

## VANADIUM

par Louis Perron, (613) 992-4828

### Résumé

**L**e pentoxyde de vanadium ( $V_2O_5$ ) est extrait de minerais naturels, de laitiers vanadifères et de résidus de pétrole renfermant du vanadium. À l'heure actuelle, le Canada ne produit pas de  $V_2O_5$ , un matériau utilisé pour la production industrielle d'alliages mères au vanadium et d'autres produits à base de vanadium. Le ferrovanadium, un alliage mère utilisé dans les aciers, est produit au Canada par Masterloy Products Limited à partir de  $V_2O_5$  importé. La consommation de ferrovanadium au Canada en 1993, dernière année pour laquelle on dispose de données, était de 618 t de vanadium contenu, soit 22 % de plus qu'en 1992.

On estime que la production mondiale totale de vanadium en 1994, environ 44 000 t de métal contenu, représente une baisse de 5,6 % par rapport à 1993. Par contre, la consommation mondiale de vanadium en 1994 aurait augmenté de 15,4 %. Les prix du pentoxyde de vanadium et des produits intermédiaires ont graduellement augmenté en 1994 en raison de l'affermissement de la demande de la part de l'industrie de l'acier, des baisses de l'approvisionnement en provenance de Russie et de Chine, et de l'accroissement des coûts de production.

On s'attend à ce que le marché reste serré à court terme, ce qui entraînera d'autres augmentations de prix pendant le premier semestre de 1995. Les prix devraient ensuite se stabiliser au niveau le plus élevé à mesure qu'une production plus grande sera réalisée. On prévoit que la consommation augmentera à court terme en raison d'un accroissement de la demande de la part des industries de l'acier dans les pays qui, comme le Japon, sortent d'une longue récession.

### Utilisations

Dans l'industrie, le vanadium est utilisé principalement pour l'élaboration d'aciers à haute résistance faiblement alliés et d'aciers destinés à la fabrication d'outils et de matrices. Ce secteur représente 85 % de la consommation. L'élaboration d'alliages de titane et d'aluminium destinés à l'industrie aérospatiale représente 10 % de la consommation, et l'industrie chimique, environ 5 %.

Le vanadium est utilisé dans l'industrie de l'acier en raison de ses propriétés particulières : c'est un agent actif d'affinage du grain, un désoxydant puissant, et il confère aux aciers la tenue mécanique, la dureté et la résistance à l'usure.

Le vanadium est ajouté à l'acier surtout sous forme de ferrovanadium qui est produit principalement par

un procédé aluminothermique ou dans un four électrique. Dans le procédé aluminothermique, on charge un mélange de pentoxyde de vanadium, d'aluminium, de ferrailles et de fondant dans un creuset ouvert en acier revêtu d'un matériau réfractaire. Pour déclencher la réaction, on utilise un détonateur constitué de pentoxyde de baryum mélangé avec de la poudre d'aluminium ou de magnésium pour enflammer la charge. Avec un four électrique, moins d'aluminium est requis et la perte de vanadium dans le laitier est moins importante, mais le procédé consomme plus d'énergie.

Dans l'industrie de l'acier, les aciers à haute résistance faiblement alliés ont progressivement remplacé les aciers au carbone dans nombre d'applications où une plus grande résistance intrinsèque de l'acier permet de réduire le poids de l'acier. On peut ainsi compenser le coût par unité de poids légèrement plus élevé des aciers à haute résistance faiblement alliés. La réduction du poids présente d'autres avantages : les frais de transport sont moins élevés et la soudabilité de l'acier est meilleure. Les aciers à haute résistance faiblement alliés sont utilisés principalement dans la fabrication de pipelines, de ronds pour béton armé, de profilés de construction, d'aciers à outil et de pièces d'automobile. Dans ces applications, le niobium et le vanadium sont la plupart du temps interchangeable.

Le vanadium est utilisé dans l'industrie des superalliages, principalement pour la fabrication de réacteurs d'avions et de pales de turbines, pour lesquels la résistance à des températures élevées est essentielle.

Dans le secteur des métaux non ferreux, le vanadium est surtout utilisé comme stabilisateur dans les alliages de titane et d'aluminium utilisés dans l'industrie aérospatiale. Dans ce domaine, il n'existe presque aucun matériau qui puisse remplacer le vanadium comme élément de renforcement.

Dans l'industrie chimique, les composés de vanadium sont utilisés dans les catalyseurs d'oxydation servant à la préparation de l'acide sulfurique et au craquage des produits pétroliers. Le vanadium est également employé comme pigment dans le verre et la céramique, dans les aimants permanents, dans les siccatifs utilisés dans les peintures et les vernis, dans le développement des films en couleurs, dans les petites piles rechargeables et dans les catalyseurs utilisés pour réduire la nocivité des gaz d'échappement des moteurs diesels. Il est utilisé aussi pour renforcer les alliages d'aluminium.

### Faits nouveaux au Canada

Les indices de vanadium sont répandus à la grandeur du Canada. Le type le plus courant consiste en du vanadium contenu dans de la magnétite titanifère. La teneur des meilleurs gisements, 0,6 %, est comparable aux teneurs de certains gisements actuellement exploités dans d'autres pays, mais elle équivaut à

seulement un tiers environ de la teneur des gisements exploités en République d'Afrique du Sud.

Le vanadium a été produit pour la dernière fois au Canada en 1990-1991 par Carbovan Inc., qui récupérait le matériau des cendres volantes produites à la raffinerie de pétrole de la Suncor Inc. à Fort McMurray (Sask.). Le vanadium produit initialement consistait en gâteau rouge,  $HVO_3$ , un produit intermédiaire à plus forte teneur, mais il était prévu de produire plus tard du pentoxyde de vanadium. L'usine a fermé en raison de la baisse des prix.

L'unique entreprise canadienne qui produit du ferrovanadium, Masterloy Products Ltd. (Masterloy), une filiale à part entière de la société américaine Applied Industrial Materials Corp. (Aimcor), produit du ferrovanadium titrant 80 % de V. Le Canada importe tout le pentoxyde de vanadium dont il a besoin. En 1994, la matière première venait principalement d'Afrique du Sud et des États-Unis.

L'usine de Masterloy à Ottawa (Ont.), qui utilise le procédé aluminothermique, a une capacité de production combinée de ferrovanadium et de ferromolybdène de plus de 1500 t/a. Elle fournit la majeure partie du ferrovanadium consommé au Canada, le reste étant importé principalement des États-Unis et de Russie. Jusqu'à 50 % de la production de ferrovanadium de l'entreprise est exportée vers les États-Unis.

Les sociétés suivantes constituent les principaux consommateurs canadiens de ferrovanadium : Sydney Steel Corporation, Sidbec-Dosco Inc., Atlas Specialty Steels, Stelco Inc. et Stelco McMaster Ltée., Les Forges de Sorel Inc., Slater Steels Industries Ltd., Les Aciers Algoma Inc., Co-steel LASCO, Manitoba Rolling Mills, Ipsco Inc., et Atlas Steel Ltd.

Depuis l'annonce de Aimcor, en septembre 1993, concernant son intention de vendre son usine de ferrovanadium d'Ottawa ainsi que son usine de ferrosilicium de Bridgeport (Alabama), des acheteurs potentiels se sont manifestés, mais aucune offre n'a encore été retenue.

Les sources futures possibles de pentoxyde de vanadium au Canada comprennent une récente découverte minérale riche en vanadium par le consortium formé par les entreprises Gossan Resources Ltd. (51 %) et Cross Lake Explorations Inc. (49 %). Situé à environ 600 km au nord de Winnipeg (Man.), le gisement Pipestone Lake renferme des zones riches en magnétite titanifère contenues dans un complexe d'anorthosite. Quatre zones ont été découvertes jusqu'à maintenant; la zone centrale principale et la zone sud étant celles qui présentent les meilleures perspectives pour le vanadium.

Les résultats d'un programme de sondage au diamant réalisé en 1994 a permis de délimiter, dans la zone centrale principale, des ressources présumées de

21,5 Mt titrant 42,7 % de  $Fe_2O_3$ , 8,72 % de  $TiO_2$  et 0,58 % de  $V_2O_5$ , jusqu'à une profondeur de 330 m. Des essais pyrométallurgiques ont montré que l'on pouvait espérer des taux de récupération de plus de 85 % pour le  $TiO_2$  et 90 % pour le vanadium. En 1995, on cherchera principalement à délimiter des réserves suffisantes pour la réalisation d'une exploitation à ciel ouvert. Les travaux de sondage au diamant ont repris au début de janvier 1995.

On rapporte que la consommation canadienne de ferrovanadium en 1993, a été de 618 t de vanadium contenu, soit une augmentation de 22 % par rapport à 1992, comparativement à 3371 t aux États-Unis. En 1994, les importations, consistant en pentoxyde de vanadium et en ferrovanadium, ont été évaluées à 13,4 millions de dollars, soit une augmentation de 37 % par rapport à 1993. Les exportations, qui consistaient principalement en ferrovanadium, ont été évaluées à 7,4 millions de dollars, soit 59 % de plus qu'en 1993.

## Situation mondiale

On ne dispose pas de donnée officielle concernant la production mondiale de vanadium; toutefois, selon certaines estimations publiées, la production totale de vanadium en 1994 se serait élevée à 44 100 t de vanadium contenu, soit une baisse de 5,6 % par rapport à 1993. Selon la même source, la consommation mondiale de vanadium est estimée à 43 465 t de vanadium contenu, soit une augmentation de 15,4 % par rapport à 1993.

L'augmentation est pratiquement toute attribuée à une hausse de la demande de ferrovanadium.

La production de pentoxyde de vanadium dans le monde est limitée à un petit nombre de pays. D'après la capacité de production annuelle de pentoxyde de vanadium à partir de toutes les sources, la production mondiale peut être répartie de la façon suivante : Afrique du Sud, 43 %; États-Unis, 17 %; Russie, 15 %; Chine, 13 %; Venezuela, 4 %; Chili, 4 %; autres, 4 %.

### Afrique du Sud

La production sud-africaine de vanadium en 1994 est évaluée à 19 965 t de vanadium contenu, soit une baisse de 20 % par rapport à 1993. Dans ce pays, quatre grandes sociétés produisent du vanadium : Highveld Steel and Vanadium Corporation Limited (Highveld), Vametco Minerals Corporation, Transvaal Alloys Pty Ltd et Vanadium Technologies (Vantech).

La société Highveld, le plus grand producteur de vanadium parmi les pays de l'Ouest, a considérablement réduit sa production au cours des dernières années en raison de la saturation du marché. En février 1994, Highveld a remis son usine Vantra en service, à la suite d'un redressement du marché. L'usine, qui était fermée depuis août 1993 et qui a une capacité de 8170 t/a de vanadium contenu, est rapportée produire en fonction du marché. L'installation

qui traite du laitier vanadifère produit au même rythme qu'en 1993.

Strategic Minerals Corp. (Stratcor), a fermé indéfiniment sa mine et son usine de concentration exploitées par sa filiale sud-africaine, Vametco Minerals Corp., en raison des prix trop bas. Aussitôt que les travaux de modification de l'usine ont été terminés, on a commencé à utiliser comme matière première des laitiers vanadifères provenant d'aciéries sud-africaines. On estime que la capacité de production se maintiendra à plus de 4500 t/a de vanadium.

Suite à l'achat de Transvaal Alloys Pty Ltd. (Transvaal) par Highveld, le 1<sup>er</sup> janvier 1994, cette dernière a fermé les mines et les usines produisant du pentoxyde de la Transvaal, mais elle a continué de produire des substances chimiques à base de vanadium, des catalyseurs et de la poudre de vanadium en utilisant des laitiers provenant de Highveld comme matière première. On estime que Transvaal produit jusqu'à 30 % des substances chimiques à base de vanadium offertes sur le marché mondial.

Au troisième trimestre de 1994, le projet Rhovan de la Rhombus Vanadium Holding's Ltd. a commencé à expédier du pentoxyde de vanadium et, selon les prévisions, il devait produire à capacité, soit 5200 t/a, d'ici la fin de l'année. La mine, située près de Brits au Bophuthatswana, a des réserves prouvées et probables de 90,6 Mt de minerai titrant 1,97 % de  $V_2O_5$  sous forme de magnétite, jusqu'à une profondeur de 60 m. Bien qu'aucune décision n'ait encore été prise, la société envisage de convertir sur place le  $V_2O_5$  en ferovanadium.

### États-Unis

Le 31 mai 1994, Shieldalloy Metallurgical Corp., un important producteur américain de ferovanadium et une filiale de Metallurg Inc., a déposé une plainte contre le dumping de ferovanadium et de nitrure de vanadium par la Russie. Les importations en provenance de Russie ont progressivement augmenté, depuis des quantités négligeables en 1991, pour atteindre 680 t de vanadium contenu en 1993, et elles augmentaient encore au début de 1994.

Malgré les allégations de la Russie selon lesquelles la hausse des exportations résultait de la vente de matériau puisé dans les réserves stratégiques de la Russie et que Chusovskoy Metallurgical Works avait rationalisé sa production, le Commerce Department des États-Unis a annoncé, le 28 décembre 1994, l'imposition de droits antidumping provisoires sur les importations en provenance de Russie. Des droits variant de 28,25 % à 108 % seront imposés sur les importations de ferovanadium et de nitrure de vanadium en provenance de Russie jusqu'à ce qu'une décision finale soit prise en mai 1995 par le Department of Commerce.

Pendant l'année 1994, Shieldalloy Metallurgical Corp. a continué d'être protégée de ses créanciers aux termes du chapitre 11 du code des faillites des États-Unis. Toutefois, l'affermissement de la demande de ferovanadium au cours de l'année a permis à l'entreprise de se redresser et, à la fin de l'année, elle était en voie de régler ses problèmes avec ses créanciers.

En octobre 1994, le Congrès a autorisé la Defense Logistics Agency (DLA) à puiser dans les réserves stratégiques des États-Unis et à vendre 651 t de vanadium contenu, dans le cadre du *Materials Annual Plan* pour l'année financière 1995. Toutefois, à la fin de 1994, la DLA n'avait toujours pas fait d'offre publique pour la vente du matériau, qui doit s'effectuer dans le cadre d'une soumission scellée négociée.

### Russie

Il est signalé que la Russie a produit à environ 60 % de sa capacité installée, qui est approximativement de 17 000 t/a de vanadium contenu, au début de 1994. Le pentoxyde de vanadium produit en Russie provient principalement de gisements de titanomagnétite et d'ilménite situés dans les monts Oural. Des laitiers riches en vanadium sont produits, dont une partie est convertie en  $V_2O_5$  de qualité technique et en ferovanadium aux usines de Tulatshermet et de Chusovskoy Metallurgical Works. Le reste est exporté par l'intermédiaire de maisons de commerce, comme Odermet de Londres (Angleterre), ou expédié vers des usines de transformation, comme l'usine NIKOM, le producteur tchèque de ferovanadium.

### Autres faits nouveaux

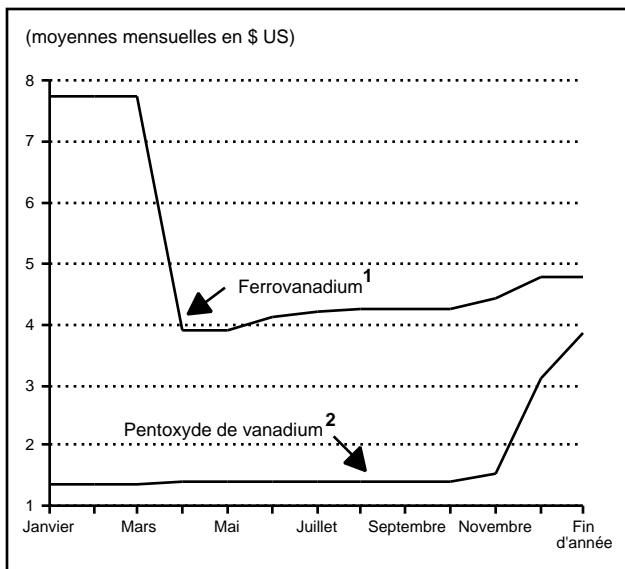
En Australie, Precious Metals Australia (PMA) a confirmé que son projet Windimurra, situé dans le district de Murchison en Australie-Occidentale, était en attente. Toutefois, Clough Resources, qui est installée à Perth, a annoncé en janvier 1994 qu'elle poursuivait son évaluation en vue de remettre en service son complexe de production de vanadium Coates Ridge, près de Wundowie, en Australie-Occidentale. Le gisement de magnétite vanadifère a été exploité entre 1980 et 1982, mais la mine a fermé après avoir produit un peu plus de 300 t de  $V_2O_5$ . La société envisage maintenant de produire de l'hydroxyde d'aluminium et des produits à base de ferrotitane, en plus de 1500 t/a de  $V_2O_5$ . Si le projet est approuvé, la production initiale pourrait commencer vers la fin de 1995.

Par ailleurs, il est signalé que le complexe NIKOM, en République tchèque, exploité conjointement par la maison de commerce japonaise Nissho Iwai et le producteur de vanadium Mnisek Ferozliatinárske Zavody, S. P., produisait, au début de 1994, entre 80 et 90 % de sa capacité de 1700 t/a de vanadium contenu.

## Prix

Historiquement, les prix du pentoxyde de vanadium sont demeurés relativement stables, à l'exception d'une flambée entre le dernier trimestre de 1988 et le troisième trimestre de 1990. Cette flambée a été provoquée par un accroissement important de la demande de ferrovanadium de la part de l'industrie de l'acier. Les prix enregistrés en 1994 semblent être un reflet de cette dernière flambée vu qu'un accroissement de la demande de la part de l'industrie de l'acier a entraîné une contraction de l'approvisionnement en produits à base de vanadium.

**Figure 1**  
Variations des prix du vanadium, en 1994



Source : *Metals Week*

<sup>1</sup> Prix par livre de vanadium contenu, selon un producteur américain, titrant 80 % de vanadium.

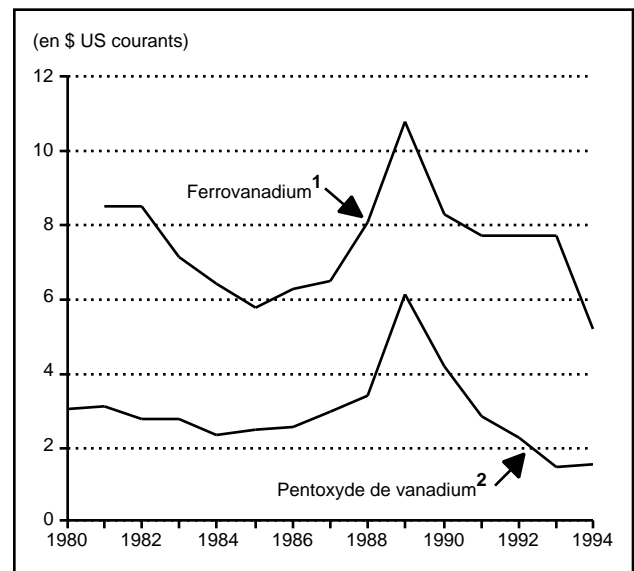
<sup>2</sup> Prix par livre de  $V_2O_5$  sur le marché libre.

Les prix du pentoxyde de vanadium sur le marché libre américain ont commencé l'année dans la fourchette allant de 1,30 à 1,40 \$ US/lb de  $V_2O_5$ , pour atteindre la fourchette allant de 1,35 à 1,45 \$ US/lb au début du mois d'avril. Ils sont demeurés à ce niveau jusqu'à la mi-novembre, puis ils ont grimpé rapidement pour terminer l'année dans la fourchette comprise entre 3,70 et 4,00 \$ US/lb.

Les prix du ferrovanadium ont augmenté de la même manière, mais ont réagi plus rapidement au resserrement de l'approvisionnement. À partir du milieu du mois d'avril 1994, le producteur américain de vanadium Stratcor a commencé à publier ses propres prix pour le ferrovanadium. Le prix coté, soit 3,90 \$ US/lb de vanadium contenu pour du ferrovanadium titrant 80 % V, a commencé à monter progressivement en

juin 1994, pour finir l'année à 4,75 \$ US/lb. Le 8 décembre 1994, Stratcor a cessé de publier ses prix et a commencé à vendre aux prix en vigueur au moment de l'expédition. L'augmentation des prix était motivée par l'accroissement de la demande de la part des industries de l'acier et des alliages, un ralentissement perçu des exportations de la Russie et une augmentation des coûts de production, en particulier des prix de l'aluminium utilisé comme agent réducteur. (La variation des prix en 1994 et au cours des 15 dernières années est présentée aux figures 1 et 2.)

**Figure 2**  
Variations des prix du vanadium au cours des quinze dernières années, de 1980 à 1994



Sources : *Metals Week*, *Bureau of Mines* des États-Unis.

<sup>1</sup> Prix moyen annuel par livre de vanadium contenu (gamme inférieure), selon un producteur américain, titrant 80 % de vanadium.

<sup>2</sup> Prix moyen annuel par livre de  $V_2O_5$  sur le marché libre.

## Perspectives

On prévoit qu'en 1995, Masterloy Products Ltd. produira à capacité. L'imposition par les États-Unis de droits antidumping provisoires sur les importations en provenance de Russie et l'affermissement de la consommation en Amérique du Nord favoriseront les ventes de la société.

En ce qui concerne l'approvisionnement sur le marché mondial, bien que le marché soit encore saturé à long terme, un déséquilibre à court terme entre l'offre et la demande est apparu en 1994. On s'attend à ce que cette situation persiste pendant environ six mois avant qu'une production accrue ne stabilise le marché. On prévoit donc que les prix augmenteront pendant le premier semestre de 1995 et qu'ils se stabiliseront une fois que le problème de l'approvisionnement déficitaire sera résolu. Par exemple, Highveld a

fait savoir que le prix qu'elle fixera pour le pentoxyde de vanadium pourrait atteindre 3,00 \$ US/lb pendant le premier trimestre de 1995.

À court et à moyen terme, on s'attend à ce que la consommation de produits à base de vanadium continue d'augmenter à la suite de la reprise de l'activité industrielle dans les pays qui sortent de la récession, et aussi parce que les aciéries japonaises reconstituent leurs stocks. La croissance devrait surtout se

faire sentir dans l'industrie de l'acier, en constante expansion, en particulier dans les secteurs des profilés de construction, des aciers d'outil et des pièces d'automobiles. Toutefois, si les prix augmentent trop, le ferromolibdène commencera à remplacer le ferrovandium dans certaines applications.

Remarque : Les présentes données sont les plus récentes au 25 janvier 1995.

## TARIFS DOUANIERS

No tarifaire	Dénomination	Canada		États-Unis	États-Unis Canada	UE NPF	Japon <sup>1</sup> GATT
		NPF	TPG				
2825.30	Oxydes de vanadium et hydroxydes	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	5,5 %	en franchise
7202.92	Ferrovandium	9,5 %	6,5 %	en franchise	en franchise	4,9 %	3,7 %

Sources : *Tarifs des douanes*, en vigueur en janvier 1995, Revenu Canada; *Harmonized Tariff Schedule of the United States*, 1995; *Bulletin international des douanes*, Journal n° 14 (16<sup>e</sup> édition), Communauté économique européenne, 1992-1993, Taux des droits conventionnels; premier supplément au Journal n° 14 (16<sup>e</sup> édition), Communauté économique européenne, 1993-1994, Taux des droits conventionnels; *Customs Tariff Schedules of Japan*, 1994.

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

<sup>1</sup> Les taux du GATT sont indiqués; selon les circonstances, des taux plus faibles peuvent être appliqués.

## TABLEAU 1. CANADA : IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS DE VANADIUM, DE 1992 À 1994

No tarifaire		1992		1993		1994 dpr	
		(kilogrammes)	(milliers de dollars)	(kilogrammes)	(milliers de dollars)	(kilogrammes)	(milliers de dollars)
<b>Exportations</b>							
2825.30	Oxydes et hydroxydes de vanadium						
	États-Unis	4	2	1 876	26	608	9
	Total	4	2	1 876	26	608	9
7202.92	Ferrovandium						
	États-Unis	446 884	5 336	478 834	4 599	790 944	7 207
	Pays-Bas	—	—	—	—	15 451	193
	Royaume-Uni	—	—	—	—	20	...
	Philippines	—	—	2 061	32	—	—
	Total	446 884	5 336	480 895	4 632	806 415	7 401
<b>Importations</b>							
2825.30	Oxydes de vanadium et hydroxydes						
	États-Unis	90 291	903	645 955	3 644	680 727	4 299
	Afrique du Sud	1 196 725	6 512	679 383	2 838	815 925	3 512
	République populaire de Chine	17 000	90	—	—	32 800	125
	France	—	—	—	—	1 408	30
	Autres pays	1 197	90	64	1	1 620	22
	Total	1 305 213	7 596	1 325 402	6 484	1 532 480	7 990
7202.92	Ferrovandium						
	États-Unis	293 193	3 832	226 448	2 314	462 909	4 677
	Russie <sup>1</sup>	17	...	11 015	109	153 821	616
	Allemagne	—	—	54 684	458	14 537	159
	Autriche	46 439	539	35 143	363	—	—
	Autres pays	22 542	296	9 618	105	—	—
	Total	362 191	4 670	336 908	3 352	631 267	5 452

Source : Statistique Canada.

— : néant; ... : quantité minimale; dpr : données provisoires.

<sup>1</sup> Ex-U.R.S.S. pour 1992.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.