

Sel

Michel Dumont

*L'auteur travaille au Secteur des minéraux
et des métaux de Ressources naturelles Canada.
Téléphone : (613) 995-2917
Courriel : mdumont@rncan.gc.ca*

QUELQUES FAITS HISTORIQUES

Le sel a beaucoup influencé l'histoire de l'homme. On a déclaré des guerres et combattu pour s'emparer de gisements de sel. On achetait des esclaves avec le sel qui valait, à certaines époques, deux fois plus que l'or. La santé des militaires et des civils dépendait du sel, dont on se servait aussi pour conserver la viande et pour le tannage. Ce minerai est devenu l'un des premiers produits à faire l'objet du commerce dans le monde.

Le sel (soit le chlorure de sodium) fait tellement partie intégrante de notre quotidien que nous oublions que c'est une ressource naturelle qui doit être découverte, récupérée par ébullition ou évaporation ou extraite d'une mine, puis traitée pour être ensuite mise en marché et consommée. L'être humain, qui contient environ 113 g de sel (soit 4 oz), ne doit pas en manquer, faute de quoi ses muscles refuseront de se contracter, son sang de circuler, son système digestif de fonctionner et son cœur de battre. C'est également le cas du bétail, dont le régime doit comprendre du sel.

Les marchés du sel dans les régions développées du monde, comme l'Amérique du Nord et l'Europe de l'Ouest, sont bien établis et croissent à un rythme légèrement inférieur à celui de l'économie mondiale. Les principaux marchés se trouvent en Amérique du Nord, en Asie, au Moyen-Orient et en Europe de l'Ouest. La consommation mondiale de sel augmente, principalement en raison de la demande croissante dans les pays du Sud-Est de l'Asie et dans d'autres pays en développement.

Selon la Geological Survey des États-Unis, la production mondiale de sel serait passée de 210 à 215 Mt de 2003 à 2004. La consommation du sel pour utilisations chimiques, en particulier pour la fabrication de chlore et de soude

caustique (hydroxyde de sodium) comme coproduit, peut fluctuer en fonction de leur demande respective. La demande d'agents de blanchiment à base de chlore a diminué, alors que celle des composés de blanchiment oxygénés a augmenté. La plupart des autres utilisations du sel (la transformation des aliments, le traitement de l'eau et les usages industriels) suivent habituellement les tendances démographiques. Bien que le sel de déglacement ne soit pas considérablement touché par les événements économiques, la quantité de sel utilisée chaque année pour le déglacement des routes est liée directement aux conditions météorologiques hivernales.

RÉSUMÉ DES FAITS AU CANADA

Le Canada, tout comme bon nombre d'autres pays, extrait, traite, consomme, exporte et importe le sel. Le territoire canadien est vaste et renferme de nombreux gisements connus et un certain nombre qui n'ont pas encore été découverts. Quelques zones seulement sont exploitées par un petit groupe de sociétés qui sont d'importants piliers de l'industrie. Le sel est utilisé principalement pour le déglacement et dans des utilisations chimiques et domestiques (sel gemme, sel de qualité alimentaire, aliments du bétail).

Les plus gros gisements de sel du Canada sont situés en Nouvelle-Écosse, au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Ontario, au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta. Bon nombre de gisements de sel ont été découverts en effectuant des travaux d'exploration ciblant le pétrole et le gaz naturel, ainsi que la potasse, car leur mise en place requiert des conditions géologiques similaires. Dans l'Île-du-Prince-Édouard, un gisement de sel gemme de taille indéterminée a été traversé à une profondeur de plus de 4200 m sous la baie Hillsborough, sur le côté méridional de l'île. Des puits de saumure, généralement indicateurs de la présence de gisements de sel, ont été trouvés dans deux autres provinces, soit à Terre-Neuve-et-Labrador et en Colombie-Britannique. Les exploitants utilisent deux méthodes principales d'extraction dans la plupart des provinces, à savoir l'exploitation souterraine par chambres et piliers et l'extraction par voie de dissolution, quoique l'extraction de potasse permet également la production de sel comme coproduit.

Le sel est beaucoup consommé au Canada; son utilisation annuelle a déjà été estimée à plus de 360 kg par habitant (des données statistiques sur la consommation du sel étaient disponibles jusqu'en 1987). Cette valeur élevée est attribuable aux hivers rigoureux que connaissent nombre de provinces canadiennes et à l'utilisation des sels de voirie pour améliorer les conditions de conduite hivernales.

Le Canada est le cinquième producteur de sel au monde (tableau 3). Selon des données provisoires, les expéditions canadiennes de sel se sont chiffrées à 431,5 millions de dollars (M\$) [14,1 Mt] en 2004, ce qui représente une augmentation de 10,9 M\$ par rapport à 2003 [13,7 Mt]. Les données de 2004 tiennent compte du niveau de production qui varie d'une année à l'autre en fonction des conditions hivernales. Par ailleurs, les valeurs d'exportations ont atteint 83,5 M\$ (4,2 Mt), ce qui correspond à une baisse de 41,8 M\$ comparativement aux 4,2 Mt exportées en 2003, alors que les valeurs d'importations se sont situées à 50,8 M\$ (près de 2,1 Mt), soit une hausse de près de 7,5 M\$ par rapport à près de 1,0 Mt importée l'année précédente.

Bien que les prix du sel ne soient pas connus au Canada, d'autres sources citées dans la section « Prix » ci-après donnent des indications par type et par emballage.

L'utilisation du sel pour le déglacement des routes constitue un problème environnemental au Canada. En avril 2004, Environnement Canada a publié un *Code de pratique pour la gestion environnementale des sels de voirie*. Ce code s'applique à tout organisme utilisant plus de 500 t/a de sels de voirie.

COMMERCE

Le sel est très répandu et peu coûteux à produire en vrac. Il est relativement facile à extraire et son transport représente une grande partie de son prix franco domicile. Bien des pays importent leur sel d'États producteurs voisins, ce qui explique pourquoi les exportations depuis des pays éloignées sont restreintes (tableau 1). Même si le Canada et les États-Unis produisent du sel pour répondre à leurs propres besoins, certaines régions situées d'un côté et de l'autre de leur frontière sont interdépendantes et s'échangent néanmoins de grandes quantités de sel pour des raisons économiques et d'approvisionnement.

Des données provisoires (tableau 1) indiquent qu'en 2004, le Canada a exporté 4,2 Mt de sel (d'une valeur de 83,5 M\$), dont 99,9 % (d'une valeur de 83,1 M\$) vers les États-Unis. Ceci constitue une augmentation de 50 600 t par rapport à 2003, mais une valeur tout de même inférieure aux exportations enregistrées en 2001 (4,6 Mt). D'après la Geological Survey des États-Unis, l'exportation de 4,2 Mt de sel vers les États-Unis représentait sa plus

grande source d'importations en 2004, soit environ 44 % de la totalité de ses importations.

Le Canada importe également du sel. Selon des données provisoires, il en a importé 2,1 Mt en 2004 (d'une valeur de 50,8 M\$), dont 75,6 % en provenance des États-Unis, 18,9 % du Mexique et 1,3 % de la France (tableau 1).

CONSOMMATION

Seul un tout petit pourcentage des millions de tonnes de sel sec produites annuellement en Amérique du Nord aboutit sur nos tables, soit dans les aliments transformés, les mets préparés et la salière. À l'échelle mondiale, la plus grande partie du sel produit sous forme de saumure et de sel sec est utilisée par l'industrie des produits chimiques. Le sel joue un rôle de premier ou de second plan dans la fabrication d'une très vaste gamme de produits chimiques et de produits dérivés. En effet, 60 % du sel sert de matière première (produits chimiques), 20 %, de sel de table, 10 %, d'agent de déglacement et 10 %, d'ingrédients dans la nourriture pour animaux et d'agent de traitement de l'eau.

Cette répartition n'est toutefois pas la même en Amérique du Nord. Au Canada, la consommation du sel par habitant est la plus élevée au monde, ce qui est principalement attribuable à l'hiver, au cours duquel il sert surtout d'agent de déglacement en Ontario, au Québec et dans les provinces de l'Atlantique. D'après l'Institut canadien du sel, la consommation nationale apparente se répartit comme suit : entre 90 et 95 % du sel est utilisé pour fabriquer des produits chimiques et des agents de déglacement, tandis que les 5 à 10 % restants servent à traiter l'eau, à transformer les aliments et à conserver les produits de la pêche, ainsi qu'à divers usages industriels.

Les États-Unis publient des données sur l'utilisation du sel qui peuvent servir à évaluer, jusqu'à un certain point, la consommation nord-américaine du sel provenant du Canada. D'après la Geological Survey des États-Unis, l'utilisation finale du sel au pays se répartissait comme suit en 2003 : produits chimiques – 40 %, déglacement – 37 %, fournisseurs (épiceries et autres grossistes et détaillants) – 8 %, usages industriels généraux – 6 %, produits agricoles – 4 %, transformation des aliments – 3 %, traitement primaire de l'eau – 2 % et autres usages – moins de 1 %.

Le Salt Institute des États-Unis présente les nombreux usages du sel. Son site Web se trouve à l'adresse suivante : [www.saltinstitute.org/16.html].

D'après Ressources naturelles Canada, le secteur des produits chimiques industriels utilise du sel pour produire des composés issus de son électrolyse, comme la soude caustique (hydroxyde de sodium), le chlore et le chlorate de

sodium. Au Canada, les installations de soude caustique et de chlore tirent leur sel de l'extraction de saumures sur place et de saumures naturelles; d'autres installations emploient du sel gemme extrait des mines, du sel marin importé ou du sel raffiné. Parmi les autres produits chimiques industriels dont la fabrication exige des quantités appréciables de sel, mentionnons le bicarbonate de soude, le chlorite de sodium, l'hypochlorite de sodium, le carbonate de sodium anhydre et le chlorure de calcium. Par exemple, le sel entre dans la production du chlore et du carbonate de sodium anhydre qui, à leur tour, servent au traitement ou à la fabrication d'un large éventail de produits finis, comme la rayonne, le polyester et d'autres produits synthétiques, les plastics (explosifs), les engrais, le verre et les cosmétiques.

Au Canada, la plupart des usines de traitement de pâtes et papiers ont considérablement modifié leurs procédés et ont perfectionné leurs méthodes de traitement des effluents. Plusieurs ont choisi de réduire les quantités de chlore utilisées en adoptant d'autres procédés de blanchiment, comme la lignification prolongée, la délignification à l'oxygène, le blanchiment au chlorate de sodium, un procédé intégré au dioxyde de chlore avec recyclage de l'acide chlorhydrique et les procédés de blanchiment à l'ozone et au peroxyde d'hydrogène. Bien que les écologistes considèrent que ces mesures sont acceptables, ils préféreraient encore que l'industrie des pâtes et papiers adopte des produits de blanchiment exempts de dioxines, comme l'oxygène et le peroxyde d'hydrogène.

Le chlorure de sodium (soit le sel) demeure le principal agent de déglacage. Selon des exigences propres aux sites, différents agents de déglacage sont employés. Le chlorure de calcium vient au deuxième rang des agents de déglacage les plus utilisés. Ce produit chimique est efficace à des températures variant entre -10 et -20 °C; il est habituellement mélangé à du sel dans une proportion de 2 à 4 %. Les inquiétudes croissantes que suscitent la pollution de l'environnement et la corrosion des infrastructures, comme les tabliers de ponts et les aires de stationnement, ont conduit à l'exécution de nombreuses expériences dans le domaine des produits de remplacement du sel comme agent de déglacage.

PRODUCTION

Le Canada recèle d'abondantes réserves de sel. Trois importantes formations de sel ont été mises en évidence sur le grand territoire canadien. Ces formations sont toutes vastes, volumineuses et situées à des endroits où il est économiquement rentable de les exploiter. L'Ouest canadien compte les plus gros gisements, alors que l'Ontario et les provinces de l'Atlantique renferment des gisements moins importants.

Les couches de sel de l'Ouest du pays s'étendent des Territoires du Nord-Ouest jusqu'au Manitoba, en passant par l'Alberta et la Saskatchewan. Cette immense formation mesure en moyenne 122 m (400 pi) d'épaisseur, couvre environ 390 000 km² (150 000 mi²) et renferme plus de mille milliards de tonnes de sel.

Les gisements de sel de l'Ontario sont situés sur les rives des lacs Huron et Érié. Cette formation en forme de soucoupe fait partie du bassin du Michigan, qui gît sous une partie du Michigan et de l'Ohio, ainsi que sous les lacs Huron et Érié.

Dans les provinces de l'Atlantique, on a découvert de gros et épais gisements de sel au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, dans une partie de Terre-Neuve-et-Labrador, et même sous le golfe du Saint-Laurent. Ces gisements, qui se trouvent dans diverses régions géologiques, constituent tous les vestiges d'anciennes mers intérieures. Les rivages de ces anciennes mers délimitent les couches de sel, ainsi que les abondants gisements de pétrole, de gaz naturel et de charbon qui ont été découverts dans cette partie du Canada.

Les principaux gisements de sel d'Amérique du Nord et la production de sel sec du continent sont affichés sur le site Internet de l'Institut canadien du sel, au [www.saltinstitute.org/images/map.pdf].

D'après la Geological Survey des États-Unis et selon le tableau 3, les huit principaux producteurs de sel au monde comptaient pour 48,2 % de la production totale en 2003, qui s'élevait à 210 Mt. Ces pays étaient, en ordre décroissant de production, les États-Unis (43,7 Mt), la Chine (32,4 Mt), l'Allemagne (15,7 Mt), l'Inde (15,0 Mt), le Canada (13,4 Mt), l'Australie (9,8 Mt), le Mexique (8,0 Mt) et la France (7,0 Mt). En Amérique du Nord, quelque 65,0 Mt de sel ont été produites en 2003, dont 67,2 % aux États-Unis et 32,8 % au Canada. Les États-Unis étaient les plus importants producteurs de sel au monde, leur production représentant environ 21 % de la production mondiale. La contribution du Canada à la production mondiale est passée de 5,9 à 6,3 % de 2002 à 2003, même si ce pays compte toujours la plus grande mine souterraine de sel en Amérique du Nord, à Goderich (Ont.).

Les données provisoires de 2004 (tableau 2) révèlent que les expéditions canadiennes ont augmenté pour s'établir à 14,1 Mt, dont 85,3 % de sel extrait des mines, 6,5 % de sel fin traité sous vide et 8,2 % étant de la saumure et du sel récupéré de la fabrication de produits chimiques.

Selon des données provisoires, la production de l'industrie canadienne du sel se serait élevée à 14,1 Mt en 2004. Les principales mines de sel gemme du Canada se trouvent en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick, et les plus

importantes raffineries de sel sous vide sont situées en Alberta, en Saskatchewan, en Ontario, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse. Plus des trois quarts de cette production se compose de sel gemme qui sert surtout à déglacer les routes.

Toujours d'après des données provisoires, la valeur des expéditions de sel en provenance du Canada s'est élevée à 431,5 M\$ (pour les 14,1 Mt expédiées) en 2004, ce qui représente une hausse de presque 11 M\$ par rapport aux 13,7 Mt expédiées l'année précédente. Cette valeur témoigne de la hausse de production cyclique qui survient chaque année au pays, pendant la saison hivernale.

On emploie surtout deux techniques pour extraire le sel des très anciens gisements du Canada. La première est la méthode dite d'exploitation par chambres et piliers, et la seconde consiste à extraire le sel par voie de dissolution. On récupère également du sel comme coproduit de l'extraction de la potasse. Les principaux producteurs canadiens sont présentés dans le tableau 4.

En Nouvelle-Écosse, La Société canadienne de Sel, Limitée exploite une mine souterraine de sel gemme à Pugwash, dans le comté de Cumberland. La majeure partie du sel extrait de cette mine sert d'agent de déneigement et de déglacage. Cette société est également propriétaire d'une raffinerie dotée d'un bassin sous vide à effet quadruple qui reçoit de la saumure saturée et la transforme par évaporation en cristaux de sel d'une grande pureté. Ces cristaux sont utilisés par des fabricants de produits chimiques et alimentaires.

Sifto Canada Inc., qui est une filiale de Compass Minerals Group Inc., exploite une usine d'extraction de saumure à Amherst (N.-É.). Le procédé de recompression de la vapeur qui y est employé permet de produire un sel d'une pureté inégalée en Amérique du Nord. Le sel raffiné provenant de cette usine est utilisé comme sel de table et agent de traitement de l'eau, ainsi que dans l'industrie des pêches. Il s'agit d'une des usines d'extraction par recompression de la vapeur les plus nouvelles et les plus modernes du continent.

Au Nouveau-Brunswick, la Division New Brunswick de la Potash Corporation of Saskatchewan Inc. extrait de la potasse et du sel d'une mine souterraine située près de Sussex. La société vend la plus grande partie de son sel aux États-Unis et dans l'Est canadien. La saumure excédentaire acheminée jusqu'à la surface par des pompes, la saumure provenant des boues argileuses extraites et la saumure produite par l'usine de traitement sont réutilisées comme remblai sous terre pour remplir les cavités créées par l'extraction du sel gemme. Ce processus est accompli par le déversage de la saumure dans les cavités au moyen de conduites souterraines.

Au Québec, Mines Seleine, qui est une filiale de La Société canadienne de Sel, Limitée, est la seule société

productrice de sel. Celle-ci exploite des installations dans les Îles-de-la-Madeleine, dans le golfe Saint-Laurent, où elle produit du sel comme agent de déglacage pour les marchés du Québec et de l'Est des États-Unis.

La société d'exploration pétrolière et gazière Junex a découvert une zone de saumure naturelle en forant à Bécancour pour y découvrir du gaz naturel. En 2001, elle a fondé Junex Solnat, qui exploite deux puits et en vend la saumure naturelle comme agent de déglacage et de dépolissage (c'est-à-dire un supprimeur).

En Ontario, Sifto Canada Inc. exploite une mine souterraine de sel gemme dans le port de Goderich, sur les rives du lac Huron. Elle produit également de la saumure dans une raffinerie de sel située sur l'escarpement de la rivière Maitland. Sifto produit du sel destiné aux adoucisseurs d'eau pour les particuliers, des agents de déglacage emballés, des sels destinés à l'agriculture ou à la transformation des aliments, du sel de table et des sels industriels.

La Société canadienne de Sel, Limitée, dont le siège social est situé à Pointe-Claire (Qc), est beaucoup moins connue que sa populaire marque nominale « Windsor ». Cette société exploite la mine souterraine de sel gemme Ojibway, ainsi qu'une usine de sel raffiné sous vide extrait de puits de saumure, près de Windsor. Elle vend notamment du sel fin chimique, de même que des sels destinés au déglacage, à l'adoucissement de l'eau et à l'agriculture.

En Saskatchewan, Sifto Canada Inc. exploite des installations d'extraction de saumures par voie de solution près de Unity. On y produit une certaine quantité de sel utilisé localement comme agent de déglacage, ainsi que du sel fin raffiné sous vide destiné à l'adoucissement de l'eau, à l'agriculture et à la transformation des aliments.

La Société canadienne de Sel, Limitée produit du sel raffiné à Belle-Plaine, à partir des saumures qui sont dérivées des solutions provenant d'une mine de potasse adjacente exploitée par The Mosaic Company (créée par la fusion de IMC Global Inc. et de Cargill Crop Nutrition). La majeure partie du sel raffiné est destinée au secteur de l'adoucissement de l'eau et une autre, aux secteurs de l'agriculture, de la transformation des aliments et du déglacage.

NSC Minerals Inc., dont le siège social se trouve à Saskatoon, est un des principaux fournisseurs de produits minéraux industriels et se spécialise dans les cristaux de sel gemme. La société fabrique des produits à base de sel fin et de sel grossier dérivés de résidus de potasse. Elle possède deux usines d'exploitation modernes à Rocanville et à Vanscoy (Sask.) dont la capacité de production excède les 6000 t/j. L'usine de Rocanville est située dans le Sud-Est de la Saskatchewan, près de la frontière manitobaine, et l'usine de Vanscoy est installée dans le centre de la province, à environ 20 mi au sud-ouest de Saskatoon. Leurs produits sont utilisés à diverses fins, comme agent de déglacage des routes, aliments complémentaires du bétail,

adoucisseurs d'eau, dans les programmes de stabilisation des routes, pour le salage des peaux, ainsi que dans les boues de forage et dans des applications industrielles.

En Alberta, La Société canadienne de Sel, Limitée, située à Lindberg, produit un sel fin raffiné sous vide qui est utilisé pour l'adoucissement de l'eau, l'agriculture et la transformation des aliments et, localement, comme agent de déglçage.

Les sociétés suivantes produisent également du sel (principalement de la saumure) :

- En Saskatchewan, le Mosaic Potash Esterhazy Limited Partnership (autrefois IMC Esterhazy Canada Limited Partnership) approvisionne Kayway Salt en sel gemme issu de son exploitation de potasse d'Esterhazy. Kayway Salt vend le sel gemme sur le marché local comme agent de déglçage. Saskatoon Chemicals (« SaskChem », qui est une division de Sterling Chemicals Holdings, Inc.), extrait des saumures de puits situés près de Saskatoon afin de produire de la soude caustique, du chlore et du chlorate de sodium destinés à ses installations de pâtes chimiques.
- En Alberta, plus précisément à Fort Saskatchewan, près d'Edmonton, Dow Chemical Canada Inc. extrait des saumures destinées aux usines de chlore et de soude caustique. Deux sociétés exploitent des mines d'extraction par dissolution près de Bruderheim, soit Nexen Inc. (autrefois appelée Canadian Occidental Petroleum Ltd. ou Canadian OXY Ltd.) et Albchem Industries Ltd. (qui exploite une usine au-dessus du vaste gisement Upper Lotsberg, dont le sel est très pur). Le sel sert à produire du chlorate de sodium qui est principalement destiné à des installations de blanchiment des pâtes, lesquelles se trouvent dans les provinces des Prairies et dans l'Ouest du Canada.

MÉTHODES DE RÉCUPÉRATION

Le type de sel produit dépend de la géologie, de la géographie et du climat. Les principaux gisements de sel gemme se trouvent dans le centre et l'Est de l'Amérique du Nord, en Europe et dans de vastes régions du Moyen-Orient. Le sel marin constitue la majeure partie de la production de sel en Australie, au Mexique, au Chili, dans l'Ouest des États-Unis, en Chine, en Inde et au Brésil, où le climat est favorable à ce type d'exploitation.

Exploitation du sel gemme

Le sel gemme est exploité par une méthode de chambres et piliers semblable à celle utilisée dans les mines de charbon et de trona. La largeur des piliers est déterminée par le pourcentage d'extraction admissible à diverses profon-

deurs et largeurs de chambres. La plupart des exploitations par chambres et piliers récupèrent environ 45 à 65 % des ressources, les ressources restantes servant de piliers qui supportent la structure de la mine. Le sel est foré, découpé, abattu, déblayé, concassé et transporté à la surface en vue de son traitement, qui comprend l'élimination des impuretés et le passage au tamis afin d'obtenir des fractions granulométriques plus fines. L'exploitation des gisements stratifiés comporte généralement des galeries de roulage avec boulonnage du toit et des aires d'exploitation permanentes.

Les méthodes d'exploitation souterraine de la halite en couches (appelée communément sel gemme) et des dômes de sel sont semblables sauf dans les mines où la hauteur des deux types d'exploitation sont différentes. Par exemple, les formations stratifiées sont généralement vastes latéralement mais non verticalement, alors que les dômes de sel sont limités latéralement mais très étendus verticalement. La profondeur de bon nombre de dômes de sel est supérieure à 6100 m (20 000 pi), mais de nombreux dômes affleurent également à la surface. La plupart des exploitations de sel de la côte du golfe du Mexique se trouvent généralement à moins de 300 m (1000 pi) de profondeur. L'exploitation s'avère difficile à des profondeurs plus importantes en raison des températures élevées et de la plus grande densité des roches.

Les dômes de sel sont des masses cylindriques qui ont été poussées verticalement à travers des couches sus-jacentes de sédiments par pression statique, à partir de gisements de sel gemme enfouis. Des dômes de sel ont été traversés par des forages d'exploration pétrolière en Allemagne, en Russie, en Roumanie, dans la région du Golfe persique et sur la côte états-unienne du golfe du Mexique, où plusieurs centaines de dômes de sel ont d'ailleurs été découverts. Au Canada, il semblerait que des dômes de sel se seraient formés dans quelques îles de l'Arctique.

Comparativement aux méthodes d'extraction par dissolution ou par évaporation, l'exploitation du sel gemme présente les avantages suivants : coût de production généralement plus faible, obtention d'une plus grande gamme de tailles de grains et taux de production plus élevé. Les grains produits vont de -16 mm à -3 mm. Le principal désavantage est la pureté du sel produit, qui varie de 95 à 98 % de chlorure de sodium (NaCl).

Exploitation par dissolution

Dans les gisements de sel profonds, des trous sont forés, un puits d'injection est foncé et de l'eau douce sous pression est introduite afin de fracturer hydrauliquement les couches de sel. Lorsque la communication est établie avec le puits de production, la saumure est pompée jusqu'à la surface pour y subir un traitement. L'exploitation par dissolution peut également se faire en utilisant l'injection annulaire pour introduire le solvant au fond du tube. À

tous les deux ans, un enregistrement sonar est effectué afin de vérifier la taille de la cavité et de corriger toutes divergences avec le modèle simulé. Le contrôle de la qualité de l'eau injectée dans le puits et de la zone saumurée permet d'obtenir une saumure d'une très grande pureté.

L'exploitation par dissolution est utilisée en vue d'obtenir une charge d'alimentation de chlorure de sodium pour la production de sel raffiné sous vide et pour la fabrication du chlore, de soude caustique et de carbonate de sodium anhydre synthétique. La quantité de sel souterrain dissoute et récupérée sous forme de saumure afin de produire du sel raffiné sous vide n'est pas publiée en général. Seule la quantité de sel raffiné sous vide produite est signalée comme production de sel primaire. La quantité de saumure utilisée pour la fabrication de chlore et de soude caustique et de dérivés est rapportée comme quantité de saumure captive utilisée ou de saumure vendue. L'industrie des produits chimiques est la plus grosse utilisatrice de saumure au monde.

Traitement du sel gemme

Le concassage et le tamisage visant à obtenir une taille appropriée sont en général les seuls traitements que subissent les sels de voirie. Dans de nombreuses exploitations, ces étapes sont effectuées sous terre afin de réduire au minimum les coûts de roulage et d'entreposage. En outre, la fraction extrêmement fine qui est souvent inutilisable et qui représenterait des déchets si elle était transportée à la surface est laissée sous terre.

Il y a toutefois une exception qui touche la trieuse de couleur et le procédé thermoadhésif utilisés pour améliorer la teneur moyenne en chlorure de sodium des produits issus des couches de sel gemme et pour la faire passer de 97 % à plus de 99,0 %. La trieuse de couleur détermine la transparence du sel et lance un jet d'air comprimé pour séparer le sel des déchets, ce que le procédé thermoadhésif effectue grâce à l'absorption de la lumière par des particules d'anhydrite, de schiste et de dolomie noircies par la chaleur.

Les sels commerciaux les plus purs sont produits par le traitement de sel gemme à fins cristaux de 1,7 mm dans un recristallisateur. Le sel gemme à grain fin est dissous dans une saumure de haute température pour produire une saumure chaude très pure. Le sel produit dans le recristallisateur peut atteindre une pureté de 99,99 % de NaCl. Il est produit dans l'évaporateur par évaporation éclair et par refroidissement.

Les méthodes courantes de production de sel granulé destiné à la consommation humaine sont le raffinement sous vide et le raffinement à l'air libre.

Sel marin

On peut obtenir du sel de l'eau de mer qui s'écoule le long de zones côtières et de plans d'eau fermés contenant de l'eau saline naturelle et des saumures artificielles. Le sel est produit à l'aide du vent et du soleil qui évaporent l'eau pour laisser des cristaux de sel relativement purs. La production de sel marin est limitée aux régions du monde où les taux d'évaporation sont élevés et les précipitations, faibles.

Évaporation physique

Le sel raffiné sous vide n'est pas extrait de mines, mais il est plutôt produit au moyen d'une technique d'évaporation physique. Bien que l'on puisse utiliser du sel gemme et de la saumure pour fabriquer du sel raffiné sous vide, ce sel destiné à la consommation humaine provient presque entièrement de l'exploitation souterraine des formations de sel par voie de dissolution. Le sel raffiné sous vide est obtenu en séchant la saumure à la chaleur uniquement ou en combinant la chaleur et un milieu sous vide. Le procédé de raffinage sous vide, moins énergivore, utilise des évaporateurs installés en série et reliés à des pompes à vide. Une solution de sel saturée bout à une température plus élevée que l'eau pure. Lorsque le vide est fait, la saumure bout à une faible température et la vapeur surchauffée ainsi obtenue sert de fluide chauffant pour l'évaporateur suivant.

L'évaporateur de sel ou le procédé à l'air libre comprend des bacs rectangulaires munis de serpentins immergés chauffés à la vapeur qui évacuent l'eau de la saumure. Des raclettes rotatives raclent le précipité de sel qui est évacué, selon la méthode employée, dans un bassin ou sur un plan incliné, puis sur des convoyeurs pour le désaumurage et le séchage. Les produits finaux ont en général la forme de paillettes plutôt que de cubes. On utilise de préférence le sel en paillettes dans la préparation du fromage, du beurre et des produits de boulangerie.

Le procédé Alberger constitue une modification de l'évaporateur de sel; il produit du sel de forme cubique avec un peu de sel en paillettes. Les bacs sont circulaires, peu profonds et munis d'appareils de chauffage externes au lieu de serpentins chauffants. Dans les régions très humides, on ne peut utiliser le procédé à l'air libre avec succès, car la vitesse d'évaporation y est trop lente et parce que l'évaporation de la saumure requiert un plus grand apport énergétique.

APPLICATIONS

Selon des sources industrielles, on dénombre environ 14 000 utilisations directes et indirectes du sel.

Outre les différents types de sel, ce produit présente divers types d'emballage et d'application. Le sel destiné à la consommation humaine est emballé dans des contenants de tailles variées destinés à plusieurs usages spécialisés. Le sel de table contient habituellement 0,01 % d'iodure de potassium, soit un additif qui fournit une source d'iode indispensable aux processus d'oxydation du corps. Le sel Kasher, le sel marin, le sel comme condiment et les comprimés de chlorure de sodium sont des variétés particulières de sel.

Le sel utilisé comme adoucisseur d'eau et nourriture pour les animaux est fabriqué, entre autres, en blocs comprimés de 22,7 kg (50 lb). Du soufre, de l'iode, des éléments traces et des vitamines sont parfois ajoutés aux blocs de sel afin de fournir un apport de nutriments non naturellement présents dans l'alimentation de certains bétails. Le sel est également comprimé en pastilles qui servent à adoucir l'eau.

Industrie des produits chimiques

Le principal utilisateur de sel au sein de l'industrie des produits chimiques, qui est une grande utilisatrice de sel, voire la plus grande utilisatrice de saumure, demeure le secteur du chlore et de la soude caustique, qui en fait usage dans la fabrication de chlore, d'hydroxyde de sodium comme coproduit et de carbonate de sodium anhydre synthétique. Le sel est une matière première primaire qui entre dans la fabrication du chlore parce qu'il constitue une source économique d'ions chlore que l'on peut se procurer facilement. Il est également employé comme matière première par les usines de produits chimiques qui fabriquent du chlorate de sodium et du sodium métal, et par d'autres exploitations de produits chimiques en aval. Par exemple, le sel est utilisé comme agent gonflant dans les savons en poudre et les détergents, ainsi qu'à titre de coagulant pour la dispersion colloïdale après saponification, tandis que dans les produits pharmaceutiques, il sert de réactif chimique et d'électrolyte dans des solutions salines.

Déverglaçage et stabilisation des routes

Au Canada, la plus importante utilisation finale du sel concerne le déglaçage des routes, usage qui vient au deuxième rang aux États-Unis. Lorsque le sel est appliqué sur la neige ou la glace, de la saumure fondue se forme sous la surface et empêche l'eau de geler et d'adhérer au revêtement routier, ce qui fait fondre la neige et la glace. Le sel est un déverglaçant économique, efficace et facilement disponible. Cependant, il devient moins efficace lorsque la température chute au-dessous de -6,5 à -9,5 °C (20 à 15 °F). Par basses températures, il faut appliquer plus de sel pour maintenir une plus forte concentration de saumure et obtenir le même niveau de fonte.

On ajoute également du sel pour stabiliser le sol, pour solidifier l'assise des routes et, en particulier, pour stabiliser l'argile, le sable et le gravier utilisés dans la fondation des routes principales et sur la surface des routes secondaires. On se sert généralement du sel le plus fin dans la plupart des programmes de stabilisation des routes. Le sel réduit au minimum les effets de déplacement occasionnés sous la surface par les variations d'humidité et d'intensité du trafic.

Distributeurs

Une quantité énorme de sel est commercialisée par divers distributeurs, dont un certain nombre sont spécialisés dans des marchés tels que les services agricoles et le traitement des eaux, deux secteurs auxquels les sociétés productrices de sel vendent directement leurs produits.

Utilisations industrielles en général

Les utilisations industrielles du sel sont diverses. En ordre décroissant d'importance, mentionnons l'exploration pétrolière et gazière, d'autres applications industrielles, ainsi que la fabrication du textile et de la teinture, le travail du métal, la production des pâtes et papiers, le tannage et le traitement du cuir, de même que la fabrication de caoutchouc.

Dans les exploitations pétrolières et gazières, le sel est une composante importante des boues servant au forage des puits. Il sert à la floculation et à l'accroissement de la densité des boues de forage afin d'éliminer la pression de gaz au fond des trous. Chaque fois qu'une tige de forage heurte une formation salifère, on ajoute du sel à la boue de forage afin de saturer la solution et de réduire le plus possible la dissolution dans la couche de sel. Le sel permet d'accroître le taux de prise du béton.

Dans le secteur du textile et de la teinture, le sel sert de produit de rinçage permettant de séparer les impuretés organiques et de favoriser le « relargage » des précipités des colorants; on le mélange également aux colorants concentrés afin d'obtenir des couleurs normalisées. Un de ses rôles essentiels est de fournir une charge ionique positive qui favorise l'absorption des ions négatifs des colorants.

Dans le traitement du métal, le sel sert à concentrer le minerai d'uranium afin de former un concentré d'oxyde jaune d'uranium, appelé communément gâteau jaune. Il sert aussi à traiter l'aluminium, le béryllium, le cuivre, l'acier et le vanadium.

Dans l'industrie des pâtes et papiers, il sert d'agent de blanchiment pour la pâte de bois. Il entre dans la fabrication du chlorate de sodium, que l'on ajoute à l'acide sulfurique et à l'eau pour fabriquer du dioxyde de chlore,

qui constitue un excellent agent de blanchiment chimique à base d'oxygène.

Dans le tannage et le traitement du cuir, le sel est ajouté aux peaux d'animaux afin de prévenir toute activité microbienne sur le revers des peaux et pour humidifier ces dernières.

Les fabricants de caoutchouc utilisent le sel pour produire du butadiène-styrène, du néoprène et des caoutchoucs du type « blanc ». La saumure et l'acide sulfurique servent à coaguler et à émulsionner le latex fabriqué à partir du butadiène chloré.

Industrie agricole

Les animaux sauvages satisfont leurs besoins de sel en repérant les sources d'eau salée et en léchant des formations naturelles de sel ou des croûtes de sel déposées sur les sebkha. Le bétail des pâturages et des fermes a besoin de rations de sel supplémentaires afin de bénéficier d'une alimentation équilibrée. Les vétérinaires préconisent l'ajout de sel en vrac dans les mélanges commerciaux ou sous forme de blocs vendus aux agriculteurs et aux éleveurs, car le sel est un excellent porteur d'éléments traces absents du fourrage consommé par le bétail au pâturage. Le sélénium, le soufre et d'autres éléments essentiels sont couramment ajoutés aux blocs à lécher ou aux blocs de sel servis en libre choix.

Transformation des aliments

Chaque être humain consomme des aliments qui contiennent une certaine quantité de sel. Les industries transformatrices de produits alimentaires et les consommateurs ajoutent du sel dans les aliments à titre d'exhausteur de goût, d'agent de conservation, de liant, de régulateur de fermentation, de contrôleur de texture et de révélateur chromogène. Cette importante catégorie, grosse utilisatrice de sel, est répartie comme suit par ordre décroissant d'utilisation : usines de transformation des aliments, usines de transformation de la viande, entreprises de conserves, boulangeries et pâtisseries, industrie laitière et moulins à grain.

Dans les usines de transformation de la viande, on ajoute du sel aux viandes transformées afin de favoriser le développement de la couleur dans le bacon, le jambon et d'autres viandes transformées. En sa qualité d'agent de conservation, le sel prévient la croissance de bactéries, qui dégraderaient la qualité des produits. Le sel sert aussi de liant dans les saucisses afin de former une sorte de gélatine composée de viande, de matière grasse et d'humidité. Il est également un exhausteur du goût et un attendrisseur.

Dans l'industrie laitière, le sel est utilisé comme agent de régulation de la fermentation, de la couleur et de la texture du fromage. Le sous-secteur de l'industrie laitière

comprend des entreprises qui fabriquent le beurre, le fromage naturel et fondu, le lait condensé et évaporé, la crème glacée, les desserts congelés et les produits laitiers spéciaux.

Dans les entreprises de conserves, on ajoute le sel plutôt comme exhausteur du goût et agent de conservation. On l'utilise également comme déshydratant, attendrisseur, inhibiteur d'enzyme et porteur d'autres ingrédients.

Dans les boulangeries et les pâtisseries, le sel sert de régulateur de la vitesse de fermentation dans la pâte à pain. Il sert également à renforcer le gluten (produit d'addition composé de protéine élastique et d'eau dans certaines pâtes) et comme exhausteur du goût, notamment dans le nappage des pâtisseries.

Les aliments transformés contiennent également des produits provenant des moulins à grains, comme la farine et le riz moulu, ainsi que les céréales de petit déjeuner et les farines mélangées ou préparées.

Dans la catégorie « autre transformation des aliments », le sel constitue principalement un assaisonnement. Diverses autres usines de transformation des aliments fabriquent, entre autres, des aliments pour la consommation humaine (comme les croustilles et les bretzels) et pour les animaux domestiques (comme la nourriture pour chats et chiens).

Traitement de l'eau

Dans de nombreuses régions, l'eau est dure, car elle contient des quantités importantes d'ions calcium et magnésium qui entraînent l'entartrage des appareils ménagers et du matériel industriel. On utilise du sel dans les adoucisseurs d'eau commerciaux et résidentiels pour éliminer les ions qui contribuent à la dureté de l'eau. Les ions sodium fixés sur un lit de résine sont remplacés par des ions calcium et magnésium. Il faut régénérer périodiquement les adoucisseurs lorsqu'ils ne contiennent plus d'ions sodium. Le sel est ajouté et dissous, et la saumure permet de remplacer les ions sodium perdus.

PRIX

Le prix de vente du sel est déterminé par des facteurs de production, de traitement et d'emballage qui lui sont propres. Il varie selon le type de sel, le lieu de production, la forme du produit et le mode de vente. En général, le prix du sel en vrac est inférieur à celui du sel emballé ou comprimé en pastilles ou en blocs. Le sel sous forme de saumure est le moins coûteux à produire, parce que son extraction et son traitement sont moins onéreux. Le sel raffiné sous vide est plus pur, mais son coût de production est le plus élevé, car son traitement nécessite davantage d'énergie.

Aucune donnée sur les prix n'est fournie par l'industrie canadienne du sel. Les exemples suivants proviennent d'autres sources. Dans le numéro de juillet 2005 de la revue *Industrial Minerals*, on rapporte que le prix du sel varie entre 20 et 30 £ ou entre 50,09 et 75,14 \$CAN (prix moyen de 15 à 20 t.c. de sel gemme broyé, livrées au Royaume-Uni). À titre de comparaison, la Geological Survey des États-Unis indique qu'en 2002, les prix moyens du sel (valeur nette des ventes franco à bord à l'usine exprimées en dollars américains la tonne, hormis les coûts d'affrètement) sur les marchés nord-américains étaient les suivants : en vrac (sel raffiné sous vide ou à l'air libre, 58,12 \$, sel gemme, 20,10 \$, et saumure, 5,89 \$), comprimé en pastilles (sel raffiné sous vide ou à l'air libre, 134,61 \$, sel gemme, non disponible, et saumure, non disponible), emballé (sel raffiné sous vide ou à l'air libre, 135,39 \$, sel gemme, 70,62 \$, et saumure, non disponible) et comprimé en blocs (sel raffiné sous vide ou à l'air libre, 107,18 \$, sel gemme, 101,81 \$, et saumure, non disponible).

Les producteurs au Canada comme à l'étranger sont très conscients des répercussions de la mondialisation sur les prix. Une légère fluctuation des prix d'une année à l'autre peut entraîner la perte d'un contrat aux mains d'un concurrent étranger.

SANTÉ ET ENVIRONNEMENT

Préoccupations relatives à la santé

Au Canada, le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) constitue la norme en matière de communication des renseignements sur les dangers (voir le site du SIMDUT au [www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/occup-travail/whmis-simdut/index_f.html/].) Le SIMDUT est mis en oeuvre par le biais des lois fédérales, provinciales et territoriales concernant les milieux de travail.

L'être humain contient environ 113 g de sel et ne doit pas en manquer, faute de quoi ses muscles refuseront de se contracter, son sang de circuler, son système digestif de fonctionner et son coeur de battre. Une consommation raisonnable de sel est par conséquent bénéfique pour la santé. Bien que les quantités de sel consommées varient en moyenne, d'un pays à l'autre, un adulte devrait en consommer 6 g par jour au maximum et un enfant, 4 g par jour au plus. Toutefois, la diète d'un être humain en comprend au moins 9 gm par jour en moyenne. Par ailleurs, la consommation de sodium alimentaire est mesurée en milligrammes et la forme la plus répandue de sodium est le sel de table, qui est composé à 40 % de sodium. Ainsi, une cuillerée à thé de sel contient 2300 mg de sodium.

Comme il a été mentionné précédemment, dans la section sur la transformation des aliments, le sel est utilisé à diverses fins. Les étiquettes d'emballage n'indiquent que la quantité de sodium présent dans les aliments et cet élément ne représente qu'une certaine proportion de la teneur totale en sel, le sel étant composé de sodium, mais aussi de chlorure. La teneur en sodium des aliments est exprimée par une quantité de sodium par tranche de 100 g. Il faut donc multiplier cette quantité par 2,5 pour connaître la teneur en sel totale d'un aliment par tranche de 100 g. Autrement dit, 1 g de sodium équivaut à 2,5 g de sel. Les organismes pour la santé et la prévention des maladies du coeur recommandent de réduire notre consommation quotidienne de sel à moins de 5 g ou à approximativement une cuillerée à thé, ce qui représente environ 2 g de sodium. À poids égal, il est donc tout simplement préférable de ne pas consommer régulièrement des aliments qui contiennent plus de 0,2 g de sodium par tranche de 100 g et de privilégier ceux qui en renferment moins de 0,1 g par tranche de 100 g.

Préoccupations environnementales

Les effets environnementaux de l'épandage de sel sont tributaires d'une variété de facteurs, notamment les conditions météorologiques, les caractéristiques des routes, la densité de la circulation, les méthodes d'entretien en hiver et la topographie locale. L'épandage peut avoir des incidences négatives sur la croissance des plantes et sur le rendement des cultures à proximité des routes. Il peut également entraîner l'élévation de la salinité des cours d'eau superficiels et souterrains. Le coût modique du sel en fait l'agent de déglacement le plus utilisé. On tente toujours d'optimiser l'épandage et de concevoir de meilleurs mélanges abrasifs. Pendant de nombreuses années, les organismes provinciaux, territoriaux et régionaux chargés de l'entretien des routes ont tenté d'optimiser l'utilisation et le choix des méthodes de déglacement et de déneigement. Les considérations relatives au coût, à la fiabilité opérationnelle, à la sécurité du grand public et à la protection de l'environnement ont toutes permis de perfectionner les méthodes existantes, d'accroître la sécurité sur les routes et d'améliorer la conduite sur celles-ci. Les organismes continuent d'évaluer ces facteurs.

Bien que les experts de la Commission consultative pour la deuxième liste des substances d'intérêt prioritaire du ministre de l'Environnement reconnaissent les avantages des agents de déglacement, ils ont recommandé que leurs répercussions environnementales soient évaluées mais que les mesures prises pour protéger l'environnement ne compromettent en aucun cas la sécurité du grand public. Environnement Canada a publié un rapport qui porte sur l'évaluation des produits apparaissant sur les listes des substances d'intérêt prioritaire dans le cadre de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE de 1999) et, plus particulièrement, sur les sels de voirie. Dans l'ensemble, Environnement Canada conclut dans ce

rapport que « À la lumière des données disponibles, [...] il est proposé que les sels de voirie qui contiennent des sels inorganiques de chlorure avec ou sans ferrocyanure soient considérés comme effectivement ou potentiellement « toxiques selon la LCPE » au sens des alinéas 64a) et 64b) de la LCPE de 1999. ».

Un groupe de travail composé de représentants des ministères gouvernementaux, de l'industrie et d'organismes environnementaux s'est rencontré à trois reprises en 2002 pour discuter des meilleures pratiques à adopter dans les applications, l'entreposage et l'élimination des sels de voirie et pour élaborer des lignes directrices en vertu de la LCPE de 1999. En avril 2004, Environnement Canada a publié un *Code de pratique pour la gestion environnementale des sels de voirie*. Ce code s'applique à tout organisme utilisant plus de 500 t/a de sels de voirie. Ces organismes doivent produire et mettre en oeuvre un plan de gestion du sel contenant des pratiques exemplaires de gestion afin de protéger l'environnement des effets négatifs des sels de voirie. Environnement Canada examinera l'efficacité du code après cinq ans d'application et décidera alors s'il faut prendre d'autres mesures de protection de l'environnement. L'industrie du sel espère que le Code démontrera son efficacité et qu'Environnement Canada ne recommandera pas d'ajouter les sels de voirie à la liste des substances toxiques du Canada.

Remarques : (1) Pour les définitions et l'évaluation de la production, des expéditions et du commerce des minéraux, veuillez consulter le chapitre 64. (2) Les présentes données sont les plus récentes au 29 avril 2005. (3) Ce chapitre ainsi que d'autres chapitres, y compris les éditions d'années précédentes, sont disponibles sur Internet au www.rncan.gc.ca/smm/cmy/com_f.html.

NOTE À L'INTENTION DU LECTEUR

Le présent document a pour but de donner de l'information générale et de susciter la discussion. Il ne devrait pas servir d'ouvrage de référence ou de guide dans le cadre d'activités commerciales ou d'investissements. Les renseignements que l'on y trouve ne sauraient être considérés comme des propositions. L'auteur et Ressources naturelles Canada ne donnent aucune garantie quant à son contenu et n'assument aucune responsabilité, qu'elle soit accessoire, consécutive, financière ou d'une autre nature, pour les actes découlant de son utilisation.

TARIFS DOUANIERS

N° tarifaire	Description	Canada			États-Unis
		NPF	TPG	États-Unis	Canada
2501.00	Sel (y compris le sel préparé pour la table et le sel dénaturé) et chlorure de sodium pur, même en solution aqueuse ou additionnés d'agents anti agglomérants ou d'agents assurant une bonne fluidité; eau de mer				
2501.00.10	Sel de table fabriqué en le mélangeant avec d'autres ingrédients lorsqu'il contient 90 % ou plus de chlorure de sodium pur	2,5 %	en franchise	en franchise	en franchise
2501.00.90	Autres	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise

Sources : *Tarif des douanes* canadien, en vigueur en janvier 2005; Agence des services frontaliers du Canada; *Harmonized Tariff Schedule of the United States*, 2005.

NPF : nation la plus favorisée; TPG : tarif de préférence général.

TABLEAU 1. CANADA : EXPÉDITIONS ET COMMERCE DE SEL, DE 2002 À 2004

N° tarifaire	2002		2003		2004 (dpr)	
	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)
EXPÉDITIONS						
Par catégorie						
Sel raffiné sous vide ou à l'air libre	10 581 246	319 078	11 739 364	317 302	12 049 387	328 829
Sel gemme extrait des mines	870 370	89 229	905 096	93 790	912 056	92 491
Teneur en sel des saumures utilisées ou expédiées	1 284 861	10 947	1 073 362	9 465	1 163 242	10 197
Total	12 736 477	419 254	13 717 822	420 557	14 124 685	431 517
Par province						
Nouvelle-Écosse	x	x	x	x	x	x
Nouveau-Brunswick	x	x	x	x	x	x
Québec	x	x	x	x	x	x
Ontario	7 630 364	262 429	8 697 031	253 479	8 646 411	258 401
Manitoba	x	x	x	x	x	x
Saskatchewan	914 558	39 642	1 159 976	48 180	1 283 242	47 559
Alberta	1 323 683	20 207	1 088 959	19 063	1 196 581	22 064
Total	12 736 477	419 254	13 717 822	420 557	14 124 685	431 517
EXPORTATIONS (1)						
2501.00	Sel (y compris le sel préparé pour la table et le sel dénaturé) et chlorure de sodium pur, même en solution aqueuse ou additionnés d'agents anti agglomérants ou d'agents assurant une bonne fluidité; eau de mer					
États-Unis	3 663 957	96 197	4 186 836	124 649	4 242 994	83 101
Barbade	23 036	46	1 497	112	1 037	131
France	583	59	229	30	989	127
Saint-Pierre-et-Miquelon	365	30	813	100	524	71
Saint-Kitts-et-Nevis	250	20	1 027	16	253	27
Corée du Sud	200	5	970	20	892	22
Sénégal	—	—	282	6	202	13
Costa Rica	233	91	306	108	37	6
Jamaïque	60	17	—	—	41	6
Espagne	24	4	1 183	23	22	3
Antigua-et-Barbuda	—	—	22	2	21	3
Taiwan	—	—	—	—	200	3
Trinité-et-Tobago	21	2	69	10	21	2
Groenland	—	—	—	—	80	2
Bermudes	—	—	—	—	2	1
Royaume-Uni	1	...	21	3	9	1
République unie de Tanzanie	—	—	—	—	1	...
Suriname	—	—	—	—	1	...
Malte	—	—	—	—	1	...
Brésil	—	—	—	—	n.d.	...
Allemagne	14	2	126	11	1	...
Terres australes françaises	—	—	—	—	1	...
Panama	—	—	4	...	1	...
Israël	1	...	2	...	1	...
Colombie	—	—	2	...	2	...
Grèce	—	—	43	7	1	...
Guatemala	—	—	2	...	2	...
Uruguay	—	—	—	—	n.d.	...
Antilles néerlandaises	2	...	—	—	n.d.	...
Anguilla	—	—	—	—	n.d.	...
Argentine	—	—	—	—	n.d.	...
Haïti	—	—	—	—	1	...
Nouvelle-Zélande	—	—	—	—	2	...
Koweït	—	—	..	...	—	—
Macao	—	—	5	1	—	—
Malaisie	—	—	542	37	—	—
Irlande	—	—	35	5	—	—
Pologne	—	—	12	...	—	—
Portugal	—	—	1	...	—	—

TABLEAU 1. (suite)

N° tarifaire	2002		2003		2004 (dpr)		
	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)	
EXPORTATIONS (suite)							
2501.00 (suite)							
Arabie saoudite	—	—	3	...	—	—	
Honduras	—	—	2 476	137	—	—	
Vietnam	—	—	3	4	—	—	
Chili	—	—	6	...	—	—	
Afrique du Sud	17	3	69	11	—	—	
Sainte-Lucie	200	4	99	10	—	—	
Japon	6	...	12	...	—	—	
Hong Kong	364	90	10	7	—	—	
République dominicaine	213	42	1	...	—	—	
Suisse	—	—	24	4	—	—	
Cuba	60	1	6	2	—	—	
Chine	192	4	—	—	—	—	
Total	3 689 799	96 617	4 196 738	125 315	4 247 339	83 519	
Exportations totales	3 689 799	96 617	4 196 738	125 315	4 247 339	83 519	
IMPORTATIONS (1)							
2501.00	Sel						
États-Unis		641 655	32 380	615 985	32 160	1 622 230	40 228
Mexique		436 173	8 294	235 498	4 969	405 913	6 321
France		8 286	899	12 219	1 204	27 634	1 327
Bahamas		25 432	664	5 250	165	22 467	584
Irlande		4 829	349	3 939	437	4 299	394
Israël		700	91	1 208	146	1 636	208
Grèce		1 233	156	2 031	218	1 382	201
Chine		2 754	242	482	46	16 198	199
Corée du Sud		1 248	124	1 031	131	1 403	174
Allemagne		927	67	2 832	179	5 925	163
Belgique		191	27	1 338	175	12 503	132
Italie		610	54	567	70	2 218	112
Portugal		746	74	583	75	2 130	98
Royaume-Uni		617	57	731	79	2 245	95
Autriche		758	97	912	57	10 639	91
Pakistan		176	11	425	31	1 064	84
Inde		661	25	472	46	772	63
Afrique du Sud		204	25	842	90	293	45
Australie		10	1	30	3	232	41
Nouvelle-Zélande		212	13	87	13	246	40
Brésil		254	29	1 006	104	300	31
Canada		324	19	3	...	368	22
Espagne		124	26	321	31	16	21
Japon		1 364	118	622	69	171	17
Niger		—	—	—	—	7	15
Pays-Bas		232	41	284	44	77	13
Slovénie		19	9	23	11	26	10
Madagascar		—	—	—	—	168	8
Groenland		—	—	—	—	292	8
Hong Kong		39	5	58	5	485	7
Taiwan		54	7	23	4	388	7
Jordanie		1	...	40	3	12	5
Singapour		—	—	—	—	60	4
Thaïlande		8	1	30	4	3	3
Suisse		254	20	363	46	2 878	3
Népal		—	—	181	2	119	3
Pologne		105	9	96	7	71	2
Turquie		1	...	27	2	2	1
Islande		—	—	—	—	n.d.	1
Croatie		—	—	6	1	3	1
Papouasie-Nouvelle-Guinée		—	—	—	—	1	1
Indonésie		11	1	—	—	150	1
Serbie-Monténégro		3	1	—	—	1	1
Argentine		—	—	...	...	1	1
Trinité-et-Tobago		—	—	—	—	...	...
Salvador		—	—	—	—	1	...

TABLEAU 1. (suite)

N° tarifaire	2002		2003		2004 (dpr)	
	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)
IMPORTATIONS (suite)						
2501.00 (suite)						
Ghana	–	–	–	–	n.d.	...
Jamaïque	–	–	–	–	1	...
Vietnam	2	...	2	...	3	1
Chili	246 152	7 333	76 267	2 514	1	...
République tchèque	4	...	3	...	n.d.	...
Macao	–	–	–	–	...	...
Guatemala	–	–	...	...	3	...
Sri Lanka	6	1	55	3	2	...
Cuba	–	–	–	–	3	...
Finlande	3	...	7	1	n.d.	...
Paraguay	–	–	–	–	1	...
Philippines	–	–	–	–	...	...
Bahreïn	–	–	1	...	–	–
Bosnie-Herzégovine	–	–	2	...	–	–
îles Vierges britanniques	–	–	5 500	150	–	–
Bulgarie	–	–	89	16	–	–
Iran	19	2	–	–	–	–
Suède	57	2	4	...	–	–
Haïti	–	–	1	...	–	–
Liban	–	–	7	2	–	–
Malaisie	–	–	2	...	–	–
Roumanie	4	1	–	–	–	–
Panama	3	1	–	–	–	–
Norvège	16	2	53	6	–	–
Nigéria	1	...	–	–	–	–
Maroc	2	...	–	–	–	–
Kenya	1	...	–	–	–	–
Égypte	3	...	1	...	–	–
Danemark	54	6	46	5	–	–
Barbada	2	...	–	–	–	–
Russie	4	...	5	1	–	–
Total	1 376 548	51 284	971 590	43 325	2 147 043	50 787
Importations totales	1 376 548	51 284	971 590	43 325	2 147 043	50 787
Par province de destination						
Terre-Neuve-et-Labrador	92 336	1 877	25 624	662	15 467	485
Île-du-Prince-Édouard	–	–	–	–	–	–
Nouvelle-Écosse	7 041	124	5 603	161	7 002	103
Nouveau-Brunswick	3 016	290	904	95	323	14
Québec	269 084	9 051	90 785	5 129	88 179	3 489
Ontario	465 421	25 108	546 478	27 939	1 482 498	34 637
Manitoba	10 052	803	5 523	638	5 688	628
Saskatchewan	1 987	444	2 527	327	4 634	310
Alberta	7 905	748	12 439	923	11 489	1 193
Colombie-Britannique	519 709	12 842	281 705	7 450	531 763	9 923
Yukon	–	–	–	–	–	–
Territoires du Nord-Ouest	–	–	–	–	–	–
Nunavut	–	–	–	–	–	–
Total	1 376 550	51 287	971 589	43 324	2 147 043	50 783

Sources : Ressources naturelles Canada; Statistique Canada.

– : néant; . . . : quantité minimale; (dpr) : données provisoires; (k\$) : millier de dollars; n.d. : non disponible; x : confidentiel.

(1) Comprend le sel de table, le chlorure de sodium pur et le sel marin.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.

TABLEAU 2. CANADA : EXPÉDITIONS ET COMMERCE DE SEL, DE 1988 À 2004

Année	Expéditions des producteurs			Total	Importations	Exportations
	Sel gemme extrait de mines	Sel raffiné sous vide ou à l'air libre	Sel de saumure et sel récupéré par les usines de produits chimiques			
(tonnes)						
1988	7 126 762	783 368	2 777 050	10 687 180	1 202 220	3 030 124
1989	7 548 732	821 284	2 788 395	11 158 411	2 360 433	2 137 321
1990	7 704 499	778 428	2 708 458	11 191 385	2 095 324	1 897 816
1991	8 615 755	799 563	2 455 541	11 870 859	1 202 879	2 783 021
1992	7 912 989	770 370	2 404 667	11 088 026	1 041 424	2 650 921
1993	8 073 435	817 859	2 101 711	10 993 005	1 051 029	3 079 298
1994	9 446 002	822 181	1 975 704	12 243 887	940 130	3 638 674
1995	8 077 661	850 676	2 029 047	10 957 384	1 294 994	2 986 802
1996	9 499 189	853 858	1 895 430	12 248 477	1 137 603	3 816 788
1997	10 923 966	863 112	1 709 778	13 496 856	1 262 836	3 634 009
1998	10 517 641	834 944	1 681 710	13 034 295	977 943	4 177 880
1999	10 004 167	823 983	1 857 745	12 685 895	1 375 143	3 808 093
2000	9 458 260	827 630	1 878 179	12 164 069	1 141 063	3 475 755
2001	11 528 499	844 719	1 351 761	13 724 979	1 644 424	4 616 739
2002	10 581 246	870 370	1 284 861	12 736 477	1 376 550	3 689 799
2003	11 739 364	905 096	1 073 362	13 717 822	971 589	4 196 738
2004 (dpr)	12 049 387	912 056	1 163 242	14 124 685	2 147 043	4 247 339

Sources : Ressources naturelles Canada; Statistique Canada.
(dpr) : données provisoires.

TABLEAU 3. PRODUCTION MONDIALE DE SEL, DE 1996 À 2003

Pays	1996	1997	1998	1999	2000 (r)	2001 (r)	2002	2003 (e)
(milliers de tonnes)								
États-Unis (1)	42 300	41 500	41 300	45 000	45 600	44 800	40 300	43 655
Chine	29 035	30 830	22 420	28 124	31 280	34 105	32 835	32 424
Allemagne	15 907	15 787	15 700	15 700	15 700	15 700	15 700	15 700
Inde	14 466	14 251	11 964	14 453	14 453	14 503	14 503	15 003
Canada (2)	12 248	13 264	13 296	12 686	12 164	13 725	12 736	13 350
Australie	7 905	8 801	(r) 9 033	(r) 9 888	8 778	9 536	9 887	9 800
Mexique	8 508	7 933	8 412	8 236	8 884	8 501	8 500	8 000
France	7 860	7 085	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000
Brésil	5 384	6 516	6 837	5 958	6 074	5 578	5 600	6 100
Royaume-Uni	6 610	6 600	6 600	5 800	5 800	5 800	5 800	5 800
Pologne	4 163	3 859	4 005	4 212	4 307	4 200	4 200	1 500
Italie	3 541	3 510	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600
Espagne	4 000	4 000	3 500	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200
Russie	2 100	2 100	2 200	3 200	3 200	2 800	2 800	2 800
Ukraine	2 800	2 500	2 500	2 185	2 287	2 300	2 300	2 300
Autres pays	37 173	38 464	41 787	(r) 40 753	39 673	41 652	41 039	39 768
Total	204 000	207 000	200 000	(r) 207 000	209 000	214 000	208 000	210 000

Sources : Ressources naturelles Canada; Geological Survey des États-Unis.
(e) : estimation; (r) : révisé.

1) Puerto Rico ne fait pas partie des États-Unis. (2) La Geological Survey des États-Unis a fourni toutes les données, à l'exception de celles se rapportant au Canada. Ces dernières proviennent de Ressources naturelles Canada.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.

TABLEAU 4. PRODUCTEURS CANADIENS DE SEL, EN 2004

Société	Emplacement/production initiale	Capacité (1)	Observations
		(t/a)	
ERCO Worldwide	exploitation Haegrave, au Manitoba/ en 2002	65	Extraction par dissolution (voie de solution) pour la production de chlorate de sodium.
	à Bruderheim (Alb.)/en 1991	129	Extraction par dissolution pour la production de chlorate de sodium. (Saumure)
Nexen Chemicals Canada Limited Partnership	à Bruderheim (Alb.)/en 1991	100	Extraction par dissolution pour la production de chlorate de sodium. (Saumure)
La Société canadienne de Sel, Limitée	à Pugwash (N.-É.)/en 1959		Sel gemme
	à Pugwash (N.-É.)/en 1963	7 800	Raffinerie comportant un bassin sous vide à effet quadruple qui reçoit de la saumure saturée et la transforme par évaporation en cristaux de sels d'une grande pureté. (Sel gemme)
	Mines Seleine, dans les Îles-de-la-Madeleine (QC)/en 1982	4 800	Sel gemme
	à Ojibway (Ont.)/en 1955	10 300	Sel réparti entre diverses catégories et préparé pour la distribution sur les marchés. (Sel gemme)
	à Windsor (Ont.)/en 1892	710	Sel raffiné.
	à Belle-Plaine (Sask.)/en 1969	650	L'usine récupère le produit à partir des saumures de chlorure de sodium qui sont dérivées des solutions provenant de la mine de potasse avoisinante exploitée par IMC Potash Belle Plaine. (Sel raffiné)
	à Lindbergh (Alb.)/en 1968	400	Production de sel grossier et de sel fin. (Sel raffiné)
Dow Chemical Canada Inc.	à Fort Saskatchewan (Alb.)/en 1967	3 500	Extraction par dissolution pour la production de soude caustique et de chlore. (Sel gemme)
The Mosaic Company (fusion de IMC Global Inc. et de Cargill Crop Nutrition)	mines K1 et K2, à Esterhazy (Sask.)/en 1962	180	Production de sel gemme obtenu comme sous-produit de l'extraction à la mine de potasse. (Sel à grain normal, à grain grossier et granulaire).
NSC Minerals Inc.	à Rocanville (Sask.)/en 1990	200	Fabrication de produits à grains grossiers et à grains fins. (Sel gemme)
	à Vanscoy (Sask.)/en 1988	300	Production de produits à grains grossiers et à grains fins. (Sel gemme)
Potash Corporation of Saskatchewan Inc., Division New Brunswick	à Sussex (N.B.)/en 1983	700	Trois catégories de sel digestif (KCl) sont produites à partir d'un circuit de flottation et d'un cristalliseur. (Sel)
Sterling Pulp Chemicals (Sask) Ltd.	à Saskatoon (Sask.)/en 1979	130	L'usine produit principalement des pâtes et des produits chimiques servant à traiter les eaux. Extraction par dissolution pour la production de soude caustique, de chlore et de chlorate de sodium.
Sifto Canada Inc.	à Amherst (N.-É.)/en 1947	310	Extraction par dissolution pour évaporation sous vide. (Sel raffiné)
	à Goderich (Ont.)/en 1959	26 000	Extraction de sel gemme.
	à Goderich (Ont.)/en 1872	500	Extraction par dissolution pour évaporation sous vide. (Sel raffiné)
	à Unity (Sask.)/en 1949	408	Extraction par dissolution pour évaporation sous vide. (Sel raffiné)
Exploitation de sel Esterhazy	Kayway Salt (Sask.)/en 2004	1 320	Sel gemme

Source : Ressources naturelles Canada, d'après les relevés des sociétés

(1) Il s'agit de la capacité de l'installation d'extraction des saumures ou de l'usine de production de sel raffiné.