conversion de prairies en terres agricoles – est un facteur important du déclin de la population de chevêches des terriers.

### Régions où vit la chevêche des terriers



Source : Natureserve.

Les programmes d'éradication des chiens des prairies et des lapins pourraient en être un autre. Une plus grande utilisation des terres a entraîné la perte et la fragmentation des sites de nidification. La fragmentation rend l'accouplement plus difficile et semble également nuire à la dispersion des petits. Le développement urbain, l'utilisation de pesticides et l'introduction d'herbes envahissantes, qui modifient la physionomie de la végétation des prairies sont également des facteurs de déclin. Au Canada, plus de 75 % des prairies ont été cultivées et une grande partie de celles qui restent a été modifiée par suite de l'activité humaine. D'autres problèmes observés sur les parcours migratoires et dans les aires d'hivernage de la chevêche des terriers pourraient également contribuer à un taux de mortalité plus élevé.



## Dépôts acides

### Messages clés

- Les dépôts acides (communément appelés « pluies acides ») entraînent la dégradation des forêts, des écosystèmes côtiers, des lacs et des sols, nuisent à la faune et rongent les matériaux de construction. Les émissions acidifiantes peuvent franchir les frontières nationales et provinciales ou étatiques, et ainsi avoir une incidence sur des écosystèmes situés à des centaines de kilomètres.
- Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) sont des émissions acidifiantes qui contribuent aux dépôts acides. Ces émissions de substances chimiques proviennent principalement d'activités humaines, notamment la fonte de métaux et la combustion de combustibles fossiles liée à la production et au transport d'électricité.
- Depuis 1990, les émissions de  $\text{SO}_2$  en Amérique du Nord ont été réduites du tiers; les émissions de  $\text{NO}_x$  ont diminué d'un peu plus d'un cinquième. Au cours des 15 dernières années, les dépôts de sulfate ont passablement diminué dans l'est des États Unis et du Canada, tandis que la réduction des dépôts de nitrate a été moins radicale.
- Malgré les progrès considérables réalisés afin de réduire les émissions et les dépôts de polluants acidifiants, de nombreux écosystèmes fragiles continuent de recevoir des dépôts acides supérieurs au niveau des seuils susceptibles d'entraîner des dommages à long terme. De plus, certaines régions auparavant touchées par des niveaux élevés de dépôts acides ne se rétablissent pas comme on l'avait prévu.

Les *dépôts acides* découlent principalement de la transformation de polluants atmosphériques, notamment le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), en polluants secondaires, par exemple l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), le nitrate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) et l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ). Des particules et des vapeurs acides peuvent se déposer à la surface terrestre sous forme de précipitations acides (retombées humides) ou par le truchement de particules, notamment des cendres volantes, des sulfates, des nitrates et des gaz (retombées sèches).

### Enjeu environnemental à l'étude

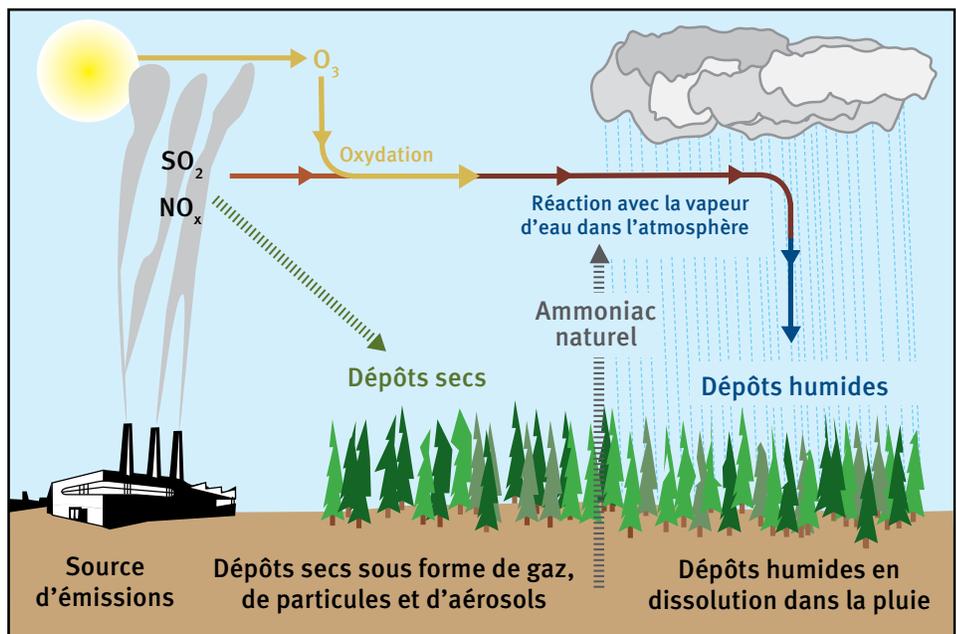
Les dépôts acides ont déjà causé la détérioration des forêts, des lacs, des sols, des immeubles et des monuments historiques de l'Amérique du Nord – dans certains cas, d'une manière irréversible. Les polluants atmosphériques qui engendrent des dépôts acides ont également des répercussions sur la santé humaine et sur la qualité de l'air.

Toutefois, le problème n'est pas restreint à l'Amérique du Nord. Compte tenu du fait que les polluants acides peuvent franchir des distances

importantes dans l'atmosphère, pour se déposer dans des écosystèmes situés des centaines, voire des milliers de kilomètres plus loin, les dépôts acides constituent un problème mondial. Les émissions provenant de l'Amérique du Nord peuvent atteindre l'Europe, et la pollution produite en Asie affecte la santé humaine et l'environnement en Amérique du Nord.

Les polluants atmosphériques, particulièrement les émissions d'oxydes de soufre et d'azote, sont les précurseurs des dépôts. En Amérique du Nord, les émissions de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ )

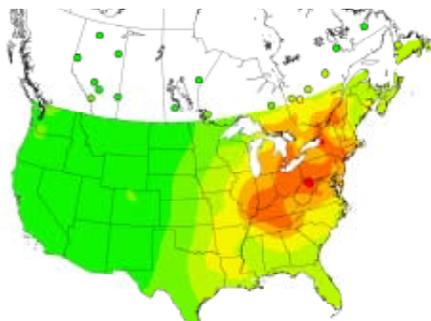
### Processus de dépôt acide



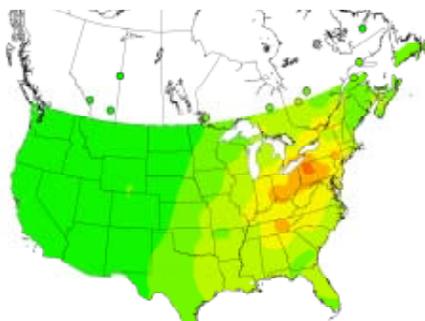
Source : Adapté de Michael Pidwirny, *Physical Geography.net—Fundamentals of Physical Geography*, <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8h/html>.

## Dépôts humides de sulfates et de nitrates aux États-Unis et au Canada

Moyenne quinquennale des dépôts humides de sulfates (1990-1994)



Moyenne quinquennale des dépôts humides de sulfates (2000-2004)



Moyenne quinquennale des dépôts humides de nitrates (1990-1994)



Moyenne quinquennale des dépôts humides de nitrates (2000-2004)



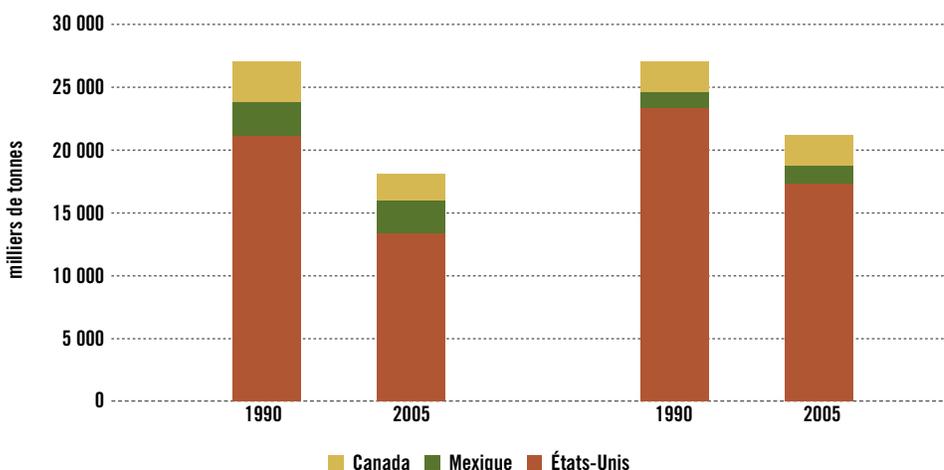
(en kilogrammes/hectare/année)

■ < 5 ■ 5 – 10 ■ 10 – 15 ■ 15 – 20 ■ 20 – 25 ■ 25 – 30 ■ > 30

Source : Base de données nationales sur la chimie atmosphérique, avec la permission de Chul-Unko, Environnement Canada.

## Émissions atmosphériques de SO<sub>2</sub>

## Émissions atmosphériques de NO<sub>x</sub>



Sources: Environnement Canada, Instituto Nacional de Ecologia (les données les plus récentes du Mexique datent de 2002, plutôt que 2005). US Environmental Protection Agency.

et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) proviennent de sources anthropiques, par exemple la fonte de métaux et la combustion de combustibles fossiles liées à la production d'électricité et aux transports, et de sources naturelles, notamment les éruptions volcaniques, les feux de forêt et la foudre. Cependant, les émissions de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub> qui contribuent aux dépôts acides découlent essentiellement d'activités humaines.

L'acidification des écosystèmes se produit lorsqu'un dépôt de composés acides excède la capacité neutralisante du milieu récepteur. L'eau de pluie pure est légèrement acide – elle présente un pH d'environ 5,6 – car elle contient du dioxyde de carbone dissout provenant de l'atmosphère. La pollution acide a un pH plus faible, qui se situe normalement entre 4 et 5. Lorsque le pH diminue d'une unité, l'acidité est multipliée par dix. Ainsi, l'eau de pluie ayant un pH de 4,2 est environ 25 fois plus acide que la pluie pure. En accroissant l'acidité des sols et de l'eau, les dépôts acides nuisent à l'intégrité des végétaux, des animaux et des écosystèmes des zones touchées. Ils causent également des dommages aux bâtiments, aux monuments et aux surfaces peintes.

Dans un lac, les dépôts acides produisent des effets en cascade qui réduisent les populations piscicoles, voire éliminer complètement une espèce de poissons d'un plan d'eau. À mesure que les pluies acides drainent les sols d'un bassin hydrologique, des métaux – notamment, de l'aluminium – sont rejetés dans les lacs et les ruisseaux qui font partie de ce bassin. Le pH faible et la concentration en aluminium accrue ont des conséquences toxiques directes sur les poissons. De plus, ils causent un stress chronique qui, bien qu'il ne tue pas les poissons, entraîne une réduction de leur poids corporel et de leur taille et les rend moins aptes à faire concurrence à d'autres espèces des points de vue de l'alimentation et de l'habitat. L'acidification des lacs et des ruisseaux peut également accroître la quantité disponible de méthylmercure dans les systèmes aquatiques. Dans certains lacs du Canada et des États-Unis dont le pH est faible, on a constaté que le huard à collier, oiseau aquatique semblable au canard, présentait un taux de mercure élevé dans le sang.

Dans les sols forestiers, les dépôts acides excessifs accroissent la vulnérabilité des forêts aux stress liés aux ravageurs, aux agents pathogènes et au changement climatique, ce qui appauvrit la santé des forêts, réduit le rendement en bois et, tôt ou tard, modifie la composition des essences forestières. La pluie acide affaiblit les arbres en abimant leurs feuilles, en limitant la quantité

de nutriments qui leur sont accessibles ou en les exposant à des substances toxiques qui sont lentement libérées du sol. Très souvent, ces conséquences des pluies acides, conjuguées à d'autres menaces, blessent, voire tuent les arbres.

Enfin, les polluants à l'origine des pluies acides sont nocifs pour la santé humaine. Dans l'atmosphère, ils se joignent à d'autres produits chimiques pour produire du smog, qui peut irriter les poumons et rendre la respiration difficile, surtout chez les personnes atteintes d'asthme, de bronchite ou d'autres affections respiratoires. De fines particules, qui contiennent du sulfate dérivé du  $\text{SO}_2$ , sont jugées particulièrement délétères pour les poumons.

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

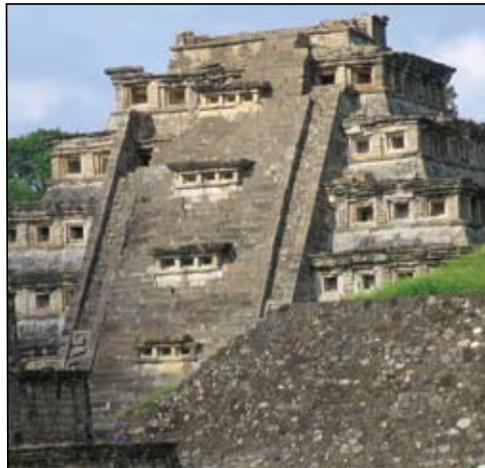
Les effets des dépôts acides en Amérique du Nord peuvent être abordés uniquement de concert avec les territoires de compétence avoisinants situés en amont, et qui contribuent à la production d'émissions acidifiantes. La question des pluies acides a initialement capté l'intérêt de la population à la fin des années 1970 et au début des années 1980, lorsque leurs effets dévastateurs sur les écosystèmes de l'est de l'Amérique du Nord ont été rendus publics. En 1980, le Canada et les États-Unis ont commencé à collaborer afin d'intervenir à l'égard de ce problème transfrontalier. En 1991, les deux pays ont conclu l'*Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air*, afin de promouvoir l'entente sur le plan scientifique et la réduction de la pollution dans leurs territoires respectifs.

#### Réduction des émissions

Le Canada et les États-Unis ont accordé la priorité aux émissions de  $\text{SO}_2$ , car celles-ci étaient considérées comme les plus importantes sur le plan de la réduction des dommages pour les écosystèmes fragiles. Depuis 1990, les émissions atmosphériques de  $\text{SO}_2$  en Amérique du Nord ont diminué de près de deux tiers (voir le graphique). À l'heure actuelle, la production d'électricité représente l'essentiel des émissions de  $\text{SO}_2$  aux États-Unis, alors qu'au Canada le secteur de la fonte de métaux de base constitue la principale source d'émissions.

Pendant la même période, les émissions de  $\text{NO}_x$  dans l'atmosphère ont diminué d'un peu plus du cinquième (voir le graphique). Les sources mobiles, notamment les automobiles et les camions, produisent le plus d'émissions de  $\text{NO}_x$  en Amérique du Nord, le reste provenant des centrales électriques et d'autres sources.

### Étude de cas – Acidification à El Tajín, au Mexique



Pyramide des Niches, El Tajin, État de Veracruz, Mexique.  
Photo: Luiz Castro.

Située à l'emplacement de la municipalité actuelle de Papantla de Olarte, dans la région de Veracruz, au Mexique, El Tajín était l'une des cités les plus importantes de la zone du golfe pendant la période méso américaine. Sa zone archéologique comporte des constructions qui datent de 100 apr. J.-C. Entre 600 et 1150 apr. J.-C., la ville a atteint son apogée en termes de taille et d'influence.

M. Humberto Bravo Álvarez et le personnel de la section de la contamination de l'environnement du centre des sciences atmosphériques de l'Université nationale autonome du Mexique étudient les effets des pluies

acides sur les sites archéologiques et historiques d'El Tajín. Entre le 18 août 2002 et le 9 avril 2003, ils ont prélevé 40 échantillons de pluie au site archéologique d'El Tajín et ont appliqué un modèle d'analyse de trajectoire atmosphérique à chacun, afin de déterminer le parcours atmosphérique correspondant aux événements de précipitations (voir le plan). Les modèles de trajectoire constituent un moyen pratique de déterminer les régions situées en amont susceptibles de contribuer au fardeau de polluants de récepteurs en aval.

Les analyses ont révélé que 85 % des précipitations échantillonnées à El Tajin étaient acides ( $\text{pH} < 5.62$ ). L'analyse des rétrotrajectoires de ces précipitations acides a démontré une fluctuation importante, c'est-à-dire qu'il n'existait pas de préférence directionnelle apparente sur le plan du transport pendant les événements, ce qui dénote l'importance des sources locales. La zone archéologique d'El Tajin est entourée de sources possibles de précurseurs de pluies acides, notamment la combustion industrielle de mazout à teneur élevée en soufre (par exemple, des centrales électriques et des raffineries). Ainsi, ces deux sources – et d'autres plus éloignées – peuvent contribuer largement à l'acidité des précipitations à El Tajin.

#### Résultats

Par suite de la réduction des émissions, les dépôts de soufre dans l'est des États-Unis et du Canada ont considérablement diminué entre 1990 et 2004, alors que le changement sur le plan des dépôts d'azote a été moins radical (voir les plans).

#### Régions touchées

De nombreux systèmes hydrographiques et éda- phiques de l'est de l'Amérique du Nord ne peuvent pas neutraliser l'acide naturellement. Ces systèmes sont donc sensibles aux dépôts acides. Afin de comprendre la capacité des écosystèmes d'assimiler les dépôts acides, les scientifiques ont élaboré le concept de la « charge critique », selon lequel on estime la quantité maximale de dépôts qu'un écosystème peut recevoir sans subir de dommages. La charge critique dépend de la quantité de bases neutralisantes des acides, notamment les sels de calcium et de magnésium, dans les eaux, les rocs et les sols d'une région.

Malgré les progrès réalisés, certains écosystèmes se rétablissent plus lentement que prévu. Aux États-Unis, on trouve encore des eaux de surface acides dans le Haut-Midwest et dans les régions des monts Adirondack et des Appalaches septentrionales. Au Canada, les régions qui reçoivent des quantités de dépôts supérieures à la charge critique sont situées dans les provinces qui font partie du bouclier précambrien canadien. En Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, les régions dont le sol est fait de roche dure (granite) ne possèdent pas de capacité naturelle de neutralisation des pluies acides. Au fil des ans, des niveaux plus faibles d'industrialisation, conjugués à des facteurs naturels, notamment des régimes climatiques se déplaçant vers l'est et la capacité tampon des sols, ont largement protégé les écosystèmes des prairies de l'ouest du Canada et des États-Unis contre les effets des pluies acides.

Bien que nous ne disposions pas de plans semblables en ce qui concerne le Mexique, les répercussions des dépôts acides sont manifestes dans les parcs nationaux situés près de Mexico, où les pluies acides ont entraîné la dégradation des forêts et des sols, de même que par le biais des dommages causés aux monuments et aux bâtiments historiques à Mexico et ailleurs (voir l'étude de cas à la page précédente).

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

Les préoccupations initiales des scientifiques, en ce qui concerne les effets des dépôts acides sur les forêts et sur les matériaux de construction, s'étendent maintenant à la relation entre la pollution acidifiante, la biodiversité et les écosystèmes côtiers fragiles.

#### Biodiversité

Les diverses espèces qui vivent dans les lacs, les rivières et les milieux humides se distinguent du point de vue de leur tolérance à l'acidité. L'acidification réduit principalement la diversité des organismes vivants qui habitent les lacs, et modifie l'équilibre entre les populations survivantes. La modification du mélange des espèces dans les plans d'eau a également des répercussions sur les oiseaux et sur d'autres espèces situées en amont de la chaîne alimentaire, puisque certaines ressources alimentaires se raréfient et d'autres sont plus abondantes. Les scientifiques ne peuvent prévoir si les espèces disparues d'un lac acidifié y retourneront un jour – même si le pH redevient normal.

#### Écosystèmes côtiers

Les dépôts acides entraînent les effets du dépôt d'azote sur les écosystèmes côtiers, dans lesquels l'azote constitue souvent l'élément nutritif limitant. L'accroissement de la concentration d'azote des eaux côtières peut altérer considérablement ces écosystèmes. Quelque 60 % des estuaires des États-Unis sont affligés d'un surenrichissement d'azote, un phénomène connu sous le nom d'« eutrophisation ». Les symptômes de l'eutrophisation comportent le changement d'espèce dominante de plancton (source alimentaire principale de nombreuses formes de faune et de flore marines), qui peut entraîner une prolifération d'algues, une réduction de la teneur en oxygène de la colonne d'eau, la mortalité massive de poissons, de mollusques et de crustacés, ainsi que

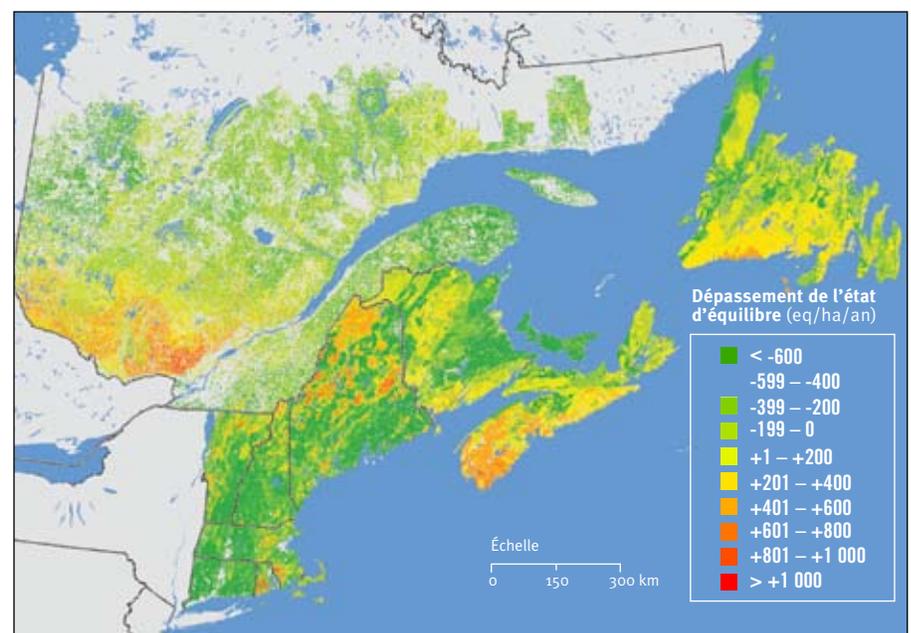
## Étude de cas – Sensibilité des forêts aux dépôts de soufre et d'azote

Bien que les émissions de soufre aux États-Unis et au Canada aient diminué par suite des programmes de contrôle, les émissions continues de composés acidifiants de soufre et d'azote présentent quelques unes des menaces à long terme les plus graves pour la santé et la productivité des forêts de certaines régions du nord-est de l'Amérique du Nord. Cette constatation découle d'une étude sur quatre ans touchant les États du nord-est des États-Unis et l'est du Canada, et réalisée par le Forest Mapping Group de la Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'est du Canada.

Selon l'étude du Forest Mapping Group, entre 1999 et 2003, les dépôts atmosphériques de soufre et d'azote ont dépassé la charge critique dans plus du tiers de la région visée par l'étude (voir le plan). Dans les provinces de l'est du Canada, les régions forestières les plus fragiles sont situées dans le sud du Québec, notamment dans les Basses-Laurentides au nord du fleuve Saint-Laurent, dans le sud-est de la Nouvelle Écosse et dans le sud de Terre-Neuve. En Nouvelle-Angleterre, les forêts les plus fragiles se trouvent dans les chaînes de montagnes et dans les zones côtières, où les sols sont pauvres et la résistance aux intempéries est faible, et où la demande de nutriments est plus forte en raison d'une exploitation plus intensive.

Selon la surveillance des forêts du Québec, et compte tenu des effets connus des dépôts acides, l'étude du Forest Mapping Group conclut que le dépassement important des charges critiques entraîne, directement ou indirectement, une réduction de la croissance et de la santé des forêts.

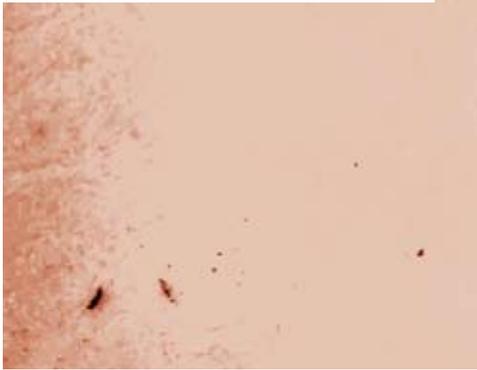
### Régions forestières sensibles aux dépôts acides dans les États de la Nouvelle-Angleterre et les provinces de l'est du Canada



Source : Forest Mapping Group de la Conférence des gouverneurs de la Nouvelle Angleterre et des premiers ministres de l'est du Canada.

la modification en cascade des populations en amont de la chaîne alimentaire. En outre, l'accroissement du niveau de turbidité dans l'eau, causé par la prolifération d'algues, peut détruire la végétation aquatique submergée, qui représente un habitat important pour de nombreuses espèces de poissons, de mollusques et de crus-

tacés d'estuaire. Bien que nombre d'estuaires les plus eutrophiques soient situés dans le golfe du Mexique et sur la côte médio-atlantique des États-Unis, recoupant bon nombre des régions qui reçoivent les dépôts d'azote les plus élevés, on en trouve également dans chaque région le long du littoral américain contigu. 🐟



## Pollution et déchets industriels

### Messages clés

- La pollution et les déchets industriels comprennent l'ensemble des matières générées par les activités industrielles et que ne veut pas le fabricant. Parfois, ils créent une possibilité latente d'améliorer l'efficacité de la production et de réduire les coûts d'élimination.
- Certains éléments composant la pollution et les déchets industriels sont dangereux pour la santé humaine et pour l'environnement. On craint également pour les populations humaines vulnérables, comme les enfants, les répercussions des expositions à de faibles concentrations de nombreux polluants et la contamination des écosystèmes.
- Chaque année, l'activité industrielle en Amérique du Nord génère d'importantes quantités de substances chimiques toxiques, de polluants atmosphériques, de déchets dangereux et non dangereux et de matières radioactives, qu'il faut gérer en vue de protéger la santé humaine et l'environnement.
- Certaines tendances en matière de gestion des déchets sont encourageantes, par exemple l'adoption par l'industrie de méthodes de prévention de la pollution, et une diminution constante des rejets industriels de cancérigènes et d'autres substances toxiques préoccupantes, mais les progrès observés ne sont pas uniformes.

**La pollution et les déchets industriels** comprennent toute la gamme de substances indésirables et de pertes que génèrent les activités industrielles : émissions dans l'air ou rejet dans les eaux de surface, et substances envoyées aux usines de traitement des eaux usées, déposées dans des sites d'enfouissement, rejetées ou épandues sur les sols, incinérées, injectées sous terre, contrôlées par voie d'entreposage, recyclées ou brûlées aux fins de récupération de l'énergie.

### Enjeu environnemental à l'étude

La production industrielle apporte des produits, des services et des emplois à l'économie, mais est également une source importante de pollution et de déchets. On peut classer cette pollution et ces déchets en six catégories : substances chimiques toxiques, polluants atmosphériques courants, gaz à effet de serre, déchets dangereux, déchets non dangereux et déchets radioactifs.

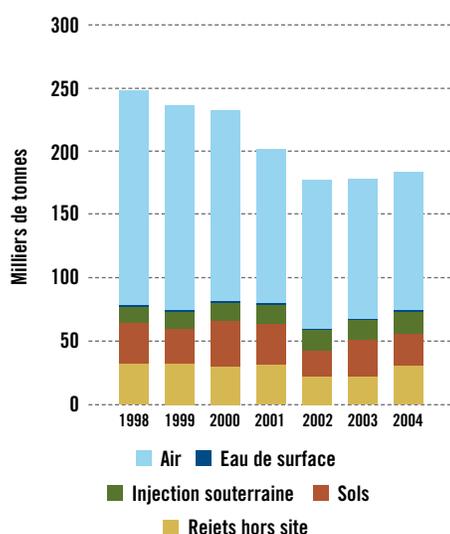
#### Substances chimiques toxiques

Ces substances sont dangereuses pour la santé humaine et l'environnement. En 2004, les installations industrielles nord-américaines ont généré plus de cinq millions de tonnes de substances chimiques toxiques sous forme de déchets et de polluants issus de la production

(voir l'encadré). Malgré ce volume élevé, les données comparables relatives aux industries et aux substances chimiques au Canada et aux États-Unis révèlent des tendances encourageantes. Entre 1998 et 2004, les rejets totaux de carcinogènes et de substances toxiques pour le développement ou la reproduction ont baissé de 26 % aux États-Unis et au Canada (voir la figure), alors que la diminution a été de 15 % pour l'ensemble des substances chimiques surveillées. On ne dispose d'aucune donnée sur le Mexique pour cette période. Même si les rejets de ces substances dans la plupart des milieux ont baissé avec le temps, les rejets par injection souterraine ont augmenté. La fréquence d'utilisation de ce mode d'élimination, qui consiste à rejeter des liquides dans des puits souterrains, a augmenté de plus de 40 % depuis 1998 pour les



## Rejets de cancérogènes et de substances toxiques pour le développement ou la reproduction, (données appariées canadiennes et américaines)



Source : À l'heure des comptes 2004, Commission de coopération environnementale.

cancérogènes et les substances toxiques pour le développement ou la reproduction. En outre, même si les installations dont les rejets déclarés sont les plus importants ont fait des progrès dans la réduction des rejets et transferts de substances toxiques, les installations plus nombreuses qui déclarent une pollution moins importante affichent une tendance inverse.

### Polluants atmosphériques courants

Ces substances – oxydes d'azote, oxydes de soufre, monoxyde de carbone, particules et composés organiques volatils – ont des effets sur l'environnement qui se traduisent notamment par le smog, les pluies acides et la brume sèche régionale, et des effets sur la santé comme les maladies respiratoires. Elles proviennent de diverses sources, notamment de la combustion des combustibles à usage résidentiel, des véhicules à moteur et de l'exploitation agricole. Les industries sont également une importante source de pollution, notamment les compagnies productrices d'électricité, les usines de fabrication de métaux de première fusion et les fours à ciment. Même si les émissions de polluants atmosphériques courants tendent à diminuer, la réduction des émissions provenant de sources comme les véhicules à moteur a été partiellement annulée par l'augmentation des émissions de certains sous-secteurs de l'industrie pétrolière et gazière, imputable à l'augmentation de la production.

### Gaz à effet de serre

Ces gaz, qui comprennent le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane et l'oxyde d'azote, sont liés au changement climatique. La consommation d'énergie par l'industrie constitue une source importante d'émissions de CO<sub>2</sub> en Amérique du Nord, qui correspond à peu près aux émissions de CO<sub>2</sub> imputables à la consommation d'énergie des secteurs agricole, commercial et résidentiel combinés. Alors que les émissions de CO<sub>2</sub> imputables à la consommation d'énergie de l'industrie ont baissé de plus de 30 % entre 1980 et 2005, les émissions provenant du secteur des transports ont augmenté de près de 50 %, et celles qui sont liées à la production d'électricité et aux raffineries ont augmenté de près de 60 % pendant la même période. Les émissions totales de gaz à effet de serre en Amérique du Nord ont totalisé plus de 8,5 milliards de tonnes d'équivalents CO<sub>2</sub> en 2005.

### Déchets dangereux

Les déchets dangereux sont les flux de déchets industriels qui peuvent contenir plus d'un composant ou d'une substance. Ils sont généralement définis à l'aide de caractéristiques comme l'inflammabilité, la réactivité, la corrosivité et la toxicité. On manque actuellement de données comparables en ce qui concerne la production et la gestion des déchets dangereux en Amérique du Nord; il est donc difficile, de définir des tendances. Même si les États-Unis publient un rapport

biennal sur les déchets dangereux, on ne dispose pas de données nationales périodiques au Canada (sauf pour les expéditions transfrontalières), et la collecte de ce type de données en est à ses premières étapes au Mexique.

Le volume de déchets dangereux produit est élevé. Aux États-Unis, près de 34,8 millions de tonnes de déchets dangereux ont été générées en 2005, la plupart du temps sous forme de déchets liquides. Selon les estimations gouvernementales, la production annuelle du Canada est de l'ordre de six millions de tonnes. Au Mexique, les données fournies par les quelque 35 000 installations donnent un total annuel de 6,17 millions de tonnes en 2000. On ne connaît pas le volume total de déchets dangereux produits par le Mexique, mais le chiffre de huit millions de tonnes par an est fréquemment mentionné.

### Déchets non dangereux

Les déchets industriels non dangereux comprennent la cendre de houille, les sables de fonderie, la poussière des fours à ciment, les déchets produits par l'exploitation minière et la transformation des minéraux, les déchets créés par la production de pétrole et de gaz, et les autres déchets qui ne présentent pas les caractéristiques de déchets dangereux. Même si tous ces types de déchets ne sont pas qualifiés de dangereux, leur gestion n'est pas sans risque et, généralement, des dispositions légales régissent

## Registres nord-américains des rejets et transferts de polluants

En Amérique du Nord, les trois pays font le suivi de certains polluants industriels grâce aux registres des rejets et transferts de polluants (RRTP). Les RRTP compilent les données déclarées annuellement par les installations à propos des rejets de certaines substances dans l'air, l'eau et les sols, ainsi que de l'élimination et des transferts hors site en vue du traitement ou du recyclage. En 2004, plus de cinq millions de tonnes de rejets et transferts ont été déclarées.

L'**Inventaire national des rejets de polluants** (INRP) canadien, créé en 1992 sur les recommandations d'intervenants de l'industrie et d'organisations environnementales, fait le suivi de plus de 300 substances chimiques, ainsi que des polluants atmosphériques courants.

Le **Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes** (RETC, Registre de rejets et de transferts de polluants) du Mexique, qui a récemment rendu la déclaration obligatoire, couvre une centaine de substances chimiques et fait partie du Cédula de Operación Anual (certificat d'exploitation annuel), également utilisé pour recueillir des données sur la production de déchets dangereux, la consommation d'énergie et d'autres indicateurs de la gestion de l'environnement.

Le **Toxics Release Inventory** (TRI, Inventaire des rejets toxiques) des États-Unis, créé en 1987, fait aujourd'hui le suivi des données sur plus de 600 substances chimiques.

Les trois pays cherchent en priorité à améliorer la comparabilité des données que contiennent leurs RRTP. En juin 2002, le Conseil de la CCE a signé la résolution n°02-05 : Plan d'action en vue d'améliorer la comparabilité des registres des rejets et des transferts de polluants (RRTP) en Amérique du Nord.

leur traitement et leur élimination appropriés. Au Canada, le volume de déchets éliminés provenant de sources non résidentielles (industrielles, commerciales et institutionnelles) est passé de 14,6 à 15,5 millions de tonnes entre 2002 et 2004. Aux États-Unis et au Mexique, on ne dispose pas d'estimations facilement accessibles du volume global de déchets industriels non dangereux, même s'il existe sans doute des estimations relatives à diverses sources de déchets.

#### Déchets radioactifs

Les déchets radioactifs sont les sous-produits de certaines activités industrielles, en particulier la production d'électricité. En 2005, les centrales nucléaires ont produit 1 697 tonnes de combustible irradié (exprimé en quantité de métal lourd) au Canada, 21 tonnes au Mexique et 2 396 tonnes aux États-Unis.

#### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

La pollution et les déchets industriels représentent une menace potentielle pour la santé des êtres humains et de l'environnement s'ils ne sont pas gérés adéquatement. Les préoccupations vont des effets toxiques sur le fœtus et l'enfant aux effets sur la santé de l'exposition à de faibles concentrations de plusieurs polluants, et à la dégradation des habitats et des écosystèmes. Ces préoccupations ne se limitent pas aux frontières nationales, parce que certains polluants peuvent parcourir de grandes distances, et que les déchets sont expédiés par-delà les frontières en vue d'être recyclés et éliminés.

#### Santé et environnement

La pollution et les déchets dont on fait le suivi grâce aux RRTP, et qui sont réglementés par les lois environnementales en vigueur en Amérique du Nord, sont ceux qui, aux yeux des gouvernements nationaux, sont une source de préoccupation relativement à la santé humaine ou à l'environnement. On s'inquiète tout particulièrement des effets de certaines substances chimiques toxiques sur la santé et le développement des enfants et d'autres groupes vulnérables. Les chercheurs ont défini des « fenêtres de vulnérabilité » durant le développement du fœtus et de l'enfant; il s'agit de périodes durant lesquelles l'exposition à des substances toxiques peut avoir des effets particulièrement dévastateurs. Même s'ils ont toujours étudié de plus près les effets connus sur la santé, par exemple les cas de cancer, les scientifiques s'inquiètent de plus en plus à propos des effets plus sournois de l'exposition

à de faibles concentrations de substances toxiques, par exemple une défaillance du système endocrinien ou des fonctions neurologiques.

#### Transport à grande distance

La pollution et les déchets industriels sont importants en Amérique du Nord, parce que les polluants se déplacent dans l'air et dans l'eau, et traversent ainsi les frontières nationales, et parce que des déchets sont également expédiés

dustrielles en matière de gestion. Par exemple, ils peuvent interdire le recyclage par une installation en raison de préoccupations relatives à l'augmentation des coûts d'observation. Les différences entre les règlements des différents pays, combinées aux différences de prix de la gestion des déchets, peuvent aussi influencer sur les décisions relatives au lieu et au mode de gestion des déchets. Quelles que soient ces différences, il est vrai que les entreprises nord-américaines



à l'étranger à des fins de recyclage, de traitement et d'élimination. Le dépôt de polluants persistants dans le Grand Nord, à des endroits éloignés des sources industrielles, témoigne de la capacité qu'ont les polluants de se déplacer loin de leur point d'origine. La pollution et les déchets industriels rejetés dans les cours d'eau ou les plans d'eau qui chevauchent les frontières des États (par exemple les Grands Lacs et la New River, qui coule de la Basse-Californie à la Californie) constituent eux aussi une source de préoccupation commune, en particulier en ce qui concerne les effets des substances persistantes, biocumulatives et toxiques (SPBT).

#### Gestion des déchets

Les décisions relatives à la façon de gérer les déchets ont des répercussions sur l'environnement. L'incinération des déchets urbains ou médicaux, la combustion des déchets dangereux dans des fours à ciment et la combustion des déchets domestiques comptent parmi les principales sources de dioxines, si l'on examine les inventaires américains et canadiens. Les dioxines, comme certains autres SPBT, peuvent être dispersées sur de grandes distances par les courants atmosphériques et d'autres voies de transfert dans l'environnement, et ont tendance à se déposer dans les régions plus froides.

Les règlements qui s'appliquent à la gestion des déchets dangereux peuvent influencer sur les décisions des responsables d'installations in-

expédient chaque année des centaines de milliers de tonnes de déchets dangereux entre le Canada, le Mexique et les États-Unis. Lorsqu'on envoie des déchets dans d'autres pays à des fins de recyclage, de traitement ou d'élimination, les cargaisons de déchets doivent être transportées par voie routière ou ferroviaire, et traverser des régions à forte densité de population avant d'atteindre leur destination finale.

#### Coûts économiques

Abstraction faite de leurs effets potentiels sur les êtres humains et l'environnement, les déchets nuisent à l'efficacité de la production industrielle. Ils imposent des coûts aux installations, qui doivent payer pour la gestion des déchets, le respect de la réglementation et les matériaux sous-utilisés. D'un point de vue économique, les coûts correspondent au montant qu'il faut payer pour assainir les sites contaminés, réglementer les industries productrices de déchets et assurer un traitement médical des effets néfastes de l'exposition dans l'environnement. Les coûts non monétaires se traduisent par l'appauvrissement des ressources non renouvelables, l'utilisation non rationnelle des terres et la dégradation des écosystèmes.

Les entreprises et les autorités s'efforcent de plus en plus de dissocier la production de déchets de la productivité économique. Les données recueillies par les RRTP démontrent que les installations qui entreprennent des activités de pré-



vention de la pollution parviennent à réduire leur volume de déchets plus rapidement que celles qui ne font rien (voir le graphique). Ce graphique révèle en outre que plus des trois quarts des déchets sont produits dans des installations qui n'ont pas encore déclaré avoir entrepris des activités de prévention de la pollution. Pour réduire le volume de déchets, il n'est pas nécessaire de réduire l'activité économique. La Californie représente l'économie infranationale la plus importante en Amérique du Nord, mais se classe au trentième rang des États et provinces pour ce qui est des rejets totaux de substances chimiques toxiques.

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

La planification de l'utilisation des terres et le changement climatique ne sont que deux des autres enjeux environnementaux importants liés à la pollution et aux déchets industriels.

#### Utilisation des terres

Les déchets posent des problèmes pour la planification locale de l'utilisation des terres, qu'il s'agisse du choix du site de nouvelles installations de traitement, d'entreposage et d'élimination, ou de la façon stratégique de gérer les zones désaffectées. Aux États-Unis, en 2008, 1 581 sites figuraient sur la liste des priorités nationales du programme Superfund, et on prévoyait que 3 746 établissements nécessiteraient un assainissement en vertu de la *Federal Resource Conservation and Recovery Act*. De nombreux autres sites relèvent de la compétence des autorités locales ou étatiques; c'est pourquoi on ne connaît pas vraiment la superficie des terres contaminées. Au Canada, près du quart des 17 866 sites contaminés sous responsabilité fé-

dérale se trouvent dans des réserves indiennes, ce qui impose un fardeau supplémentaire à des populations déjà vulnérables face aux menaces environnementales, en raison de facteurs socioéconomiques ou géographiques. Au Mexique, le gouvernement fédéral a répertorié 300 sites contaminés qui couvrent 200 000 hectares. L'emplacement des industries polluantes, des sites d'enfouissement et d'autres sites de gestion des déchets soulève par ailleurs des questions de justice environnementale.

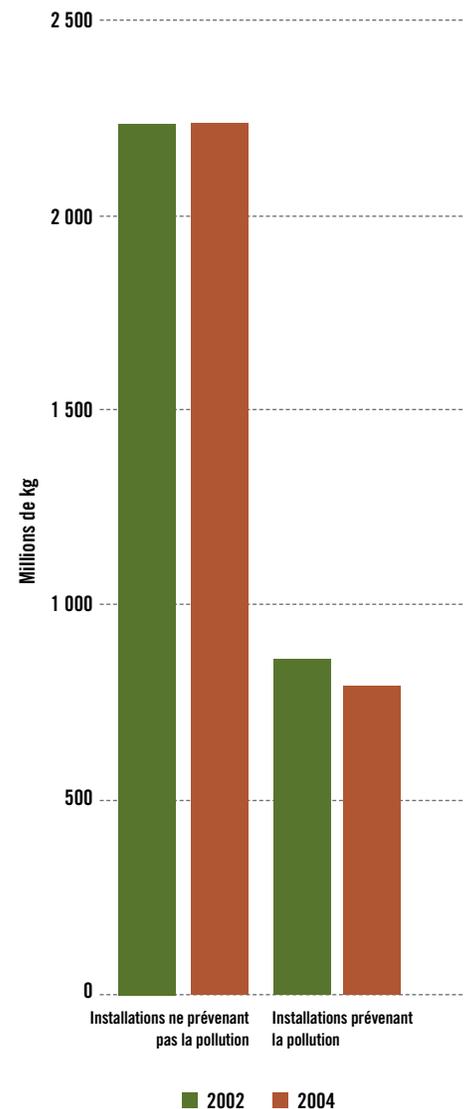
#### Appauvrissement des ressources naturelles

Une utilisation inefficace des matériaux et de l'énergie a une incidence sur l'utilisation des ressources naturelles. L'appauvrissement de ces ressources est atténué par le caractère renouvelable des intrants utilisés et par le degré de recyclage entrepris au sein d'un secteur industriel ou entre les divers secteurs. Le recyclage des déchets industriels et la récupération de l'énergie qu'ils dégagent permettent aux déchets générés par un procédé industriel de servir d'intrant ou de source d'énergie à un autre. En 2004, plus d'un million de tonnes de matériaux, principalement des métaux, ont été envoyés au recyclage par des installations faisant des déclarations aux RRTP, et près de 300 000 tonnes ont été traitées aux fins de récupération de l'énergie. Toutefois, le recyclage et la récupération d'énergie présentent certains inconvénients. Les activités de recyclage peuvent elles aussi causer une contamination de l'environnement, et les émissions atmosphériques et les résidus issus de la récupération d'énergie constituent une source de préoccupation.

#### Changements climatiques

La pollution et les déchets industriels contribuent également aux changements climatiques.

Total des rejets et des transferts de substances déclarés aux RRTP par des installations prévenant la pollution ou ne prévenant pas la pollution (données canadiennes et américaines)



Source : À l'heure des comptes 2004, Commission de coopération environnementale.

La décomposition anaérobie des déchets dans les sites d'enfouissement produit du méthane, puissant gaz à effet de serre, et leur incinération dégage du dioxyde de carbone. Le transport des déchets vers les sites de recyclage, de traitement et d'élimination produit des émissions de carbone. Enfin, les matériaux éliminés en tant que déchets doivent être remplacés par des matériaux plus bruts, ce qui nécessite la consommation de combustibles fossiles additionnels et d'autres rejets de carbone. 🌱

# Substances persistantes, biocumulatives et toxiques

## Messages clés

- Les substances persistantes, biocumulatives et toxiques (SPBT) sont des substances chimiques qui se dégradent lentement dans l'environnement, s'accumulent dans l'organisme des humains et d'autres espèces et peuvent avoir des effets toxiques à long terme. On s'intéresse présentement à un petit nombre de SPBT, mais d'autres qui sont actuellement évaluées pourraient également faire l'objet d'une attention particulière.
- Les SPBT peuvent être rejetées de façon intentionnelle (les pesticides, par exemple) ou non intentionnelle (comme les sous-produits de la combustion ou de la fabrication). Certaines de ces substances sont transportées sur de très grandes distances par les courants atmosphériques et d'autres voies de pénétration dans l'environnement, contaminant des régions qui sont très éloignées de leur point d'origine.
- L'utilisation de produits de remplacement ou la réduction/l'élimination des émissions a permis de réduire les niveaux de certaines SPBT dans l'environnement, mais les délais de récupération sont longs en raison du fait que ces substances se décomposent difficilement, ou lentement, en éléments inoffensifs.

Les *substances persistantes, biocumulatives et toxiques* (SPBT) sont des substances chimiques qui se dégradent difficilement dans l'environnement. Elles s'accumulent généralement dans les tissus adipeux et sont métabolisées sur une longue période et, dans bien des cas, leur concentration augmente d'un maillon à l'autre de la chaîne alimentaire. On a constaté que certaines SPBT ont des effets néfastes sur la santé humaine et animale.

## Enjeu environnemental à l'étude

Les effets néfastes à long terme des SPBT sur la santé humaine et l'environnement ont été démontrés à maintes reprises. Les preuves recueillies ont amené la communauté internationale à chercher une solution au problème (voir l'encadré).

### SPBT et santé humaine

Les populations de l'Amérique du Nord sont exposées à une foule de polluants environnementaux, dont les SPBT. Des études ont établi un lien entre diverses SPBT et divers effets néfastes sur les humains, dont des troubles du système nerveux, de la reproduction et du développement, le cancer et des troubles génétiques. Certaines SPBT imitent les fonctions des hormones et peuvent donc entraîner une modification des caractéristiques sexuelles et d'autres fonctions hormonales.

### SPBT et santé animale et végétale

Comme les humains, les animaux et les végétaux sont exposés aux SPBT présentes dans l'air, l'eau et la nourriture. Les animaux qui se trouvent en haut de la chaîne alimentaire, comme les mammifères marins, les oiseaux de proie et certaines espèces de poisson, sont les plus susceptibles d'être exposés à des niveaux toxiques de SPBT. Les avis relatifs à la consommation de poisson émis par les gouvernements de la région des Grands Lacs et d'autres régions visent à protéger la population contre les risques associés à la consommation de poissons contaminés. Le mercure, les biphényles polychlorés (BPC), le chlordane, les dioxines et le DDT—les SPBT qui contaminent le poisson—s'accumulent dans les tissus des poissons à des concentrations qui sont des milliers de fois supérieures à celles qu'on trouve dans l'eau. Les SPBT peuvent demeurer dans les sédiments pendant des années et contaminer les

## Une réponse internationale aux SPBT

Le Canada, le Mexique, les États-Unis et 151 autres pays ont signé la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (mai 2001). Le Canada et le Mexique ont ratifié la Convention, mais pas les États-Unis.

La Convention désigne douze SPBT devant faire l'objet de mesures de contrôle. Ces substances sont groupées dans trois catégories :

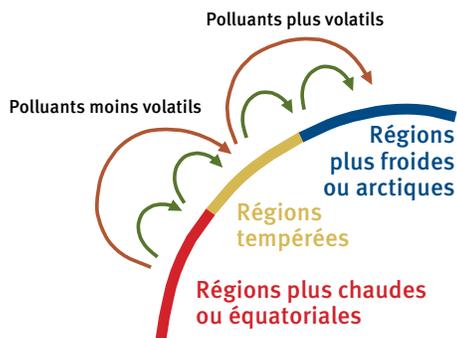
**Pesticides**—aldrine, chlordane, DDT, dieldrine, endrine, heptachlore, hexachlorobenzène (HCB), mirex et toxaphène

**Substances chimiques industrielles**—HCB et BPC

**Sous-produits non intentionnels**—dioxines et furanes.

Bon nombre des douze substances visées par la Convention ne sont plus produites, mais sont toujours présentes dans l'environnement. On s'intéresse présentement à un petit nombre de SPBT, mais d'autres qui sont actuellement évaluées pourraient également faire l'objet d'une attention particulière.

## L'effet sauterelle ou la distillation globale



Source : Environnement Canada.

organismes de fond dont se nourrissent les prédateurs (voir la figure, qui illustre la bioaccumulation et la bioamplification).

La persistance de ces substances dans l'environnement est non négligeable. Malgré le fait que les États-Unis ont interdit l'utilisation du chlordane en 1988, 105 avis relatifs à la consommation de poisson contaminé par cette substance ont été émis en 2006. Le DDT est quant à lui interdit depuis 1975, mais malgré cela, 84 avis relatifs à la consommation de poisson contaminé au DDT ont été émis en 2006 aux États-Unis.

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

Les SPBT sont rejetées dans l'environnement parfois intentionnellement, parfois involontairement. Par la suite, certaines d'entre elles peuvent se disperser dans des régions données et au-delà des frontières internationales, en Amérique du Nord et ailleurs dans le monde. Les SPBT sont particulièrement préoccupantes en Amérique du Nord, car on les trouve dans des régions écologiquement fragiles comme l'Arctique (voir l'illustration des voies de pénétration dans l'Arctique), les Grands Lacs et le golfe du Mexique.

#### Sources de SPBT

Tous les secteurs industriels du monde entier utilisent des substances chimiques, mais certains d'entre eux sont plus susceptibles d'émettre des SPBT. Ces émissions peuvent être intentionnelles—pesticides contenant des SPBT—ou non intentionnelles—sous-produits de combustion (p. ex., dioxines et furanes). Le tableau qui suit renferme une liste de quelques industries, processus/procédés et produits qui sont associés aux SPBT.

D'autres SPBT sont toujours rejetées comme sous-produits d'activités industrielles. Par exemple, depuis le début de l'ère industrielle, au milieu

des années 1800, on a observé une augmentation des rejets de mercure associés aux centrales thermiques alimentées au charbon. On a également observé une augmentation globale de 200 à 400 % des taux de dépôt de mercure, ce qui augmente les risques d'effets sur la santé humaine et les écosystèmes partout dans le monde.

#### Transports

La facilité avec laquelle certaines SPBT peuvent se disperser dans l'environnement est très préoccupante. Ces substances se retrouvent dans des régions éloignées, transportées dans l'atmosphère sur de longues distances selon un cycle complexe de dépôts au sol et de retour dans l'atmosphère, ce qu'on appelle « l'effet sauterelle ». À terme, elles s'accumulent dans les régions froides comme l'Arctique suivant un processus appelé « la distillation globale » (voir la figure).

La plupart des SPBT étant des substances relativement volatiles, elles peuvent se retrouver dans l'atmosphère puis être transportées par les vents, parfois sur de longues distances. Par des processus atmosphériques, soit parce que les molécules se retrouvent au sol transportées par les précipitations ou par suite du dépôt des particules, ces substances se déposent sur le sol ou dans les écosystèmes aquatiques où elles s'accumulent et sont susceptibles de causer des dommages. Elles peuvent ensui-

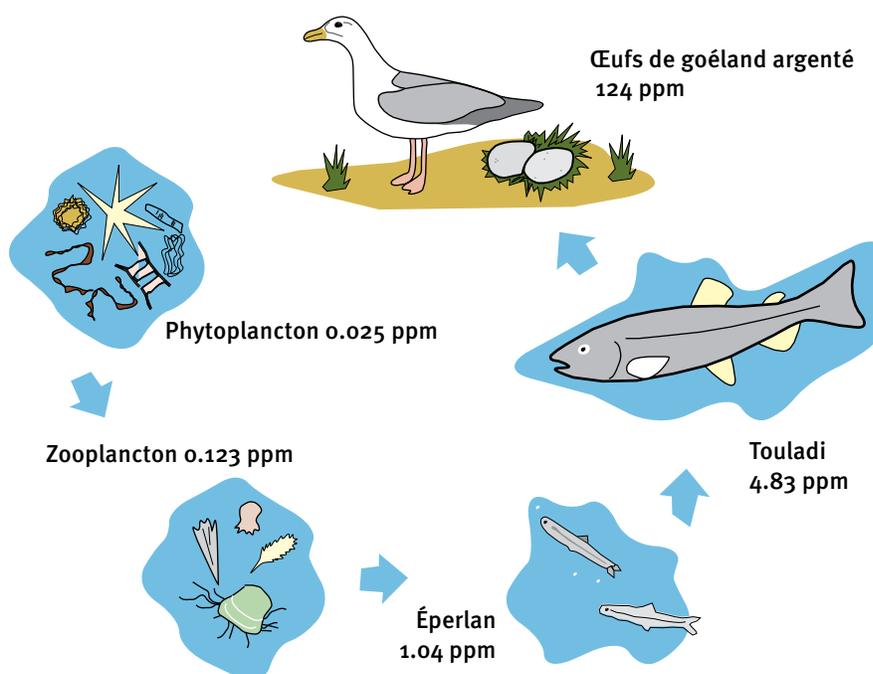
te s'évaporer et retourner dans l'atmosphère et être transportées de régions au climat tempéré vers des régions au climat plus froid. Lorsque les températures diminuent, ces substances se condensent, ce qui fait qu'on les trouve en plus fortes concentrations dans les régions circumpolaires et à haute altitude, où la faible énergie thermique ne permet pas un nouveau cycle d'évaporation. Tout au long de ces processus, certaines SPBT peuvent franchir des milliers de kilomètres à partir de leurs sources d'émission et s'accumuler dans des régions polaires. Outre les rejets dans ces régions, l'Amérique du Nord doit composer avec la dispersion atmosphérique à longue distance des SPBT provenant de diverses sources dans le monde.

#### Biosurveillance

Les enfants et les fœtus sont des groupes de population humaine qui sont particulièrement exposés aux SPBT. Les enfants sont particulièrement vulnérables aux substances chimiques toxiques en raison de leur physiologie unique et de leurs caractéristiques sur les plans du développement et du comportement.

Les données de biosurveillance nécessaires à la détermination de la présence de SPBT dans l'organisme humain ne sont pas directement accessibles pour l'ensemble de l'Amérique du Nord, mais des études locales ou nationales nous donnent un aperçu de la situation :

### Augmentation de la concentration des SPBT le long de la chaîne alimentaire



Ppm : partie par million. Source : US Environmental Protection Agency.

- Dans l'Arctique canadien, le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA) a permis de constater que les taux d'exposition élevés mesurés dans certaines collectivités de la région pourraient avoir des effets néfastes sur la santé humaine. Si on n'a encore recueilli aucune preuve directe de tels effets sur l'état de santé (mortalité et morbidité), il y a lieu de s'inquiéter et de poursuivre les efforts visant à réduire l'exposition humaine, compte tenu des données recueillies jusqu'à maintenant.
- Au Mexique, en 2000-2001, on a mesuré les concentrations de pesticides organochlorés, qui sont également des SPBT, dans l'air ambiant de Chiapas. On a constaté que, dans cette région, les concentrations de certains de ces pesticides (DDT, chlordane, toxaphène) étaient élevées comparativement aux niveaux enregistrés dans la région des Grands Lacs. Cette constatation donne à entendre que le sud du Mexique serait peut-être une source d'émission de cette catégorie de substances chimiques; or, on a mesuré des niveaux similaires dans certaines régions du sud des États-Unis, où les émissions pourraient provenir des sols contaminés (DDT, toxaphène) et être associées aux termiticides utilisés dans le passé (chlordane). Les travailleurs du secteur agricole peuvent être exposés à ces SPBT.
- Aux États-Unis, de 1999 à 2002, environ 6 % des femmes en âge de procréer avaient au moins 5,8 parties par milliard de mercure dans le sang, soit un niveau qui ne présenterait pas de risque important. Les concentrations inférieures à 5,8 parties par milliard sont peu susceptibles d'être dommageables. À partir de ces

données et du nombre de naissances par année, on estime que, chaque année aux États-Unis, plus de 300 000 nouveau-nés pourraient présenter un risque accru de troubles d'apprentissage associés à l'exposition *in utero* au méthylmercure.

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

Il existe un lien entre les substances persistantes, biocumulatives et toxiques, et, d'une part, la biodiversité, le commerce international et les changements climatiques, d'autre part.

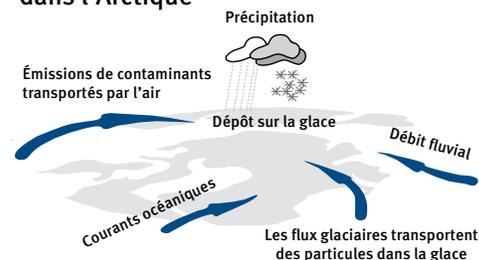
#### Biodiversité

On a observé pour la première fois les effets des SPBT sur la biodiversité de l'Amérique du Nord dans les années 1970 : les populations de faucons pèlerins, d'aigles et d'autres prédateurs étaient en déclin en raison de la présence de DDT dans la chaîne alimentaire. La mise en œuvre de mesures d'intervention et l'interdiction de certaines SPBT ont permis de rétablir les populations de ces espèces très visibles, mais d'autres espèces pourraient toujours être menacées par la présence de SPBT dans les écosystèmes du continent.

#### Commerce

Malgré les mesures strictes qui sont prises pour empêcher les rejets de SPBT en Amérique du Nord, ces substances peuvent être introduites sur le continent par le biais du commerce international. Les biens et produits de consommation vendus en Amérique du Nord sont de plus en plus fabriqués, cultivés ou transformés dans des pays dont les normes relatives aux SPBT peuvent différer de celles en vigueur en Amérique du Nord. Les aliments importés qui ont été traités avec des

### Voies de pénétration des contaminants dans l'Arctique



Source : Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique

pesticides comme le DDT, l'aldrine et le chlordane, encore utilisés dans certains pays, en sont un exemple.

#### Changements climatiques

Dans des conditions atmosphériques normales, le mercure et d'autres SPBT résultant de la combustion de combustibles fossiles et d'autres activités industrielles sont transportés vers le Nord, où elles peuvent se déposer sur le sol ou dans l'eau. Par exemple, on peut trouver des substances émises il y a plusieurs années dans les forêts boréales du nord du Canada et de l'Alaska. Comme les changements climatiques ont des effets sur les forêts et les terres humides du nord, le mercure qui s'est déposé sur des sols froids et humides peut se retrouver à nouveau dans l'atmosphère à la suite de feux de forêt. Compte tenu du climat plus sec des régions septentrionales, le mercure accumulé dans le sol depuis des centaines d'années se retrouve à nouveau dans l'air. La recrudescence des feux de forêt dans la région boréale, associée aux changements climatiques, devrait se solder par une augmentation des émissions atmosphériques de mercure, ce qui exacerbera l'exposition des populations nordiques par le biais des chaînes alimentaires. 🦋

### Industries et processus associés aux SPBT

Fabrication	Procédés thermiques	Certains produits contenant des SPBT	Processus de recyclage
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Production de substances chimiques organiques chlorées</li> <li>■ Production de pâtes et papier</li> <li>■ Raffinage du pétrole et régénération des catalyseurs</li> <li>■ Production de chlore au moyen d'électrodes de graphite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Frittage du minerai de fer pour les hauts fourneaux</li> <li>■ Première fusion du cuivre</li> <li>■ Transformation secondaire de déchets métalliques</li> <li>■ Fours à ciment</li> <li>■ Minéralurgie (chaux, céramique, verre, brique)</li> <li>■ Incinération des déchets : urbains, dangereux, médicaux/cliniques</li> <li>■ Combustion de charbon et de pétrole</li> <li>■ moteurs de véhicules et stationnaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Application de pesticide/d'herbicide</li> <li>■ Agents de conservation du bois, du cuir et des textiles</li> <li>■ Utilisation et application de solvants</li> <li>■ Procédés de blanchiment industriel</li> <li>■ Teinture et finition de textile, de laine et de cuir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Recyclage des métaux, du papier et du plastique</li> <li>■ Eaux usées et boues de papier, application des effluents sur le sol</li> <li>■ Récupération de solvants et d'huiles usées</li> <li>■ Bois traité au pentachlorophénol</li> </ul>

Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement

## Étude de cas – Substances toxiques dans les œufs de balbuzards pêcheurs : Indicateur de la présence de contaminants dans les bassins des fleuves Fraser et Columbia

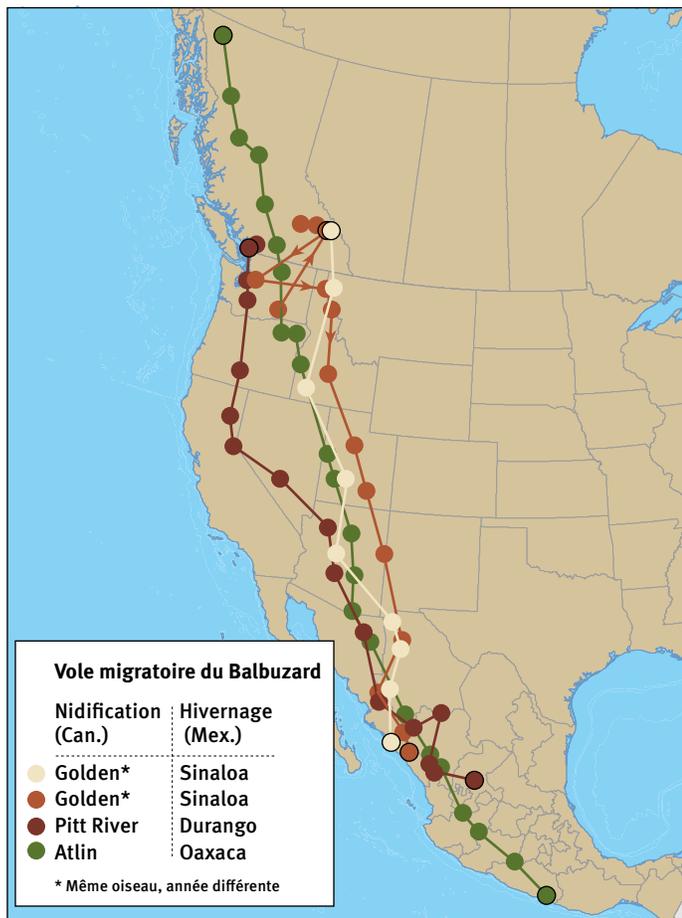
Le balbuzard pêcheur, un oiseau migrateur qui se nourrit de poisson, est exposé aux polluants qui s'accumulent dans les chaînes alimentaires aquatiques; il constitue donc une espèce indicatrice de l'état de santé de l'écosystème aquatique.

Une étude de surveillance des niveaux de substances chimiques toxiques présentes dans l'organisme des balbuzards pêcheurs en migration a permis de recueillir de l'information sur les SPBT accumulées dans les oiseaux et sur l'origine de ces substances. Les résultats soulèvent par ailleurs d'importantes questions au sujet de l'exposition des humains et de la bioaccumulation dans leur organisme.

Le balbuzard pêcheur migre entre l'Amérique latine et les bassins des fleuves Fraser et Columbia, sur la côte nord-ouest de l'Amérique du Nord. Les SPBT présentes dans l'organisme de cet oiseau sont des composés organochlorés (dioxines, furanes et BPC), des pesticides organochlorés (métabolites du DDT, dieldrine, chlordane et toxaphène) et du mercure. Le DDT, les BPC et les dioxines et furanes sont particulièrement associés à des troubles de reproduction et au déclin des populations de balbuzards.

Des chercheurs ont constaté que certains contaminants toxiques trouvés dans les balbuzards pêcheurs proviennent de zones

### Télémétrie satellitaire des voies de migration du balbuzard



Source : Adapté de J. Elliott, D. P. Shaw et D. Muir, "Factors Influencing Domestic and International Sources of Chlorinated Hydrocarbons to Fish and Ospreys in British Columbia," Toxic Substance Research Initiative, Final Report, TSRI #224, Vancouver, (non publié).

industrielles du bassin des fleuves Fraser et Columbia toujours en exploitation, et de sites d'industries aujourd'hui fermées qui contiennent toujours des résidus. Les autres substances toxiques proviennent de l'Asie et, peut-être, des sources de nourriture que trouve le balbuzard pêcheur dans ses habitats d'hivernage, en Amérique latine.

Le Service canadien de la faune, en collaboration avec des organismes mexicains et américains, a compilé des données sur les habitudes de migration du balbuzard pêcheur. On a suivi les oiseaux, de leurs sites de nidification, dans le bassin du Fraser, jusqu'à des régions du Mexique (voir la carte) et de pays d'Amérique centrale où on pratique une agriculture intensive.

De 1997 à 2004, la population de balbuzard vivant dans la partie inférieure du fleuve Columbia a augmenté, le nombre de nids occupés passant de 94 à 225, soit un taux annuel d'augmentation de 14 %. Cette augmentation a été attribuée à l'accroissement des taux de reproduction par rapport aux années antérieures et une plus faible concentration de la plupart des pesticides organochlorés, de BPC et de dioxines et furanes dans les œufs. Les niveaux de concentration de résidus observés dans les œufs en 2004 montraient en effet que la présence de ces pesticides a eu des effets néfastes dans peu ou pas de nids. Encore en 1997-1998, le DDE, un métabolite du DDT, entraînait des troubles de la reproduction pour une partie de cette population. Le mercure est la seule substance dont la concentration dans les œufs augmente considérablement avec le temps, par contre, en 2004, elle est demeurée inférieure aux niveaux à partir desquels des effets se font sentir chez les oiseaux. Comme le balbuzard pêcheur se nourrit de diverses espèces de poissons aussi consommés par les populations humaines, la surveillance des niveaux de contaminants dans l'organisme de cet oiseau est un indicateur des substances toxiques possiblement ingérées par les êtres humains.



Balbuzard pêcheur.



## Qualité de l'eau

### Messages clés

- Les caractéristiques biologiques, chimiques et physiques de l'eau influent sur sa capacité à préserver la vie, et sur sa valeur pour la consommation et l'utilisation par les êtres humains. Plusieurs problèmes liés à la qualité de l'eau subsistent depuis des décennies; il suffit de penser à la sédimentation, au « surenrichissement » en nutriments et à la contamination bactérienne et toxique.
- Les déchets générés par les activités humaines, par exemple les eaux usées, les eaux de ruissellement, les rejets industriels des zones urbaines et les polluants atmosphériques nuisent à la qualité de l'eau. Les modifications apportées au paysage peuvent elles aussi perturber les processus naturels de purification de l'eau, par le biais des terres humides et de l'infiltration d'eau dans les nappes phréatiques.
- Même si dans de nombreuses régions d'Amérique du Nord la qualité de l'eau douce est satisfaisante, celle d'une grande partie des eaux douces de surfaces de l'Amérique du Nord est altérée. Il est impossible de faire une évaluation similaire des eaux souterraines, mais on sait que leur qualité dans certaines régions se dégrade à cause des nitrates, des pesticides et de la teneur en sels.
- Les rejets de polluants conventionnels en provenance de sources industrielles fixes ont fortement diminué ces 30 dernières années en Amérique du Nord, mais les sources diffuses de polluants, comme le lessivage des terres cultivées, les eaux de ruissellement pluviales et les dépôts atmosphériques contribuent désormais assez largement à la dégradation de la qualité de l'eau.

**La qualité de l'eau est définie par les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau de surface et souterraine. Ces caractéristiques influent sur la capacité de l'eau à assurer la subsistance des collectivités humaines, mais aussi de la flore et de la faune.**

### Enjeu environnemental à l'étude

La santé des êtres humains, des espèces sauvages et des écosystèmes dépend de l'approvisionnement en eau saine en quantités suffisantes. Or, à mesure que les populations augmentent et s'installent dans des régions auparavant non développées, les gouvernements ont de plus en plus de difficulté à garantir la qualité de l'eau. Les sous-produits de cette croissance — ruissellements plus importants et plus fréquents, eaux usées, infrastructures inadéquates, défrichement, sources industrielles ponctuelles, pollution atmosphérique — présentent également des risques pour la qualité de l'eau. De son côté, le développement peut nuire à l'autopréservation des ressources hydriques — les terres humides et l'infiltration d'eau dans les sols sont des véhicules naturels de purification de l'eau. L'assèchement des terres humides et l'asphalte imperméable limitent ces processus de purification naturelle dans les écosystèmes terrestres et aquatiques.

Les trois pays nord-américains ont établi des définitions et des procédures différentes pour mesurer la qualité de l'eau de surface. Il est donc difficile d'effectuer une évaluation comparative de la qualité de l'eau en Amérique du Nord. Mais les rapports nationaux établissent clairement que le pourcentage global des eaux de surface dont la qualité s'est dégradée en Amérique du Nord est élevé.

L'indice de qualité de l'eau au Canada, qui est basé sur divers paramètres comme les nutriments, évalue la qualité de l'eau douce de surface en fonction de sa capacité à protéger la vie aquatique (poissons, invertébrés et plantes), pas la qualité de l'eau destinée à la consommation ou à l'utilisation par les êtres humains. Si l'on en croit les données les plus récentes, la qualité de l'eau douce dans le sud du Canada a été jugée « excellente » ou « bonne » dans 44 % des sites

surveillés, « acceptable » dans 33 % des sites et « moyenne » ou « médiocre » dans 23 % des sites. Le phosphore, nutriment principalement issu des activités humaines et principal indicateur de la qualité de l'eau, constitue une importante source de préoccupation pour la qualité des eaux de surface au Canada. Dans plus de la moitié des sites de surveillance, les concentrations de phosphore ont dépassé les limites établies par les lignes directrices sur la qualité de l'eau pour les espèces aquatiques.

Aux États-Unis, sur plus de 40 % de la longueur des cours d'eau qu'on peut traverser à gué et qui ont été étudiés en 2004-2005, on a observé une perturbation importante des communautés sensibles composées de petites créatures aquatiques, ce qui révèle une pollution et une modification de l'habitat non négligeables. Les principaux agents stressants sont l'azote, le phosphore, les sédiments de lit fluvial et les perturbations riveraines. Sur environ le tiers de leur longueur, les cours d'eau étudiés contenaient des concentrations élevées d'azote ou de phosphore, et dans un quart, on a observé des sédiments de lit fluvial ou des perturbations riveraines. En 2002, près de la moitié de la longueur des cours d'eau et de la superficie des lacs étudiés, et un tiers de la superficie des baies et des estuaires étudiés n'étaient pas assez propres pour permettre des activités humaines comme la pêche et la natation. Les principales causes de dégradation étaient les concentrations excessives de nutriments, de métaux (principalement le mercure), de sédiments et d'éléments organiques enrichissants provenant de l'exploitation agricole, de modifications hydrologiques, de dépôts atmosphériques, de rejets provenant de sources industrielles inconnues ou non spécifiées.

Le Mexique surveille la présence dans ses eaux de surface de demande biochimique d'oxygène (DBO), de coliformes fécaux, d'azote, de phosphore et d'autres substances. La DBO cor-

respond à la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes se trouvant dans les matières organiques en décomposition dans l'eau. Plus la DBO est élevée, plus l'oxygène s'appauvrit rapidement dans le cours d'eau, et plus les organismes aquatiques plus évolués subissent de stress. En 2006, près de 16 % des sites surveillés enregistraient une DBO moyenne de plus de 30 milligrammes par litre, ce qui indiquait une contamination inacceptable selon les normes mexicaines. Les coliformes fécaux sont des bactéries qui se nourrissent des déchets d'origine humaine ou animale, et servent d'indicateurs de contamination. En 2006, près de 58 % des sites surveillés au Mexique affichaient des concentrations annuelles moyennes supérieures aux niveaux acceptables pour l'eau potable. Par ailleurs, dans le reste de l'Amérique du Nord, les concentrations d'azote et de phosphore présentes dans les eaux de surface constituent un problème pour le Mexique. Une concentration élevée de polluants contenant ces éléments a été détectée dans la majorité des sites surveillés.

La pollution et les contaminants associés aux eaux de surface nuisent également aux eaux souterraines : la contamination provenant de sources fixes (bactéries, matières organiques), la pollution provenant de sources agricoles diffuses (nitrates et pesticides), la contamination industrielle (métaux lourds, composés organiques) et les contaminants présents dans la nature, comme l'arsenic. L'appauvrissement des eaux souterraines peut créer des fissures et des fractures causées par la subsidence, qui per-

mettent aux contaminants de pénétrer dans des aquifères plus profonds. L'intrusion d'eau salée dans des aquifères côtiers constitue un problème dans tout le golfe du Mexique, ainsi que dans les régions du golfe de Californie (au Mexique et aux États-Unis) car l'eau salée remplace l'eau douce qui est extraite de l'aquifère. Parce qu'on n'a fait aucune étude approfondie et qu'il n'existe aucune source d'information à propos des eaux souterraines, on ne connaît pas les tendances ou les modèles régionaux en ce qui concerne la qualité de ces eaux en Amérique du Nord.

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

Un accès durable à de l'eau saine est essentiel au maintien de la vie humaine et des écosystèmes en Amérique du Nord. Lorsque les Nord-Américains ont découvert la vulnérabilité et le caractère limité de leurs ressources en eau saine, ils ont réalisé qu'ils devaient protéger et conserver ces ressources vitales. Les préoccupations relatives à la qualité de l'eau qui persistent en Amérique du Nord depuis 30 ans portent sur la sédimentation, l'eutrophisation, les maladies pathogènes et les substances toxiques persistantes (mercures et substances chimiques organiques).

#### Sédimentation

L'érosion des sols et la sédimentation (dépôt de sol érodé) dans les lacs, les cours d'eau et les zones côtières constituent un grave problème pour la qualité de l'eau à l'échelle de l'Amérique du Nord.

Même si l'érosion, le transport des sédiments et la sédimentation sont des processus naturels, l'activité humaine peut amplifier ces processus dans certaines régions du continent; à l'échelle locale ou régionale, ils peuvent même être la cause principale de la dégradation de la qualité de l'eau. Les sédiments altèrent la qualité de l'eau en réduisant sa clarté, en « étouffant » les habitats aquatiques et en transportant les polluants comme les pesticides et les engrais. Aux États-Unis, la sédimentation est responsable d'une dégradation observée sur plus de 60 % de la longueur des cours d'eau. De même, Environnement Canada a établi que la sédimentation était une source de problèmes de qualité de l'eau au Canada, tandis qu'au Mexique, c'est l'érosion des sols qui constitue un problème environnemental majeur. L'érosion et la sédimentation résultent principalement des modifications apportées par les humains au paysage. À mesure que les populations augmenteront et que les modes d'utilisation des terres changeront, la sédimentation va demeurer un problème.

#### Eutrophisation et surenrichissement par les nutriments

L'eutrophisation et la forte concentration de nutriments nuisent à la fois aux réseaux d'eau douce et d'eaux côtières. L'eutrophisation se traduit par une croissance excessive des plantes (prolifération), qui survient dans des plans d'eau recevant des quantités excessives de nutriments. Elle peut se produire naturellement dans les lacs lorsque ceux-ci vieillissent, ainsi que dans les estuaires, mais en Amérique du Nord, les acti-

Sites où la prolifération d'algues a causé la mort d'animaux et de plantes dans les eaux côtières d'Amérique du Nord, 1993–2002.



Source : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.



vités humaines ont généré une concentration de nutriments et une eutrophisation qui dépassent largement les niveaux naturels. L'eutrophisation favorise la croissance d'algues toxiques, qu'on qualifie parfois, en milieu marin, de « marée rouge » (voir la carte). La décomposition de ces algues (qui prolifèrent de façon excessive) réduit la concentration d'oxygène dans l'eau à un point tel que d'autres organismes meurent (par hypoxie). Le Canada, le Mexique et les États-Unis s'efforcent tous de lutter contre le surenrichissement de leurs ressources hydriques en nutriments, causé par un traitement inadéquat des eaux usées, l'utilisation d'engrais et le dépôt des sous-produits de la combustion (oxydes d'azote). Aux États-Unis, environ 55 % de la dégradation de l'eau douce et près de 20 % de la dégradation des systèmes côtiers (estuaires et baies) sont imputables à la quantité de nutriments ou à l'eutrophisation. La « zone morte » du golfe du Mexique, créée par l'apport de nutriments (principalement de l'azote) provenant du bassin du fleuve Mississippi, est la zone la plus étendue touchée par l'hypoxie d'origine humaine dans l'hémisphère occidental. Au Canada, des préoccupations similaires ont été soulevées à propos de l'hypoxie de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, causée par des facteurs comme l'azote.

### Pathogènes

La contamination des ressources hydriques par des organismes pathogènes (que révèle la présence de bactéries coliformes fécales) demeure une source de préoccupation dans de nombreuses régions d'Amérique du Nord. La source de contamination par des pathogènes qui est la plus préoccupante est le traitement inadéquat ou l'absence de traitement des eaux usées. Cependant, dans certaines régions, les activités agricoles et les espèces sauvages sont également un facteur à prendre en compte. Même si près de 71 % de la population américaine est desservie par des usines de traitement des eaux usées, les plages ont été fermées ou on a émis des avis sanitaires en raison de 18 000 cas de contamination bactérienne en tout en 2003, contre 3 000 cas au milieu des années 1990. Un pourcentage identique de la population canadienne (72 %) est desservi par des usines de traitement des eaux usées, mais les rejets d'eaux usées municipales représentent encore une des principales sources de rejets de polluants par volume dans les eaux canadiennes. Au Mexique, où seulement 35 % de la population est desservie par de telles usines, la contamination bactérienne de l'eau douce et des systèmes côtiers constitue un grave problème.

### Mercure

Le mercure est un métal qui s'accumule dans les tissus des humains, des poissons et d'autres animaux, atteignant parfois un niveau toxique (voir l'étude de cas). Dans les écosystèmes aquatiques, le mercure peut pénétrer la chaîne alimentaire par l'action des bactéries et des organismes benthiques. Les personnes consommant des organismes contaminés par le mercure peuvent l'accumuler jusqu'à un niveau toxique — même lorsque les concentrations de mercure dans l'eau sont à peine détectables.

Le mercure pénètre le plus souvent dans les ressources hydriques d'Amérique du Nord à la suite du dépôt du mercure rejeté dans l'atmosphère par les mines, les procédés industriels



Pêche au doré jaune.

ainsi que la combustion de combustibles fossiles, des déchets urbains et médicaux. Ces dernières années, le Canada et les États-Unis ont réduit leurs émissions de mercure : le Canada, de 80 % entre 1990 et 2003 et les États-Unis, de 45 % entre 1990 et 1999. Malheureusement, les fortes concentrations de mercure chez certains poissons sont encore à l'origine de plus de 90 % des avis sanitaires émis au Canada à propos de la consommation de poisson, et de 80 % des avis émis aux États-Unis pour la pêche en eau douce ou en eaux côtières. En 2000–2003, on a trouvé du mercure dans 100 % des poissons prélevés dans le cadre d'une étude nationale visant les poissons aux États-Unis. Même après que les apports de mercure dans les systèmes ont cessé, celui-ci peut continuer à s'accumuler dans la chaîne alimentaire pendant des décennies. De plus, parce que le mercure est facilement transporté sur de grandes distances dans l'atmosphère, les émissions de mercure provenant d'autres continents contribuent à la contamination des stocks de poisson nord-américains.

### Polluants organiques persistants

Les polluants organiques persistants (POP) sont des substances chimiques organiques qui s'accumulent dans les tissus adipeux humains et animaux, atteignant parfois des niveaux toxiques.

Les pays nord-américains s'efforcent depuis longtemps de réduire l'utilisation et le rejet de POP comme le DDT, les biphenyles polychlorés (BPC), les dioxines et le chlordane. Pourtant, ces composés sont encore présents dans les sols, les sédiments et les tissus des poissons. Par exemple, aux États-Unis, on a trouvé des BPC, des dioxines, des furanes et du DDT dans de nombreux poissons prélevés en 2000–2003. Bien qu'ils aient été interdits depuis longtemps aux États-Unis, on a quand même trouvé des BPC dans 100 % des échantillons composés à la fois de prédateurs et de poissons des grandes profondeurs. La surveillance à long terme des populations de poissons des Grands Lacs a permis d'observer un déclin des BPC, du DDT et d'autres polluants persistants, mais les concentrations de certains de ces éléments demeurent supérieures à ce qui est acceptable pour la santé des êtres humains et des espèces sauvages dans diverses régions des Grands Lacs.

### Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

La qualité de l'eau est altérée par les activités entreprises dans un bassin hydrographique ou une zone de reconstitution des nappes souterraines, ainsi que par le climat planétaire et le transport atmosphérique en provenance de régions éloignées.

### Changements climatiques

À mesure que les modèles climatiques changeront, les modèles de précipitations et de ruissellement vont sans doute changer eux aussi; il y aura plus de sécheresses dans certaines régions et plus d'inondations dans d'autres. Lors d'une sécheresse, les polluants peuvent atteindre une concentration nocive dans les ressources hydriques. S'il y a plus d'eaux de ruissellement et d'inondations, encore plus de polluants (en quantité et en plus grande variété) sont entraînés dans les eaux de surface.

### Utilisation des terres

Plusieurs études ont établi des liens entre la qualité des ressources hydriques et l'utilisation des terres dans les bassins hydrographiques. Le défrichage peut intensifier le transport de sédiments dans les eaux de surface. Les pesticides et les engrais épandus sur les terres peuvent être entraînés dans les eaux de surface ou lessivés dans les aquifères, au même titre que toute matière déversée sur le sol, par exemple les substances chimiques, l'huile à moteur ou l'essence.

## Énergie

L'importance de la demande d'énergie est liée à la pollution de l'eau. L'eau utilisée pour l'exploration de gisements pétroliers ou gaziers et la production de pétrole/de gaz peut devenir contaminée par des substances toxiques, qui devront être éliminées pour que l'eau soit saine en vue d'être utilisée par les humains ou les espèces sauvages. Les sous-produits de la combustion provenant des centrales électriques (comme les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre et le mercure) peuvent parcourir de grandes distances dans l'atmosphère et altérer les ressources hydriques loin de l'installation qui les rejette; cela modifie le pH, ajoute de l'azote à la charge de nutriments et contamine les poissons.

## Biodiversité et écosystèmes

Les plantes et les animaux vivants dans les eaux de surface sont habitués à une qualité de l'eau bien particulière. Si la qualité de l'eau d'un lac ou d'un cours d'eau change, certaines plantes/certains animaux ne peuvent plus y survivre. Parce qu'on sait qu'une eau de mauvaise qualité réduit la biodiversité, les États-Unis et le Canada utilisent la biodiversité des communautés aquatiques comme indicateur de la qualité des eaux de surface. La modification des communautés aquatiques imputable à la mauvaise qualité de l'eau peut changer la façon dont fonctionnent l'écosystème aquatique, ainsi que les communautés terrestres (animales et végétales) connexes.

## Polluants

Une augmentation des eaux de ruissellement fait augmenter le volume de sédiments, de nutriments, de polluants toxiques et d'autres polluants — qui ont tous un effet sur la qualité des réserves d'eau potable et des écosystèmes aquatiques. Par ailleurs, à mesure que les terres sont converties pour un usage urbain ou suburbain, la pollution provenant de sources ponctuelles augmente elle aussi — c'est un sous-produit des nouvelles installations de traitement des eaux usées construites pour répondre aux besoins d'une population croissante et de nouvelles industries. L'incidence cumulative de l'augmentation des sources ponctuelles et non ponctuelles peut faire en sorte que l'eau ne pourra plus préserver les écosystèmes aquatiques ou être utilisée à d'autres fins. On commence également à détecter la présence de nouveaux contaminants comme les ignifugeants, les produits de soins personnels et les produits pharmaceutiques, même si les niveaux de risque global et cumulatif pour les êtres humains et les écosystèmes demeurent inconnus. 🦋

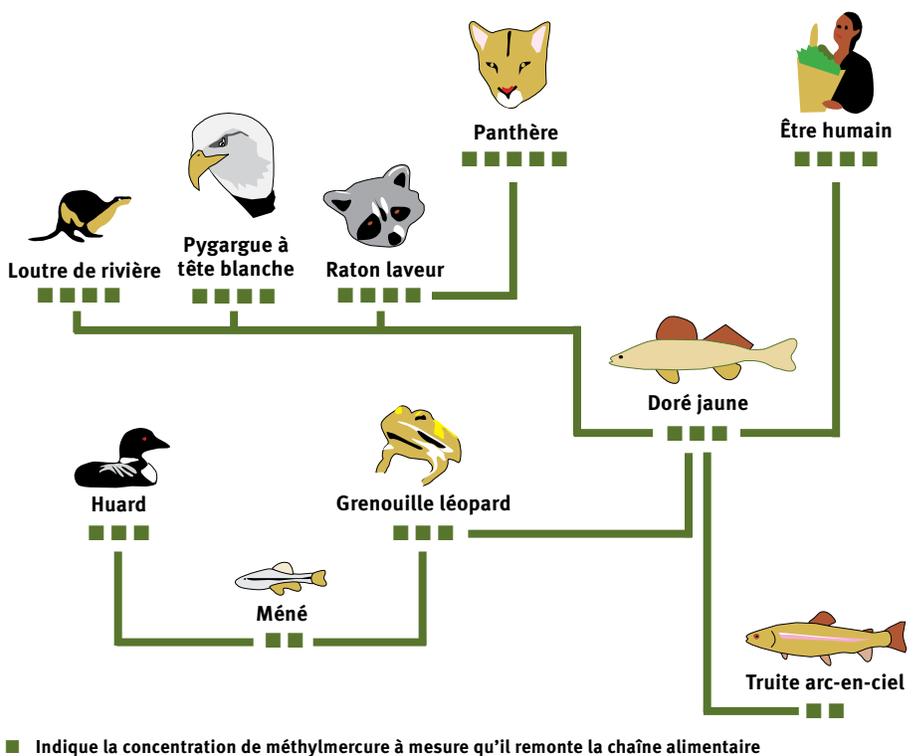
## Étude de cas – Le mercure dans les eaux d'Amérique du Nord

Le mercure est un métal présent dans la nature qui peut endommager le foie, le cerveau, le cœur, les reins, les poumons et le système immunitaire des humains, des poissons et des espèces sauvages. L'industrialisation a intensifié la prolifération du mercure à l'échelle mondiale. Sous la plupart de ses formes chimiques, le mercure se déplace facilement dans l'atmosphère. Le mercure atmosphérique est la principale source de mercure présent dans les masses d'eau douce et d'eau salée d'Amérique du Nord. En fait, il n'y a pratiquement aucun endroit sur Terre où l'on n'ait pas observé de dépôt de mercure atmosphérique. En conséquence, la contamination par le mercure se produit dans toute l'Amérique du Nord, même dans des régions éloignées des villes et des industries.

Les concentrations de mercure dans les eaux d'Amérique du Nord sont trop faibles pour avoir des effets toxiques sur ceux qui entrent en contact avec l'eau ou l'ingèrent. Par contre, si certaines conditions sont réunies, le mercure présent dans l'eau peut pénétrer la chaîne alimentaire. Dans la plupart des organismes, le mercure se fixe à des protéines et s'accumule dans les tissus, sous la forme de méthylmercure. Lorsque les prédateurs mangent des organismes contaminés par le mercure, le mercure provenant des tissus de leur proie est transféré à leurs tissus (voir l'illustration). Ainsi, plus un organisme est haut dans la chaîne alimentaire, plus il est susceptible d'accumuler du mercure dans ses tissus, et plus cela risque d'avoir des effets toxiques.

Dans les réseaux d'eau douce et d'eau salée d'Amérique du Nord, le méthylmercure présent dans les poissons est une source de préoccupation. Lorsqu'ils ingèrent du poisson contaminé par le mercure, les oiseaux, les animaux et les êtres humains vivant en Amérique du Nord risquent de voir le mercure s'accumuler dans leurs tissus jusqu'à un niveau toxique. Ceux dont le régime est principalement constitué de poisson risquent davantage de voir leur santé se dégrader en raison d'une accumulation de mercure.

### Accumulation de mercure par le biais de la chaîne alimentaire



Source : National Wildlife Federation, <<http://www.nwf.org/mercury/bioaccumulation.cfm>>.



## Quantité d'eau et utilisation de l'eau

### Messages clés

- L'eau douce (de surface et souterraine) est une source de vie. L'accès permanent à l'eau douce constitue une source de préoccupation dans plusieurs régions d'Amérique du Nord.
- La répartition de l'eau douce varie considérablement à l'échelle de l'Amérique du Nord. Son utilisation à des fins industrielles et agricoles représente la majorité des prélèvements d'eau en Amérique du Nord et, dans certaines régions, l'utilisation par les êtres humains « fait concurrence » à l'utilisation par les écosystèmes.
- Aux États-Unis, les prélèvements d'eau totaux ont augmenté de 1970 à 1990, mais depuis, ils sont demeurés relativement constants, malgré la poursuite de la croissance démographique. Au Canada et au Mexique, ces prélèvements ont continué à augmenter.
- Le changement climatique, la modification des modes d'utilisation des terres et la croissance démographique nuisent à la disponibilité de l'eau douce dans l'ensemble de l'Amérique du Nord. À mesure que le climat change, les modèles de précipitations et de ruissellement des eaux sont appelés à changer aussi. Compte tenu de la croissance démographique et des modèles de développement, on s'attend à une concurrence accrue entre les différents utilisateurs d'eau.

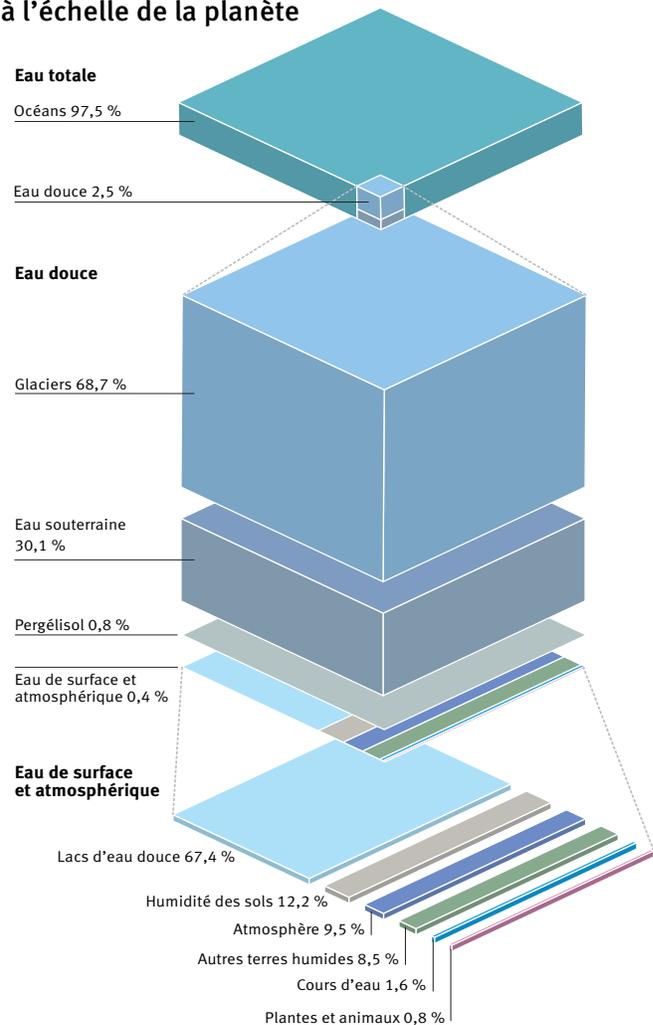
La quantité d'eau et l'utilisation de l'eau sont directement liées à divers besoins humains et écologiques : agriculture, industrie, usage domestique et environnement. Le développement humain et la santé de l'environnement dépendent de l'accès à une quantité adéquate d'eau saine.

### Enjeu environnemental à l'étude

L'eau – ressource limitée, mais renouvelable – est essentielle au maintien de la vie, au développement et à l'environnement. Plus de 70 % de la

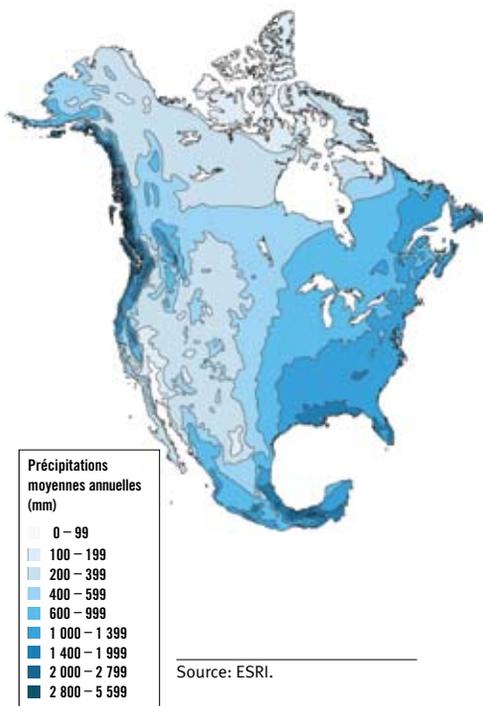
surface de la Terre est sous l'eau (97 % d'eau salée et moins de 3 % d'eau douce – voir la figure). Soixante-neuf pour cent de l'eau douce est gelée dans les glaciers et les neiges éternelles, et 30 % est « cachée » sous la terre. Ainsi, moins de 1 %

### Répartition de l'eau à l'échelle de la planète



Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement.

## Précipitations moyennes annuelles (en millimètres)



de l'eau de notre planète constitue l'eau douce de surface et la vapeur atmosphérique.

L'eau douce (de surface et souterraine) est une source de vie dans tous les pays. Non seulement l'eau est-elle essentielle à la vie de tous les organismes vivants, mais rien ne peut s'y substituer dans de nombreux secteurs commerciaux et industriels, et tout particulièrement dans le secteur agricole. L'utilisation d'eau douce pour l'alimentation publique en eau, l'irrigation, les procédés industriels et la réfrigération des centrales électriques oblige l'homme à puiser largement dans les ressources en eau. Par ailleurs, les habitudes d'utilisation de l'eau douce influent sur l'approvisionnement public en eau potable, sur la salinisation des plans d'eau douce dans les régions côtières, sur la production alimentaire et sur la concurrence entre divers types d'utilisation de l'eau. En outre, les écosystèmes aquatiques ont généralement besoin d'apports minimaux et maximaux à des périodes précises de l'année

## Ressources hydriques internes renouvelables en Amérique du Nord (en km cubes par an)

	Canada	Mexique	États-Unis	Amérique du Nord
Eau de surface produite à l'échelle nationale	2 840	361	2 662	5 863
Reconstitution des nappes souterraines	370	139	1 300	1 809
Total (ajusté en fonction des chevauchements)	2 850	409	2 800	6 059

Source : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

pour pouvoir assurer la subsistance des diverses communautés d'organismes aquatiques.

## Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

Les ressources en eau douce sont très importantes pour l'environnement et l'économie de l'Amérique du Nord, mais la répartition de ces ressources est très inégale. Le Canada possède près de 20 % des ressources mondiales totales en eau douce. Cependant, la majeure partie de cette eau se trouve en région éloignée, ou dans des lacs, des aquifères et des glaciers. Par contre, le Mexique, pays majoritairement aride, ne possède des réserves abondantes d'eau douce que dans certaines régions.

Ce n'est pas seulement la quantité d'eau douce qui est importante, mais aussi la rapidité à laquelle les réserves en eau se reconstituent grâce à la pluie et aux eaux de ruissellement. Dans de nombreuses régions d'Amérique du Nord, les besoins des êtres humains en eau et l'utilisation qu'ils en font « entrent en concurrence » avec le besoin d'eau pour la préservation de la vie aquatique.

### Répartition des ressources hydriques

Les ressources hydriques internes renouvelables comprennent le débit annuel moyen des cours d'eau et l'alimentation des nappes souterraines (aquifères) grâce aux précipitations survenant à l'intérieur des frontières d'un pays (voir le tableau). L'eau de surface produite à l'échelle nationale est constituée du débit annuel moyen des cours d'eau et du débit de base généré par les aquifères. On évalue l'alimentation des nappes souterraines en mesurant les chutes de pluie dans les régions arides où l'on estime que l'eau de pluie s'infiltre dans les aquifères, même si ces estimations dans ce domaine sont très incertaines. La somme de ces deux valeurs tient compte de l'éventuel chevauchement observé lorsque les eaux de surface alimentent les aquifères, ou que les aquifères libèrent de l'eau de surface. L'eau provenant naturellement de l'extérieur des frontières d'un pays n'est pas calculée dans le total présenté dans le tableau.

## Prélèvements d'eau douce pour un usage domestique, industriel et agricole en Amérique du Nord, 2000

Usage	Canada	Mexique	États-Unis
Prélèvement total (km <sup>3</sup> /an)	46	78	479
Domestique	19 %	17 %	13 %
Industriel	69 %	6 %	46 %
Agricole	12 %	77 %	41 %

Source : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Les ressources en eau douce ne sont pas réparties uniformément à l'échelle de l'Amérique du Nord (voir la carte). En général, on considère que les régions de l'est de l'Amérique du Nord sont riches en eau ou reçoivent de nombreuses précipitations, même si les sécheresses peuvent nuire considérablement à l'approvisionnement en eau de façon périodique. Des précipitations annuelles normales de 800 millimètres ou plus sont généralement observées dans les régions riches en eau du Canada, du sud-est du Mexique et de l'est des États-Unis. Des précipitations annuelles normales de moins de 600 millimètres sont observées dans les régions arides et semi-arides, à savoir la Région des grandes plaines (Canada et États-Unis) et la majeure partie du Mexique. Cette répartition joue un rôle dans la proportion d'eaux de surface et d'eaux souterraines prélevées.

### Utilisation des ressources hydriques

En Amérique du Nord, environ 85 % des prélèvements d'eau sont le fait de l'industrie et de l'agriculture combinées, mais la répartition de l'utilisation varie selon les pays (voir le tableau). Au Canada, 69 % des prélèvements sont destinés à l'industrie et 12 %, à l'agriculture, alors qu'au Mexique, l'agriculture utilise environ 77 % de l'eau et l'industrie, seulement 6 %. Aux États-Unis, les prélèvements destinés à l'agriculture et à l'industrie sont à peu près similaires.

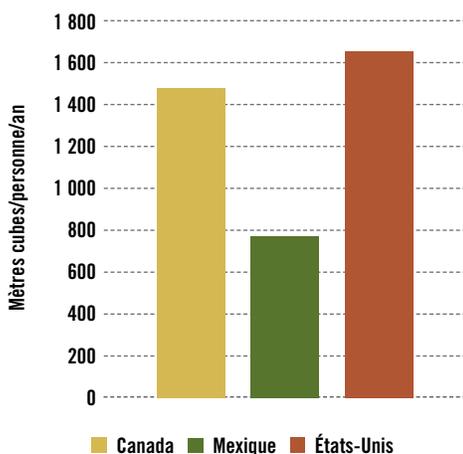
Les prélèvements d'eau douce n'ont pas tous le même impact sur les ressources en eau. L'agriculture en consomme beaucoup, et ne renvoie à la source qu'une petite portion de l'eau prélevée. Le reste s'évapore ou est utilisé pour l'irrigation et l'abreuvement du bétail. Les industries utilisent souvent beaucoup moins d'eau, parce que celle-ci est recyclée à l'interne et finit par retourner en partie en aval. On peut mentionner l'exemple des centrales thermiques, qui représentent une

forte proportion des prélèvements imputables à l'industrie. Une partie de l'eau est transformée en vapeur, qui alimente le générateur produisant l'électricité, mais la majeure partie de cette eau est utilisée pour refroidir les condensateurs, puis libérée. Dans le cadre de l'utilisation domestique, l'eau est rejetée principalement sous forme d'eaux usées, qui sont traitées dans la plupart des régions avant de réintégrer les eaux de surface. Les autres utilisations de l'eau douce par les êtres humains — p. ex., pour la production d'énergie hydroélectrique, le transport et les loisirs — constituent des utilisations sans perte de la ressource, qui ne sont pas considérées comme des prélèvements.

Les prélèvements peuvent également être mesurés par habitant (voir le graphique). Les États-Unis et le Canada sont les plus importants utilisateurs d'eau par habitant au monde, toutes utilisations confondues. Leur utilisation d'eau par personne est deux fois et demie plus importante qu'en Asie ou en Europe, et plus de six fois plus importante qu'en Afrique. Une des raisons justifiant cet écart est le faible coût de l'eau par rapport aux autres pays industrialisés. Au Mexique, la quantité d'eau utilisée par chaque habitant est davantage comparable à ce qu'on observe dans d'autres régions du monde, même si elle demeure légèrement plus élevée.

Les prélèvements d'eau totaux aux États-Unis ont augmenté entre 1970 et 1990, mais depuis 1990, ils sont demeurés relativement constants, même si la population a augmenté d'environ 16 %. Au Canada et au Mexique, ils ont continué à augmenter. Entre 1972 et 1996, le volume d'eau prélevée au Canada a augmenté de près de 90 %, alors que la population n'y a augmenté que de 34 %. Le Mexique a également

### Utilisation de l'eau par habitant, 2000



Source : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

### Étude de cas – Problèmes causés par l'exploitation des eaux souterraines



Subsidence dans la vallée de San Joaquin, en Californie. Photo : US Geological Survey.

La subsidence (affaissement du sol) peut survenir lorsque le prélèvement d'eaux souterraines est plus rapide que la reconstitution de l'aquifère. On peut citer l'exemple de la vallée de San Joaquin, qui est une des régions agricoles les plus productives des États-Unis. La vallée du centre de la Californie, qui comprend la vallée de San Joaquin, produit environ 25 % de la nourriture consommée par les Américains, sur seulement 1 % des terres agricoles du pays. De 1900 aux années 1970, on a exploité les eaux souterraines afin d'irriguer les terres et de cultiver ces aliments. Mais, à un moment donné, les prélèvements d'eau ont été beaucoup plus rapides que la reconstitution des réserves, et les 75 ans de pompage de l'eau en vue de l'irrigation ont causé un affaissement des sols (subsidence) sur plus de huit mètres. Sur cette photo d'un site se trouvant près de Mendota, dans la vallée de San Joaquin, le signe en haut du poteau indique le niveau de la surface du sol en 1925, par rapport à ce même niveau quand la photo a été prise, vers 1977.

vu ses prélèvements d'eau augmenter durant les 30 dernières années.

L'irrigation en est en partie responsable. La superficie des terres irriguées a augmenté depuis 1960 : elle a doublé au Canada et au Mexique et augmenté de plus de 50 % aux États-Unis. Cette augmentation a touché principalement les régions arides et semi-arides, où les nappes souterraines constituent la principale source d'eau. Un peu plus du dixième des terres cultivées d'Amérique du Nord sont irriguées, dont 75 % aux États-Unis et un peu plus de 20 % au Mexique. Aux États-Unis, les secteurs équipés de systèmes d'irrigation représentent environ 12 % des terres cultivées. Au Mexique, près du quart des terres cultivées sont irriguées, alors que ce chiffre n'est que de 2 % au Canada.

La majorité des prélèvements effectués en Amérique du Nord proviennent des eaux de surface, mais l'eau extraite des nappes souterraines sert également à plusieurs fins, de l'approvisionnement domestique à l'irrigation. Même si, à l'échelle mondiale, le volume d'eau souterraine dépasse celui des eaux de surface (environ 30 % d'eaux souterraines pour moins de 1 % d'eaux de surface), les eaux de surface se reconstituent beaucoup plus rapidement (grâce

aux précipitations) que les eaux souterraines. Certaines eaux souterraines sont qualifiées d'« eaux fossiles », parce que leur rythme de reconstitution ou de renouvellement est mesuré en temps géologique (millions d'années), tandis que le renouvellement des eaux de surface se mesure en jours ou en semaines.

Dans de nombreuses régions d'Amérique du Nord, le niveau supérieur de la nappe phréatique diminue, parce que les prélèvements d'eau se font tout simplement plus rapidement que la reconstitution des réserves. Dans certaines régions du Mexique et des États-Unis, la terre qui recouvre ces aquifères dont les réserves diminuent s'est affaissée (c'est ce qu'on appelle la subsidence). Dans la ville de Mexico, la subsidence s'est produite sur près de 18 mètres au cours des 100 dernières années, en raison du prélèvement d'eaux souterraines. Depuis la fin des années 1980, les autorités de la ville de Mexico gèrent l'utilisation des eaux souterraines en vue d'atténuer la subsidence, et pourtant on a observée au cours des 20 dernières années a été de l'ordre de 20 à 30 centimètres par an. Aux États-Unis, plus de 43 500 kilomètres carrés, répartis dans 45 États, ont été directement touchés par la subsidence (voir l'étude de cas).

## Quels sont les liens avec d'autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

L'eau joue un rôle très important pour tous les aspects de l'environnement, mais ses liens avec certains enjeux doivent être examinés de plus près.

### Changement climatique

La vapeur d'eau n'est pas seulement le principal gaz à effet de serre; elle a également une incidence importante sur le climat de la Terre. Les tendances relatives à l'eau dépendent du changement climatique, mais influent également sur lui. On a attribué une tendance à la multiplication des chutes de pluie et des sécheresses aux phénomènes El Niño et La Niña en Amérique du Nord, en se basant sur le changement de température à la surface des océans. À mesure que les modèles climatiques vont changer, les modèles de précipitations et de ruissellement vont sans doute changer eux aussi; il y aura plus de sécheresses dans certaines régions et plus d'inondations dans d'autres. Les scientifiques ne peuvent peut-être pas prédire avec certitude la nature de ces changements, mais ils savent parfaitement que le changement climatique va influencer sur la disponibilité de l'eau en Amérique du Nord.

### Utilisation des terres

Tout comme le changement climatique, l'évolution de l'utilisation des terres (en particulier en raison de la croissance démographique) influe sur la quantité d'eau disponible et sur son utilisation. En règle générale, on prévoit que la croissance démographique et l'évolution de l'utilisation des terres vont influencer davantage que le changement climatique sur la diminution des ressources en eau au cours des 25 prochaines années. Certaines régions d'Amérique du Nord vont sans doute connaître des pénuries d'eau plus graves que d'autres, en raison des différences spatiales touchant la répartition de l'eau renouvelable et de l'eau disponible à l'intérieur d'un même pays et dans diverses régions géographiques. Dans certaines régions, ces tendances en matière de changement climatique, d'évolution de la population et d'utilisation des terres sont observées simultanément. L'utilisation des terres peut également influencer sur l'approvisionnement en eau, à cause de l'accroissement des surfaces imperméables qui limitent les possibilités de reconstitution des eaux souterraines.

### Biodiversité et écosystèmes

Les précipitations et les eaux de ruissellement assurent la subsistance des écosystèmes terrestres et aquatiques, mais fournissent aussi l'eau douce nécessaire à la préservation des écosystèmes

estuariens. La concurrence pour l'accès à l'eau entre les êtres humains et les écosystèmes aquatiques peut modifier considérablement le débit des cours d'eau — lorsque l'eau est prélevée à d'autres fins, le débit réduit ne permet plus de subvenir aux besoins des communautés aquatiques. Les écosystèmes aquatiques ont besoin de plus que la quantité d'eau minimale pour se maintenir; il leur faut également des inondations à une fréquence et d'une ampleur adéquates pour préserver le système. Les barrages et les autres dispositifs régulant le débit peuvent modifier à la fois les périodes où le débit est plus ou moins élevé, ainsi que niveau des cours d'eau, ce qui nuit considérablement à la biodiversité en aval (voir l'étude de cas).

### Polluants

Les eaux de ruissellement s'accompagnent généralement d'une augmentation du volume de sédi-

ments, de nutriments, de contaminants toxiques et d'autres polluants — qui nuisent tous à la qualité des réserves d'eau potable et des écosystèmes aquatiques. Parallèlement, lorsque les terres sont converties dans les zones urbaines et suburbaines, la pollution provenant de sources ponctuelles augmente à mesure que l'on construit de nouvelles usines de traitement des eaux usées, justifiées par l'expansion démographique. Les surfaces imperméables présentes dans les régions développées facilitent par ailleurs d'autres ruissellements, et cette eau ne peut pas nécessairement être filtrée par des procédés naturels. En raison de l'incidence cumulative de l'augmentation des polluants provenant de sources ponctuelles et non ponctuelles, il se peut que l'eau ne permette pas d'assurer la survie des écosystèmes et ne puisse pas être utilisée à d'autres fins. 🦋

## Étude de cas – Delta du fleuve Colorado



Image radiométrique du delta du Colorado prise en septembre 2000 par le radiomètre spatial d'émission et de réflexion thermiques ASTER. Photo : NASA.

Le delta du Colorado se trouve dans la région située au sud de la frontière entre la Californie et le Mexique, là où le Colorado se jette dans le golfe de Californie (mer de Cortez). Cette oasis de 7 800 kilomètres carrés a déjà été un des plus grands estuaires déserts au monde. Dans les années 1920, le naturaliste Aldo Leopold a souligné la riche diversité de sauvagine, de vie aquatique en eau douce et saumâtre, de jaguars, de cerfs, de castors et d'autres espèces sauvages vivant dans le delta du fleuve Colorado. Aujourd'hui, le delta ne couvre que 5 % des terres qu'il occupait à l'origine et n'abrite plus cette riche biodiversité, parce que son débit historique entrant ne se rend plus régulièrement jusqu'à cet estuaire. Les barrages et les canaux de dérivation situés en amont ont considérablement réduit et modifié le débit du Colorado. Même si des estuaires comme le delta du Colorado sont naturellement composés d'eau saumâtre, ces écosystèmes ont besoin d'un débit entrant d'eau douce pour préserver leur biodiversité et leur productivité.



## Ressources hydriques partagées

### Messages clés

- Les ressources hydriques partagées sont les plans/cours d'eau formant les frontières de deux États ou traversant celles-ci. Le long des frontières séparant les États-Unis du Canada et du Mexique, la gestion efficace de la qualité et de l'utilisation de cette eau relève d'une responsabilité partagée.
- Le changement climatique, la croissance démographique, la pollution, les espèces envahissantes et la modification de l'utilisation des terres ont un impact sur la qualité des ressources hydriques partagées et sur leur quantité, ainsi que sur leur capacité à assurer la survie des écosystèmes aquatiques.
- En 2005, l'*Environmental Protection Agency* (EPA, Agence de protection de l'environnement américaine) a attribué une cote à plusieurs plans d'eau importants. Le golfe du Mexique a obtenu la cote « acceptable » (fair) et les Grands Lacs, la cote « acceptable à médiocre ». Le golfe du Maine était en général en meilleur état que le reste de la côte nord-est, qui s'est vu attribuer la cote « médiocre ».
- Il est difficile de définir des tendances globales en ce qui concerne toutes les caractéristiques importantes des ressources hydriques partagées. Par exemple, dans les Grands Lacs, les tendances relatives aux écosystèmes montrent une amélioration dans certains secteurs et une dégradation dans d'autres.

Les ressources hydriques partagées sont les cours d'eau et les régions estuariennes qui forment des frontières ou traversent ces frontières, les lacs et les aquifères qui chevauchent les frontières nationales, les aires marines sur lesquelles plusieurs États exercent une compétence et les aquifères qui chevauchent les frontières.

### Enjeu environnemental à l'étude

L'eau est une ressource partagée à l'échelle planétaire. Le cycle hydrologique transporte l'eau autour de la Terre par le biais de la vapeur atmosphérique et des courants océaniques. Sur terre, l'eau (ruisseaux et cours d'eau) forme les frontières entre de nombreux pays. Les pays partagent également les lacs et les aquifères qui chevauchent leur frontière.

Parce que l'eau est essentielle à la survie de tous les organismes vivants, bon nombre de pays considèrent qu'un accès adéquat à l'eau constitue un droit fondamental de l'être humain. On a retrouvé la trace de conflits portant sur les droits d'accès à l'eau jusqu'en 2 500 avant Jésus-Christ, et l'on s'attend à ce que de tels conflits surviennent plus fréquemment à l'avenir, à mesure que les populations augmenteront, que le développement économique se poursuivra et que les modèles climatiques changeront.



Vue du fleuve Rio Grande, qui borde les États-Unis et le Mexique, à partir d'un pont de passage international de la ville frontalière Ciudad Juárez, Mexique. Photo: REUTERS/Tomas Bravo

### Pourquoi cet enjeu est-il important pour l'Amérique du Nord?

L'Amérique du Nord possède de nombreuses ressources hydriques partagées, mais on observe d'énormes différences en ce qui concerne la qualité et la quantité de ces ressources à l'échelle du continent. Le long de la frontière entre le Canada et les États-Unis et de la frontière entre le Mexique et les États-Unis, la gestion des ressources hydriques partagées (sur le plan de la qualité et de la quantité) constitue un problème épineux.

### Gestion des ressources hydriques partagées

Le Canada et les États-Unis partagent des ressources hydriques le long de la majorité de leurs quelque 9 000 kilomètres de frontière, de l'Atlantique au Pacifique. Cela va des régions relativement riches en eau situées dans l'est aux régions plus arides de l'ouest. Le Mexique et les États-Unis partagent eux aussi des ressources hydriques le long de leur frontière de 3 000 kilomètres, qui traverse les régions arides du Texas à la Californie. Mais même malgré ces différences, une grande partie des problèmes liés à la quantité d'eau et à la qualité de l'eau sont similaires à l'échelle de l'Amérique du Nord. Les conflits potentiels liés aux ressources hydriques partagées en Amérique du Nord sont abordés dans le cadre de traités, d'accords et de protocoles trilatéraux.

La plus importante ressource hydrique que partagent le Canada et les États-Unis est constituée des Grands Lacs et de la Voie maritime du Saint-Laurent, qui contiennent le cinquième de l'eau douce de la planète. Les autres ressources que partagent les deux pays s'étendent du golfe du Maine, à l'est, à l'océan Pacifique, dans l'ouest, en passant par la Red River of the North, au centre. Au fil des ans, les États-Unis et le Canada ont négocié des ententes visant à résoudre les pro-

blèmes liés à l'eau. Dès 1909, le *Traité des eaux limitrophes internationales* a créé la Commission mixte internationale, chargée de prévenir et de résoudre les différends entre les deux pays. En 1972, le Canada et les États-Unis ont signé le premier *Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* (révisé en 1978, puis en 1987) en vue de lutter contre la pollution dans ces eaux et de nettoyer les déchets générés par les industries et les collectivités. Les modifications apportées en 1987 ont introduit les concepts de secteurs préoccupants et de plans d'aménagements pan-lacustres, ainsi que d'autres éléments, instaurant généralement une approche basée sur les écosystèmes, qui favorisait l'assainissement et la préservation des Grands Lacs.

La quantité d'eau et le niveau d'eau des Grands Lacs préoccupent à la fois le Canada et les États-Unis. Récemment, le niveau d'eau de certains des Grands Lacs a baissé (notamment dans les lacs Michigan et Huron). Parmi les conséquences de l'abaissement du niveau d'eau, on peut mentionner la réduction de la superficie des terres humides, des aires d'alevinage, de l'habitat des poissons et des espèces sauvages, incluant les aires de repos et de nidification de la sauvagine migratrice. Lorsque le niveau des lacs baisse, il faut procéder au dragage pour maintenir les couloirs de navigation. Mais le dragage peut perturber et remettre en suspension des sédiments contaminés dans l'ensemble des Grands Lacs. Les conséquences connexes pour l'économie sont une

baisse du tonnage brut (parce que le tirant d'eau est moins profond dans les ports), la réduction du nombre d'activités récréatives et une baisse d'efficacité des centrales thermiques.

Les principales ressources hydriques que partagent le Mexique et les États-Unis sont le fleuve Colorado, les fleuves Rio Grande et Rio Bravo et le golfe du Mexique. De nombreuses ressources en eau de surface ou souterraine, importantes pour les collectivités locales, les États et les provinces se trouvent également le long de ces frontières. Les traités, accords et protocoles conclus à propos de la région frontalière entre le Mexique et les États-Unis visaient en premier lieu à garantir que les deux pays auraient suffisamment de ressources hydriques partagées. La Convention de 1906 entre le Mexique et les États-Unis portait sur les problèmes de distribution de l'eau dans la vallée du Rio Grande. Plusieurs décennies plus tard, le traité sur l'eau signé en 1944 entre les deux pays a permis la distribution des eaux de la basse vallée du Rio Grande, du fleuve Colorado et de la rivière Tijuana, et créé la US-Mexico International Boundary Water Commission. En 1983, le Mexique et les États-Unis ont signé l'accord *Border XXI*, en vue de prévenir, de réduire et d'éliminer les sources de pollution.

### Étude de cas – Résoudre le problème de quantité d'eau dans la rivière San Pedro



La rivière San Pedro. Photo: Adriel Heisey.

La rivière San Pedro, dont le cours supérieur traverse l'État mexicain de Sonora, et qui coule vers le nord jusqu'au sud de l'Arizona, est la plus importante rivière sans barrage du sud-ouest des États-Unis. La quantité d'eau est un problème dans cette rivière, parce que la région de San Pedro est dominée par l'évaporation et qu'il y pleut très peu. Durant les mois secs, les eaux souterraines alimentent certaines sections de la rivière San Pedro; ainsi, elle forme une oasis dans les déserts arides de Chihuahua et de Sonoran. Par contre, les eaux souterraines se sont épuisées en raison des prélèvements nécessaires à l'exploitation minière et aux ranchs au Mexique, et aux prélèvements à des fins domestiques dans les villes de Sierra Vista et Ft. Huachuca, en Arizona. Les citoyens ont donc créé la zone de conservation nationale de San Pedro (National Conservation Area) en 1988, et les autorités des deux côtés de la frontière ont pris des mesures de collaboration et de gestion — en créant par exemple des terres protégées, en adoptant des codes de comtés pour l'utilisation de l'eau et en encourageant les pratiques de conservation de l'eau (p. ex., grâce aux robinets, toilettes et laveuses à débit réduit), et mis en œuvre des programmes de sensibilisation et d'éducation des intervenants. Il existe des programmes de suivi des progrès réalisés par rapport aux objectifs visés, à savoir l'obtention de niveaux viables pour les nappes souterraines, afin de rétablir et de protéger la rivière San Pedro.

### Qualité de l'eau

Depuis 1994, Environnement Canada et l'EPA font une évaluation conjointe des Grands Lacs, et en publient les résultats dans le rapport sur l'*État de l'écosystème des Grands Lacs* (ÉÉGL). Ce rapport évalue les éléments composant l'écosystème du bassin des Grands Lacs en utilisant un ensemble d'indicateurs de la santé de cet écosystème. Pour 2007, on a jugé que l'état général de l'écosystème des Grands Lacs était mitigé, parce que certaines conditions ou certains secteurs étaient acceptables ou s'amélioraient, tandis que d'autres étaient médiocres ou se détérioraient. Au chapitre des conditions qui s'améliorent, mentionnons : la baisse de la concentration de la plupart des contaminants présents dans les œufs de goélands argentés et les poissons prédateurs; l'atteinte des objectifs en matière de phosphore; l'augmentation des stocks de truite grise; et la reconstitution partielle des populations d'éphémères (*Hexagenia*). Au chapitre des tendances négatives, mentionnons : l'augmentation des concentrations d'éther diphenylique polybromé (EDP) ignifuges dans les œufs de goélands argentés; la nuisance croissante de l'algue verte *Cladophora*; la persistance d'espèces envahissantes non indigènes; les prélèvements d'eau non viables; le nombre croissant de surfaces imperméables dans les régions urbaines; le transport atmosphérique à longue distance de

## Étude de cas – Examiner les problèmes de qualité de l'eau au lac Érié

À la fin des années 1960 et au début des années 1970, la qualité de l'eau du lac Érié s'est détériorée à un point tel que le lac a été déclaré « mort ». Parce que c'est le moins profond des Grands Lacs, les concentrations élevées de phosphore qu'on y a relevées généraient de graves problèmes d'eutrophisation; par exemple, les plages étaient couvertes d'écume d'algues, il n'y avait pas assez d'oxygène pour préserver les poissons et les autres organismes aquatiques en eaux profondes, et des poissons comme le doré jaune cédaient la place à des espèces tolérant la pollution, comme la carpe.

En 1972, le Canada et les États-Unis ont signé l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* et commencé à travailler en vue de réduire la concentration de phosphore dans les Grands Lacs. Les provinces et les États riverains des Grands Lacs se sont efforcés de réduire le phosphore présent dans les effluents municipaux et industriels, et d'éliminer le phosphore des détergents. Ainsi, les concentrations totales de phosphore et de chlorophylle ont considérablement baissé. La diversité des espèces de poissons a augmenté avec le retour d'espèces intolérantes à la pollution, comme la lotte, le grand corégone, l'achigan à petite bouche et le meunier noir, et le déclin d'espèces tolérantes à la pollution comme la barbotte, la carpe et la marigane blanche.

Malheureusement, au cours de la dernière décennie, les concentrations de phosphore dans le lac Érié ont augmenté de nouveau. La charge des tributaires en phosphore dissous est en augmentation. L'hypoxie et l'anoxie observées dans le bassin central sont plus importantes et se produisent pendant une plus longue période. La prolifération des cyanobactéries dangereuses *Microcystis* et la multiplication du *Cladophora*, algue verte filamenteuse adhérente, s'approchent des niveaux observés dans les années 1970. En conséquence, la gestion des nutriments, en particulier du phosphore, demeure la priorité absolue pour ce qui est de l'amélioration du lac, et les États-Unis et le Canada sont en train d'élaborer une nouvelle stratégie binationale de gestion des nutriments pour le lac. Même si les stocks de perchaude sont en train de se reconstituer dans l'ensemble du lac, la situation des principales espèces prédatrices (doré jaune, truite grise et grand corégone) demeure préoccupante.



Rivage du lac Érié.

biphényles polychlorés (BPC) et d'autres contaminants; le développement constant des zones côtières; et le déclin des populations de certaines espèces d'amphibiens et d'oiseaux qui dépendent des terres humides.

En 2005, l'EPA a attribué une cote à plusieurs gros plans d'eau en s'appuyant sur un volume élevé de données de surveillance recueillies entre 1997 et 2000. Dans le cadre de cette évaluation, le golfe du Mexique a obtenu la cote « acceptable » (fair) et les Grands Lacs, la cote « acceptable à médiocre ». Le golfe du Maine était en général en meilleur état que le reste de la côte nord-est, qui s'est vu attribuer la cote « médiocre », mais on observait encore des signes de dégradation de la qualité de l'eau dans toute la région située au nord de Cape Cod et le long de la côte du Maine.

Bon nombre des problèmes de qualité de l'eau observés aux frontières sont similaires. Les DDT et autres pesticides hydrochlorés, ainsi que les biphényles polychlorés (BPC) et les « Aroclor » associés (hydrocarbures aromatiques chlorés), ont contaminé les tissus des poissons du golfe du Maine jusqu'aux Grands Lacs et au golfe du Mexique. Les concentrations de BPC et de DDT sont également une source de préoccupation dans le Rio Grande, qui sépare le Mexique des États-Unis. La contamination par le mercure des tissus des poissons est également courante, non seulement en Amérique du Nord, mais aussi à l'échelle mondiale. Les concentrations de mercure chez les principaux poissons prédateurs, comme le doré jaune ou l'achigan à grande bouche, sont tellement élevées qu'on a dû émettre des avertissements à propos de la consommation de ces poissons pêchés dans les tributaires des Grands Lacs et le long de la frontière canado-américaine. On a observé chez le thazard des concentrations de mercure assez élevées pour justifier des avertissements aux consommateurs dans l'ensemble du golfe du Mexique.

La teneur en sels constitue un autre problème — elle augmente lorsque l'eau d'irrigation s'infiltré dans les sols riches en minéraux, puis réintègre les eaux de surface en transportant ces minéraux dissous. Dans le fleuve Colorado, la teneur en sels a augmenté durant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, à mesure que les superficies irriguées augmentaient dans le bassin du fleuve. En 1973, la Commission internationale des frontières et des eaux a adopté la résolution 242 en vue de régler les problèmes de salinité du fleuve Colorado.

La qualité de l'eau des fleuves, rivières et ruisseaux de l'ensemble de l'Amérique du Nord se dégrade elle aussi en raison de l'importante



quantité de matières organiques consommables d'oxygène, de la sédimentation qui altère la clarté de l'eau et la profondeur/le volume de l'eau, et des nutriments qui créent une nuisance et favorisent la prolifération d'algues nocives.

### Quels sont les liens avec les autres enjeux environnementaux en Amérique du Nord?

Il existe un lien vital entre les ressources hydriques partagées et d'autres enjeux environnementaux importants comme le changement climatique, l'utilisation des terres, la biodiversité et les polluants.

#### Changements climatiques

À mesure que les modèles climatiques changent, les modèles de précipitations et de ruissellement sont appelés à changer eux aussi, ce qui peut causer plus de sécheresses dans certaines régions et plus d'inondations dans d'autres. L'augmentation de la température des Grands Lacs a accéléré leur évaporation durant l'hiver, alors qu'ils gelaient auparavant, ce qui a fait baisser leur niveau. Par ailleurs, on s'attend à ce que le futur réchauffement des températures réduise le débit du fleuve Colorado et les réserves d'eau. De son côté, la multiplication des eaux de ruissellement va faire augmenter l'apport de sédiments, de nutriments et de contaminants toxiques aux écosystèmes aquatiques de l'ensemble de l'Amérique du Nord. Globalement, une réduction de la quantité d'eau et une dégradation de sa qualité vont rendre plus difficile le respect des exigences des traités internationaux dans les trois pays.

#### Utilisation des terres

Parallèlement au changement climatique, la croissance démographique et l'évolution de l'utilisation des terres vont influencer sur la diminution des ressources en eau au cours des 25 prochaines années, en raison de l'urbanisation croissante et de la concurrence accrue entre les divers utilisateurs de l'eau, sur les territoires nationaux et le long des frontières. À la lumière des différences spatiales dans la répartition de l'eau renouvelable et de l'eau disponible, au sein des pays et à l'échelle de certaines régions géographiques, certaines régions d'Amérique du Nord vont sans doute connaître des pénuries d'eau plus marquées que d'autres.

#### Biodiversité et écosystèmes

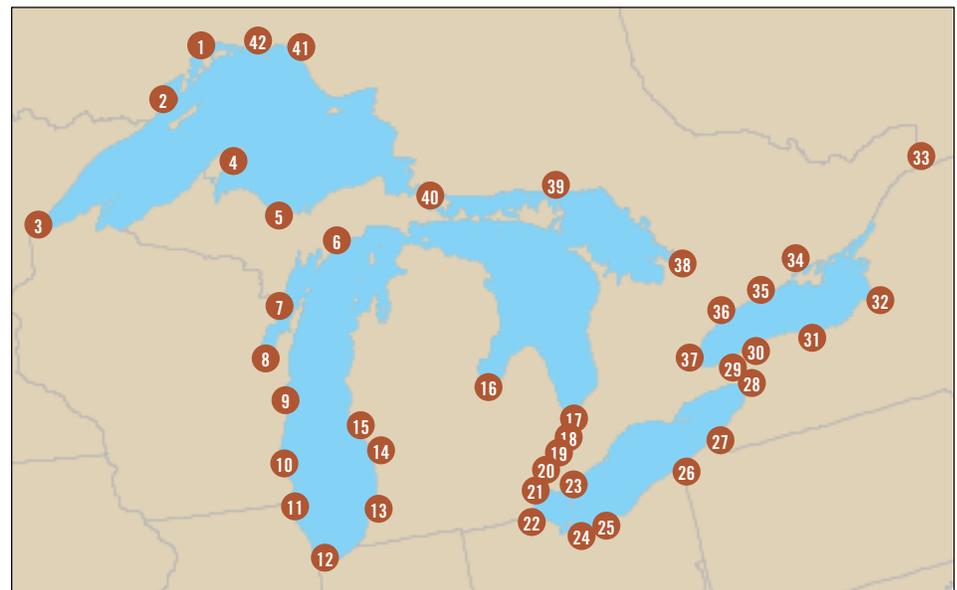
La quantité d'eau et la qualité de l'eau influent toutes les deux sur la biodiversité des écosys-

tèmes aquatiques, comme l'illustrent les exemples de la rivière San Pedro et du lac Érié (voir les études de cas). La biodiversité subit en outre les effets de l'introduction d'espèces envahissantes, lesquelles ont déjà nuï à la biodiversité présente dans les ressources partagées. C'est le cas des moules zébrées dans les Grands Lacs et de la jacinthe d'eau dans le Rio Grande. Non seulement les moules zébrées empiètent-elles sur l'habitat des moules indigènes, mais elles nuisent également à la dynamique du réseau trophique, en filtrant les aliments dont ont besoin les autres organismes présents dans la colonne d'eau. Les jacinthes d'eau « étouffent » le Rio Grande et ses tributaires en raison de leur croissance et de leur densité, qui privent les plantes indigènes des rayons du soleil et privent l'eau de l'oxygène nécessaire à la préservation des poissons et des autres organismes aquatiques.

#### Polluants

Les polluants traversent souvent les frontières des États. Même si le DDT est interdit et que l'utilisation de BPC est soumise à des restrictions depuis des décennies, le transport atmosphérique et le dépôt de ces composés continuent de créer des concentrations dans les tissus des poissons, des Grands Lacs au golfe du Mexique. Le Canada et les États-Unis ont désigné des secteurs préoccupants et élaboré des plans de mesures correctives pour les Grands Lacs (voir la carte). La surconcentration de nutriments a contribué au problème d'hypoxie dans le golfe du Mexique et à l'eutrophisation des lacs, des réservoirs et des ruisseaux, rivières et fleuves d'Amérique du Nord. L'azote atmosphérique représente près de 30 % de la concentration d'azote dans la baie de Chesapeake. Les sources atmosphériques contribuent également à l'apport d'azote dans les Grands Lacs et le golfe du Mexique. 🌿

Secteurs préoccupants désignés en ce qui concerne l'amélioration de la qualité de l'eau dans les Grands Lacs par le Canada et les États-Unis



- |                                       |                         |  |
|---------------------------------------|-------------------------|--|
| 1 Baie Nipigon                        | 15 Lac White            | 30 Ruisseau Eighteen Mile                  |
| 2 Baie Thunder                        | 16 Baie Saginaw         | 31 Rive découpée de Rochester              |
| 3 Baie/rievière St-Louis              | 17 Rivière Sainte-Clair | 32 Rivière Oswego (retiré de la liste)     |
| 4 Lac Torch                           | 18 Rivière Clinton      | 33 Fleuve Saint-Laurent (Cornwall/Massena) |
| 5 Lac Deer – ruisseau / rivièrre Carp | 19 Rivière Détroit      | 34 Baie de Quinte                          |
| 6 Rivière Manistique                  | 20 Rivière Rouge        | 35 Port Hope                               |
| 7 Rivière Menominee                   | 21 Rivière Raisin       | 36 Toronto métropolitain                   |
| 8 Rivière Fox/baie Lower Green        | 22 Rivière Maumee       | 37 Baie Presque Isle                       |
| 9 Rivière Sheboygan                   | 23 Port de Weathley     | 38 Détroit de Severn (retiré de la liste)  |
| 10 Estuaire de la Milwaukee           | 24 Rivière Black        | 39 Havre Spanish                           |
| 11 Port de Waukegan                   | 25 Rivière Cuyahoga     | 40 Rivière St Marys                        |
| 12 Rivière Grand Calumet              | 26 Rivière Ashtabula    | 41 Havre Peninsula                         |
| 13 Rivière Kalamazoo                  | 27 Baie Presque Isle    | 42 Baie Jackfish                           |
| 14 Lac Muskegon                       | 28 Rivière Buffalo      |  |
|                                       | 29 Rivière Niagara      |  |

Source : Commission mixte internationale





**Commission de coopération environnementale**

393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200  
Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9  
t (514) 350-4300 f (514) 350-4314  
info@cec.org / www.cec.org