

L'industrie minérale.....	2
PRINCIPALES PRODUCTIONS MINIÈRES AU CANADA ET AU QUÉBEC	3
POSITION DU CANADA DANS LE MONDE	3
PRINCIPAUX USAGES	4
QUELQUES DONNÉES HISTORIQUES	5
EXPLORATION	6
RENDEMENT FISCAL	8
MINES EN EXPLOITATION	9
MINÉRAIS, CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET TENEURS DE COUPURE TYPQUES (SELON PETERS, 1987).....	10
<i>Classification des gisements (selon Geology of Canadian mineral deposit types, 1995, Ekstrand, Sinclair et Thorpe, eds)</i>	<i>12</i>
<i>Quelques gisements de classe mondiale.....</i>	<i>15</i>
ÉCHELLE DE TEMPS GÉOLOGIQUE	17
RÉFÉRENCES:	18

L'industrie minière¹

En 1999, l'industrie minière représente:

Item	Canada	Québec
% exportations (avec-sans combustibles)	22%-12%	
% PIB (avec-sans combustibles)	3.7%	<1%
Valeur production (avec-sans combustibles)	53.5-17 G\$	3.5G\$

En 2001, les combustibles représentent 78% de la production minière canadienne.

En 2000, la production minière au Québec présentait une valeur de 2.2 G\$ en métaux, 0.8G\$ en matériaux industriels et 0.6 G\$ en matériaux de construction. Les emplois étaient au nombre de 11300 dans le secteur primaire, 5100 dans le secteur secondaire et 400 dans l'industrie du forage au diamant. En 2000, le Québec comptait 27 mines en production (métaux et minéraux industriels) en plus d'une vingtaine d'entreprises spécialisées dans le forage au diamant.

Répartition au Canada de l'industrie minière (sans combustibles; 2003)

Région	% de la production
Ontario	31%
Québec	20%
Saskatchewan	13%
Colombie-Brit.	11%
Terre-Neuve	5%
Manitoba	5%
Nouveau-Brunswick	4%

Une comparaison de l'importance de différents secteurs économiques au Québec (2002)

Secteurs	Emplois	Valeur de la production (G\$)	Exportations (G\$)	% PIB
Agriculture et pêche (sans transformation des aliments)	65000	5	3.6	1.1%
Forestier (extraction, bois, pâtes et papiers)	89400	22	11.6	4%
Mines (extraction)	11000	3.7	?	0.7%

¹Sources principales: <http://www.mrn.gouv.qc.ca/>
http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/referenc/pdf/QCM04_fr.pdf
http://mmsdl.mms.nrcan.gc.ca/mmsd/intro_f.asp
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity>

Principales productions minières au Canada et au Québec

Canada (2001)

Produit	Valeur (G\$)	Principales provinces productrices	Rang dans le monde
Or	2.1	Ont., Qué., C.B.	5e
Nickel	1.8	Ont., Man., Qué.	2e
Potassium	1.6	Sask, N.B.	1 ^{er}
Cuivre	1.5	C.B., Ont., Qué.	>5e
Zinc	1.4	N.B., Qué., Nunavut, C.B.	4e
Ciment	1.3	Ont. Qué., C.B.	-
Fer	1.2	T.N., Qué.	>5e

Québec (2003)

Produit	Valeur (M\$)
Fer	582
Or	456
Ciment	330
Nickel	320
Zinc	290
Pierre	256
Cuivre	195
Amiante	100 ?

Position du Canada dans le monde

Le tableau suivant donne les principaux pays producteurs en 2003.

Substance	1 ^{er}	2e	3e	4e	5e
Aluminium	Chine (21%)	US (13%)	Russie (11%)	Canada (9%)	Australie (6%)
Amiante	Russie (36%)	Chine (17%)	Canada (13%)	Kazakstan (12%)	Brésil (10%)
Cadmium	Japon (18%)	Chine (17%)	Corée (12%)	Mexique (9%)	Russie (6%)
Cobalt	Zambie (26%)	Congo (21%)	Australie (14%)	Russie (11%)	Canada (10%)
Cuivre	Chili (35%)	Indonésie (8%)	US (8%)	Australie (6%)	Pérou (6%) (Canada, 4%)
Fer	Chine (21%)	Brésil (19%)	Australie (17%)	Russie (8%)	Inde (7%)
Gypse	US (16%)	Iran (11%)	Canada (9%)	Espagne (7%)	Chine (7%)
Magnésium	Chine (33%)	Turquie (17%)	Russie (9%)	Corée Nord (9%)	Autriche (6%)
Molybdène	US (27%)	Chili (25%)	Chine (24%)	Pérou (7%)	Canada (6%)
Nickel	Russie (24%)	Australie (16%)	Canada (13%)	Indonésie (9%)	N. Caléd. (9%)
Or	A. du Sud (17%)	Australie (11%)	US (10%)	Chine (8%)	Russie (7%)
Plomb	Australie (25%)	Chine (23%)	US (16%)	Pérou (11%)	Mexique (5%)
Potasse	Canada (31%)	Russie (17%)	Belarus (15%)	Allem. (13%)	Israël (7%)
Soufre	US (16%)	Canada (15%)	Russie (11%)	Chine (10%)	Japon (5%)
Titane	Australie (25%)	Afr. du Sud (22%)	Canada (17%)	Norvège (8%)	US (7%)
Zinc	Chine (20%)	Australie (19%)	Pérou (15%)	Canada (12%)	US (9%)

Le tableau suivant donne les principaux pays producteurs en 2000.

<i>Substance</i>	<i>1^{er}</i>	<i>2^e</i>	<i>3^e</i>	<i>4^e</i>	<i>5^e</i>
Aluminium	US (16%)	Russie (13%)	Chine(11%)	Canada (10%)	Australie (7%)
Amiante	Russie (36%)	Canada (17%)	Chine (14%)	Brésil (9%)	Zimbabwe (7%)
Cadmium	Japon (13%)	Chine(11%)	US (10%)	Belgique (7%)	Canada (7%)
Cobalt	Congo (21%)	Australie (17%)	Canada (16%)	Zambie (14%)	Russie (11%)
Cuivre	Chili (35%)	US (13%)	Indonésie (6%)	Australie (6%)	Canada (5%)
Fer	Chine (24%)	Brésil (18%)	Australie (15%)	Russie (7%)	Inde (6%)
Gypse	US (18%)	Iran (11%)	Canada (9%)	Espagne (7%)	Mexique (7%)
Magnésium	Chine (23%)	Turquie (19%)	Russie (9%)	Corée Nord (9%)	Slovaquie (8%)
Molybdène	US (32%)	Chili (22%)	Chine (22%)	Pérou (6%)	Mexique et Canada (5%)
Nickel	Russie (24%)	Canada (18%)	Australie (12%)	N. Caléd. (9%)	Indonésie (8%)
Or	A. du Sud (19%)	US (14%)	Australie (13%)	Chine (7%)	Canada (6%)
Plomb	Australie (23%)	Chine (18%)	US (15%)	Pérou (9%)	Mexique et Canada (5%)
Potasse	Canada (34%)	Russie (15%)	Belarus (13%)	Allem. (13%)	Israël (7%)
Soufre	US (18%)	Canada (17%)	Russie (10%)	Chine (9%)	Japon (6%)
Titane	Australie (34%)	A. du Sud (23%)	Canada (21%)	Norvège (7%)	Inde (6%)
Zinc	Chine (20%)	Australie (16%)	Canada (10%)	Pérou (10%)	US (10%)

Source : <http://minerals.usgs.gov/minerals>

Globalement, de 2000 à 2003, le Canada

a augmenté sa part de marché en molybdène et zinc,

a maintenu sa part de marché en fer, gypse et or,

a réduit sa part de marché en aluminium, amiante, cadmium, cobalt, cuivre, nickel, plomb, potasse, soufre et titane.

Par comparaison, la Chine

a augmenté sa part de marché en aluminium, amiante, cadmium, gypse, magnésium, molybdène, or, plomb et soufre;

a maintenu sa part de marché en zinc;

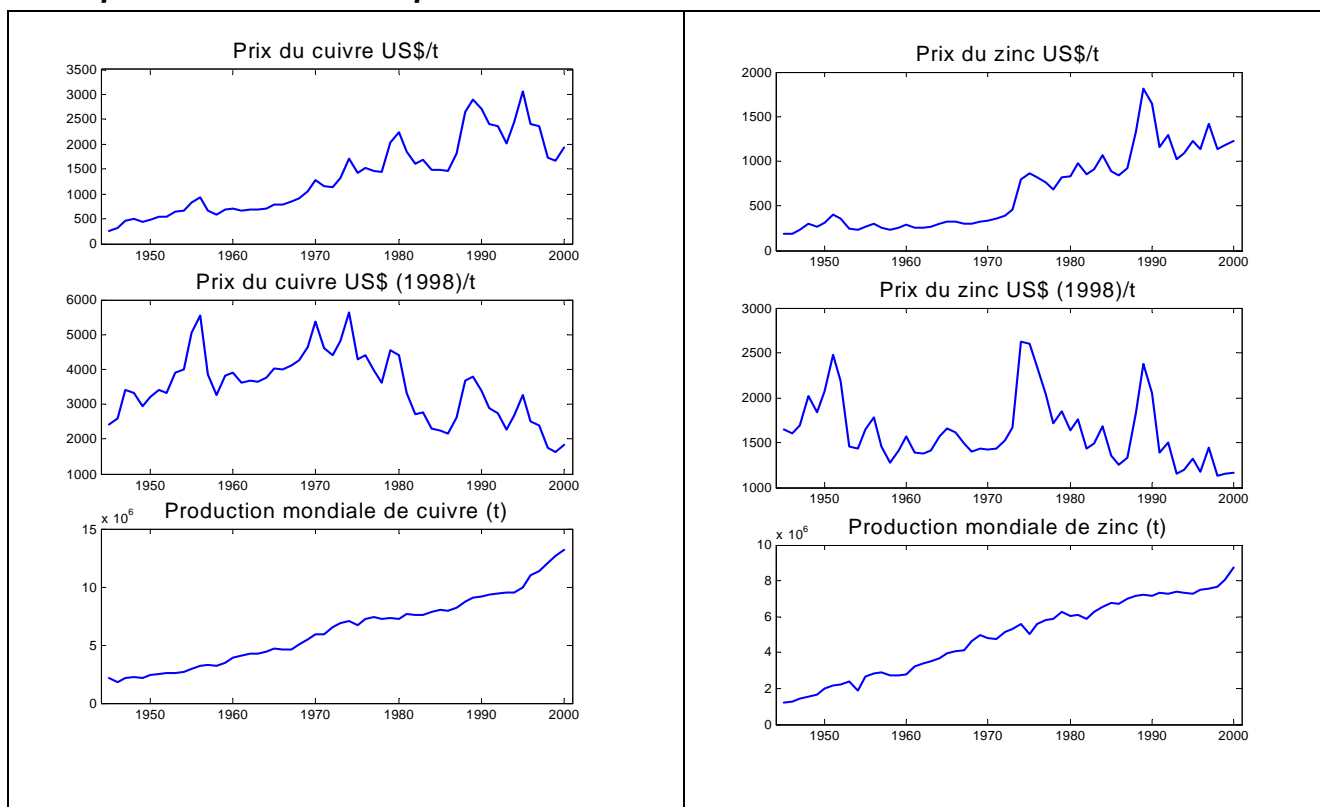
a réduit sa part de marché en fer.

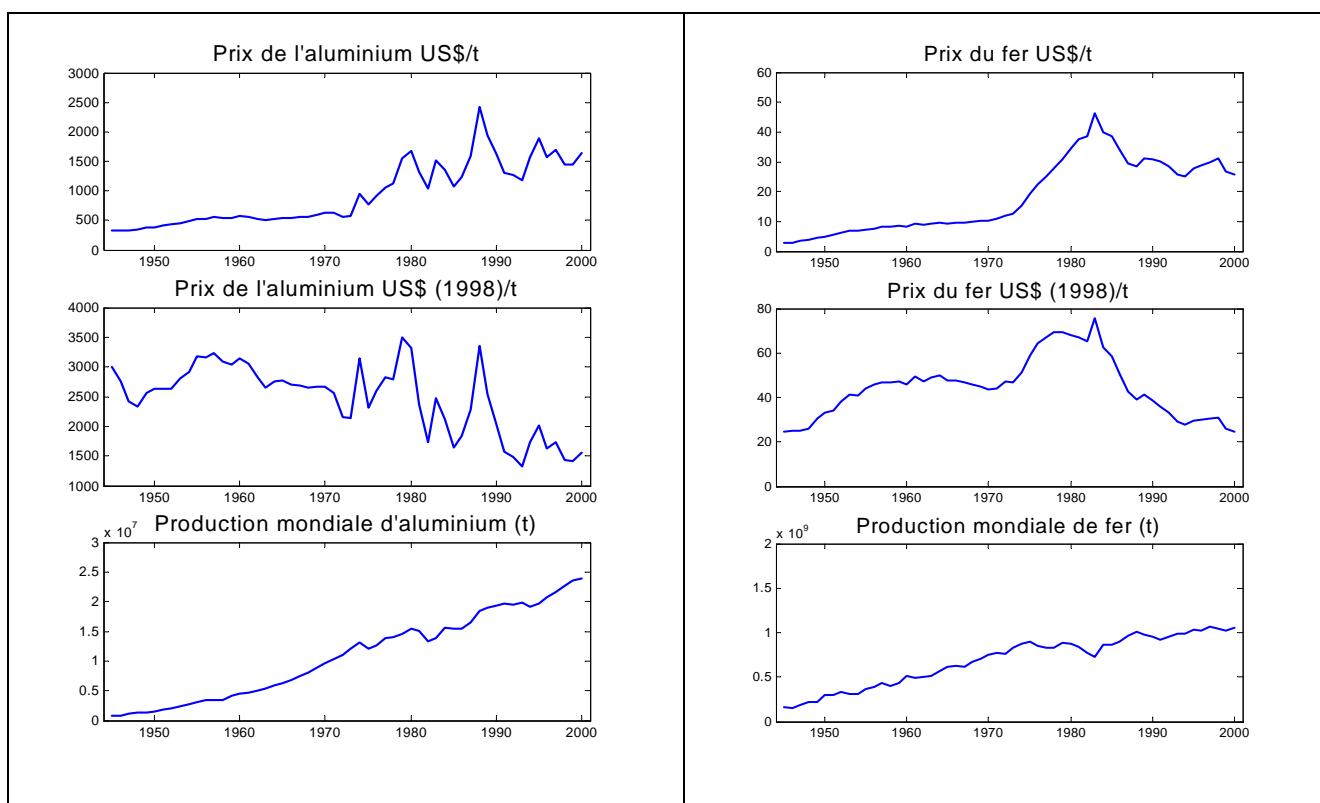
Principaux usages

<i>Substance</i>	<i>Usage</i>
Aluminium	Transports, emballage, construction, fils électriques,....
Amiante	Toitures, joints, utilisations impliquant de la friction
Cadmium	Batteries (75%), pigments, plastiques
Cobalt	Super-alliages utilisés en aéronautique, aciers outils, catalyseur dans l'industrie chimique,...
Cuivre	Transport d'électricité, électronique, tuyauterie,...
Fer	Acier
Gypse	Panneaux muraux, ciment.
Ilménite	Pigment blanc pour la peinture
Magnésium	Alliage avec aluminium et réfractaire dans les hauts-fourneaux (oxyde de magnésium)
Molybdène	Alliages d'acier résistants et superalliages
Nickel	Acier inoxydable, super-alliages pour turbines, alliages, batteries, ...
Or	Bijoux, électronique
Plomb	Batteries acide-plomb (88%); munitions (3%), verre et céramique (3%)

Potasse	Engrais
Soufre	Acide sulfurique
Zinc	Acier galvanisé, bronze, laiton, peinture, caoutchouc, industrie chimique...

Quelques données historiques





Source : <http://minerals.usgs.gov/minerals>

On constate une augmentation globale des prix des métaux mais celle-ci est inférieure au taux d'inflation. De plus pour les 4 métaux, la production annuelle ne cesse de croître, bien que l'on note un certain essoufflement de cette augmentation pour le fer.

Exploration

En 2002, les dépenses d'exploration dans le monde par les principales compagnies minières ont été² :

Région	Dépenses d'exploration (M\$US)
Canada	317
Australie	304
US	125
Pérou	103

² Ces données ne représentent pas bien la position réelle de pays comme la Chine et la Russie car elles sont obtenues auprès de compagnies occidentales. Source : http://mmsd1.mms.nrcan.gc.ca/mmsd/exploration/default_f.asp

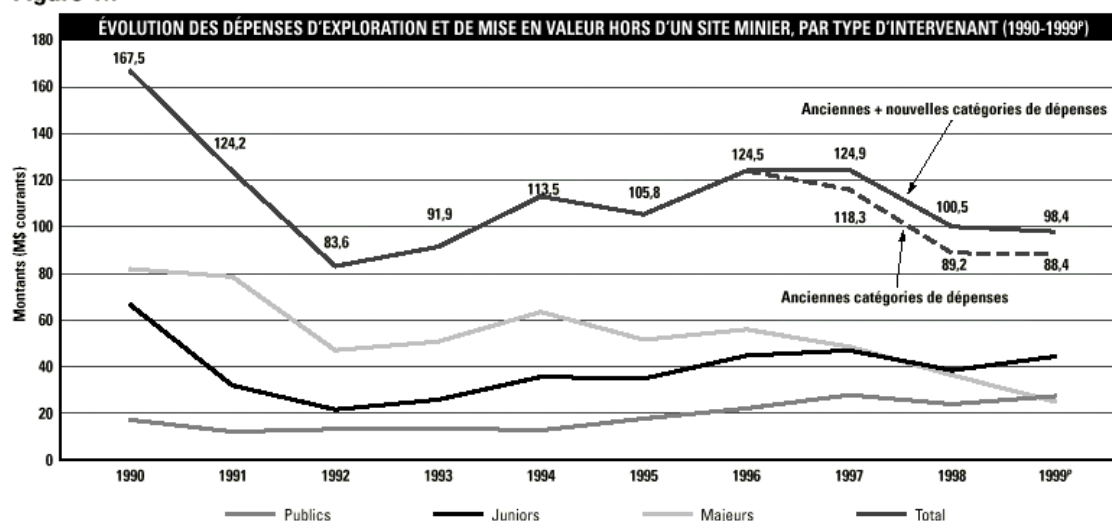
Au Canada, en 2004, la répartition des dépenses d'exploration et de mise en valeur est:

Région	Valeur
Ontario	202M\$ (25%)
Québec	164M\$ (21%)
TNO	110M\$ (14%)
Nunavut	98M\$ (12%)
Colombie-B.	54M\$ (7%)
Saskatchewan	51M\$ (6%)
Terre-Neuve	30M\$ (4%)
Canada ³	795M\$ (100%)

En l'an 2000, le Nord-du-Québec reçoit 50% des dépenses d'exploration au Québec suivi de l'Abitibi-Témiscamingue avec 36%.

La figure suivante montre l'évolution récente des dépenses d'exploration au Québec selon le MRN.

Figure 1.7



³ La différence entre le 614M\$ du tableau précédent et ce 655M\$ provient de la définition des dépenses d'exploration qui diffèrent d'une source à l'autre.

Rendement fiscal

Tableau 1.15

PRINCIPAUX VERSEMENTS EFFECTUÉS PAR LES COMPAGNIES MINIÈRES* ACTIVES AU QUÉBEC ET PAR LEURS EMPLOYÉS AUX DIVERS ORDRES DE GOUVERNEMENT EN K \$ (1994-1998)					
	1994	1995	1996	1997	1998
A. COMPAGNIES MINIÈRES					
1. Taxes locales	27 324	28 747	30 304	30 174	28 557
2. Au gouvernement du Québec¹					
– impôt sur le revenu	11 952	3 487	6 531	12 233	8 613
– taxe sur le capital	10 535	11 541	13 339	17 233	17 908
– taxe de vente ²	4 275	3 389	3 396	3 419	3 994
– taxe sur les carburants	2 449	1 913	3 875	2 580	2 130
TOTAL	29 211	20 330	27 141	35 465	32 725
3. Au gouvernement fédéral					
– impôt sur le revenu	10 108	17 970	9 083	21 216	23 151
– taxe de vente	2 958	3 273	4 332	4 182	4 060
– taxe sur le capital	3 922	3 814	4 430	5 900	6 390
TOTAL	16 988	25 057	17 845	31 298	33 601
4. Programmes gouvernementaux³					
– Québec	49 604	52 883	57 166	61 505	60 891
– Ottawa	16 018	16 515	15 906	17 260	15 619
TOTAL	65 622	69 398	73 072	78 765	76 510
5. Sous-total compagnies minières	139 144	143 532	148 362	175 702	171 393
B. EMPLOYÉS					
1. Impôt sur le revenu déduit à la source					
– Québec	101 185	107 881	115 859	125 345	127 509
– Ottawa	84 931	90 979	98 423	106 447	109 476
TOTAL	186 116	198 860	214 282	231 792	236 985
2. Programmes gouvernementaux³					
– Québec	8 655	9 355	10 246	11 642	12 222
– Ottawa	12 257	12 669	12 180	13 279	11 968
TOTAL	20 912	22 024	22 426	24 921	24 190
3. Sous-total employés	207 028	220 884	236 708	256 713	261 175
<i>Nombre d'employés</i>	<i>10 131</i>	<i>10 375</i>	<i>11 055</i>	<i>11 327</i>	<i>11 909</i>
Versements totaux par employé (\$)	20 435	21 290	21 412	22 664	23 550
TOTAL DES VERSEMENTS	346 172	364 416	385 070	432 415	432 568

- Le tableau ne comprend pas les mines d'amiante. Les taxes versées par les employés comprennent uniquement les principales déductions à la source.
- Les versements au gouvernement du Québec ne tiennent pas compte des droits sur les mines. Ceux-ci sont présentés au tableau précédent et proviennent du Service de l'imposition et des titres d'exploration du ministère des Ressources naturelles.
- La taxe de vente comprend la taxe sur la production d'énergie électrique, sauf pour 1995 où cette taxe est nulle.
- Comprend les contributions de l'employeur à la CSSQ, à la Commission des normes du travail, à la Régie des rentes, au Fonds des services de santé et au Régime d'assurance-emploi.
- Comprend les contributions des employés à la Régie des rentes et au Régime d'assurance-emploi.

Source : Statistiques annuelles publiées par l'Association minière du Québec.

Le salaire annuel moyen payé dans l'industrie minière en 2000 fut de 57K\$.

Mines en exploitation

En 2004, le Québec comportait 20 mines en exploitation (métaux et certains minéraux industriels) :

Nom	Substance	Région	Propriété
<i>Métaux de base</i>			
Bell-Allard ⁴	Zinc, cuivre, argent, or	Abitibi-Témiscamingue	Noranda
Bouchard-Hébert ⁵	Zinc, cuivre, or, argent	Abitibi-Témiscamingue	Ressources Breakwater
Louvicourt ⁶	Cuivre, zinc, argent, or	Abitibi-Témiscamingue	Aur, Novicourt, Teck
Raglan	Nickel, or, cuivre, platine, palladium	Nord du Québec	Société Raglan
<i>Métaux ferreux</i>			
Lac Tio	Ilménite	Côte-Nord	QIT Fer et Titane
Mont-Wright	Fer	Côte-Nord	Québec Cartier
<i>Métaux précieux</i>			
Doyon	Or, argent, cuivre	Abitibi-Témiscamingue	Cambior
Laronde	Or, argent, cuivre, zinc	Abitibi-Témiscamingue	Agnico Eagle
Mouska	Or, argent	Abitibi-Témiscamingue	Cambior
Beaufor	Or	Abitibi-Témiscamingue	Richmont mines, Louvem
Géant Dormant	Or	Abitibi-Témiscamingue	Cambior, Aurizon
Troilus	Or, cuivre	Chibougameau	Inmet
Joe Mann	Or, cuivre	Chibougameau	Campbell Ressources
<i>Minéraux industriels</i>			
Niobec	Niobium	Saguenay-Lac St-Jean	Cambior, Teck
Seleine	Sel	Gaspésie-Îles de la Madeleine	Soc. canadienne de sel
Bell	Amiante	Chaudières-Appalaches	Mazarin
Black Lake	Amiante	Chaudières-Appalaches	Lac d'amiante
Jeffrey	Amiante	Estrie	Mine Jeffrey
Stratmin Graphite	Graphite	Laurentides	Imerys

⁴ Fermeture prévue en 2004

⁵ Fermeture prévue en 2005

⁶ Fermeture prévue en 2005

Minerais, contexte géologique et teneurs de coupure typiques (selon Peters, 1987)

Tableau 3 : Principales substances, minerais, contexte géologique et utilisations

<i>Substance</i>	<i>Minerai (formule)</i>	<i>Occurrence, contexte géologique</i>	<i>Teneurs exploitables</i>	<i>Utilisations</i>
Aluminium	bauxite	latérites (altération)		variées
Chrome	chromite (Cr ₂ O ₃) (33% Cr)	roches ultramafiques	3-17%	acier inoxydable, acier outil, réfractaire
Cuivre	chalcopryrite (CuFeS ₂) (35% Cu)	cuivre porphyrique (plutons) veines	0.3-2% 0.6-4%	variées (fils électriques et tuyaux)
	bornite (Cu ₅ FeS ₄) (69% Cu)	stratiforme-sédimentaire	"	
	chalcocite (Cu ₂ S) (80% Cu)	sulfures massifs (volcanogènes)	"	
Étain	cassitérite SnO ₂ (79% Sn)	voir tungstène	0.2-5% (Sn+W)	soudure alliage (cuivre:bronze; fer: fer blanc)
Fer	magnétite (Fe ₃ O ₄) (72% Fe)	formation de fer précambriennes	25-50% Fe	variées
	hématite (Fe ₂ O ₃) (70% Fe)	roches oolithiques		
	goethite (Fe ₂ O ₃ H ₂ O) (63% Fe)	skarn	30-60%	
	sidérite (FeCO ₃) (48% Fe)			
Magnésium	dolomite, (CaMg)CO ₃ magnésite MgCO ₃ (29% Mg) altération de minéraux silicates	roches calcaires		alliages avec l'aluminium pièces d'automobile
Manganèse	divers minerais	sédimentaire (marin)	15-40%	alliage (acier) industrie chimique
		sédimentaire (volcanique)	10-50%	
		pluton (veines)	7-15%	

Nickel	pentlandite ($(\text{FeNi})_9\text{S}_8$ (10-40% Ni)	veines roches ultramafiques stratiforme	0.3-5% (Ni+Co)	acier inoxydable
Or	Au (75% Au) pyrite (concentration variable)	veines (roches volcaniques) conglomérats précambriens pluton (disséminée) roches vertes (archéens)	1-20 ppm 4-12 ppm " "	joaillerie dentisterie électronique
Plomb	galène (PbS) (86% Pb)	sulfures massifs pluton (disséminée), veines roches sédimentaires, calcaires	5-25% (Pb+Zn)	batteries
Tungstène	wolframite ($(\text{FeMn})\text{WO}_4$) 48-60% W scheelite (CaWO_4) 64%W	pegmatite veines skarn	0.2-5% (Sn+W)	alliage (acier pour machinerie)
Zinc	sphalérite (ZnS) (60-67% Zn)	voir plomb	5-25% (Pb-Zn)	alliage (acier galvanisé)

Classification des gisements (selon Geology of Canadian mineral deposit types, 1995, Ekstrand, Sinclair et Thorpe, eds)

Type ⁷	Exemples	Tonnage-teneur typiques	âge	Remarques
1.1 Paleoplacer U, Au (avec pyrite)	Elliot Lake (Ont) Witwatersrand (S.A.)	200Mt à 0.1%U x Gt - 9g/t Au, .02%U	>2.4 Ga	Dépôt d'origine fluviatile (delta), dans des grès et conglomérats. Wit.: Le plus grand gisement d'Au au monde. Exploité à des profondeurs dépassant 4km. Fournit 60% or mondial
1.1 Paleoplacer U, Au (avec hématite)	Ghana	50 Mt à 5 g/t Au	2.2- 2.4 Ga	
1.2 Placer Au, Pt	Klondike (Yu) Chaudières (Qué)	Très variables (pépites)		Dans des dépôts sédimentaires récents non-consolidés (du Tertiaire à l'Holocène). Gisements secondaires à une source. Fournit <5% production or Canada
3.1 Formation de fer "Lac Supérieur"	Wabush, Mont-Wright (Lab)	xGt, 15%-45% Fe	Précambrien 2.4-1.9 Ga	Fe chimique lié à des sources hydrothermales (activité volcanique au large). A fourni 60% du fer mondial.
3.2 Formation de fer "Algoma"	Algoma (Ont)	xGt 15%- 45%	Archéen 3.2-2.5 Ga	Associés à du volcanisme, dans des roches sédimentaires argilites, turbidites, greywacke
3.3 "Ironstone"	Wabana (T-N)	xGt à 30-35% Fe		Sédiment clastique et chimique se présentant en lits minces et massifs bien délimités.
4.1 Formation de fer enrichie	Knob-Lake Schefferville (Qué,Lab)	1-50 Mt (Can) xGt (Monde) 50-60% Fe	Précambrien	Principale source de fer ailleurs qu'au Canada. Fournit 50% du fer présentement.
5 Evaporites a-marines	Salina (Ont), Selene (Qué) Prairie (Sask)	Mt à Gt 90-100% NaCl, KCl, gypse	Protérozoïque supérieur à Holocène	
5 Evaporites b-lacustres	Sask et Alberta	55-65 Mt Na ₂ SO ₄ , Li, W	Protérozoïque supérieur à Holocène	
6.1 Sulfures exhalatifs sédimentaires (SEDEX)	Howard Pass (Yu), Sullivan (C-B) Mt-Isa (Aus) Broken Hill (Aus)	4-500 Mt 0.6-18% Zn, 0.3-13% Pb, 0.1-1% Cu	0.3 à 2 Ga	Roches sédimentaires déposées dans un milieu peu énergétique avec présences d'activité hydrothermale contemporaine au dépôt. En 1977-1978, fournit 16% du zinc, 45% du plomb et 10% argent au Canada .
6.3 Sulfures massifs volcanogènes	Flin Flon (Man) Kidd Creek (Ont), Horne (Qué), Brunswick (NB)	1-100Mt 1.47% Cu 3.43% Zn	<3.7 Ga Archéen (Abitibi)	Dans des roches volcaniques sous-marines. En 1988, fournit au Canada 33% du cuivre, 30% du plomb, 56% du zinc et 30% de l'argent.

⁷ Geology of Canadian mineral deposit types, 1995, Ekstrand, Sinclair et Thorpe, eds.

CGC, rapport de géologie #36, 1986, Types de gisements minéraux du Canada, Eckstrand (ed).

<http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/EconomicGeology/metallcminerals/mdp/mdpdeind.htm> (Un lien à consulter absolument)

Seuls les types de gisement d'importance au Canada sont décrits dans le tableau (sauf pour 8.3) .

6.4 Or associé à des sulfures massifs volcanogènes	Doyon (Qué)	1-5 Mt 6-17 g/t	Archéen	
7 U associé à une discordance	Key Lake, Rabbit Lake (Sask)	5Mt 0.3-3% U	1.3 Ga	à la discordance entre des grès et le socle
8.3 Cu- stratiforme	Lubin (Pol) Kennicott (Alaska) White Pine (Michigan)	40- Mt 1.8% Cu	Protérozoïque à mésozoïque	Pas présent au Canada. Associé à des évaporites. 2e source de Cu dans le monde après Cu porphyrique. Gisements minces, habituellement exploités en souterrain.
10 Mississipi-Valley Pb Zn	Pine Point (TNO)	1-10Mt 5-10% Pb+Zn	Paléozoïque inférieur	Dans des roches carbonatées, généralement dolomies
11 Amiante dans des rx ultramafiques	Jeffrey, Bell, Lake (Qué)	10-100Mt 2 à 10% fibres	Paléozoïque inférieur	Roches ultramafiques serpentinisées; métamorphisme faible.
14.1 Filons d'argent	Cobalt (Ont)		Archéen	Failles d'extension
15.2 Au Veines de quartz-carbonates	Kerr-Addison (Ont) Sigma-Lamaque (Qué), Casa-Berardi (Qué)	x Mt 6 à 10 ppm	Surtout archéen 2.6-2.7 ga	Associées à des roches volcaniques mafiques et tonalites. représente 25% de la production d'or au Canada
15.4 Au disséminé et de remplacement	Hemlo (Ont)	100Mt 10 ppm	Archéen	Or disséminé dans des formations plutôt stratiformes. Associé à du métamorphisme régional important et à la présence de granitoïdes.
17 Veines de cuivre-or	Gisements de Chibougamau	<1-5Mt 1-10% Cu	Archéen	Environ 2% de la production de Cu du Canada. Associés à des intrusifs.
19 Porphyrique (Cu,Mo,Au,W,Sn,Ag)	Gaspé Copper (Qué) Troilus (Qué) Butte (Montana) Bingham (Utah) Chuquicamata (Chili)	0.1-10 Gt 0.2%-1% Cu	Mésozoïque à tertiaire	Associés à des zones de subduction de plaques (ex. îles en arc) nombreux intrusifs. Représente 50-60% de la production mondiale de Cu et une part importante pour Mo, Au, W et Sn,
20.2 Cu/Au dans un skarn	Gaspé Copper (Qué) Carr Fork (Utah)	0.1-200Mt 1-2% Cu	Phanérozoïque	Intrusifs générant une activité hydrothermale. Les lits épais de calcaires sont remplacés par les sulfures. Fournit 10% de la production de Cu au Canada
24 Dépôts dans des carbonatites	Niobec (Qué) Tapira (Brésil) Araxa (Brésil)	10-300Mt 0.5%-3% Nb ₂ O ₅	Divers	Intrusions dans des zones de fractures profondes en tension. Production totale du Nb dans le monde.
27.1 Sulfures Ni-Cu	Sudbury (Ont) Raglan (Qué) Duluth (Min) Stillwater (Mon)	1-100Mt 0.6-1.6% Ni 0.2-1.3% Cu	Divers	Magma du manteau injecté en phases multiples dans la croûte (environnement en tension et stable). Représente environ 80% de la production mondiale du Ni.

Quelques gisements de classe mondiale

Nom	Pays	Tonnage minerais	Tonnage métal- teneur	Type	Valeur brute du métal contenu G\$ (US) ¹
El Teniente	Chili	12 Gt	109 Mt Cu à 0.92% 2.3 Mt Mo à 0.02% 3 Kt Ag à 0.25 g/t	Cu porphyrique	260
Chuquicamata	Chili	15 Gt	106 Mt Cu à 0.7% 1Mt Mo à 0.01% 200 t Au à 0.013 g/t	Cu porphyrique	244
Olympic Dam	Australie	2 Gt	32 Mt Cu à 1.6% 1200 t Au à 0.6 g/t 7 Kt Ag à 3.5 g/t 1.2 Mt U à 0.06%	Cu porphyrique	147
Grassberg	Indonésie	2Gt	24 Mt Cu à 1.2% 2400 t Au à 1.1g/t 8.6 Mt Ag à 2.5 g/t	Cu porphyrique	135
Rio-Blanco-Andina	Chili		50 Mt Cu à 1% 1 Mt Mo à 0.02%	Cu Porphyrique	118
Butte	U.S. (Mon)	5.2 Gt	35 Mt Cu à 0.67% 1.4 Mt Mo à 0.03% 217 t Au à 0.04 g/t 44 Kt Ag à 8.57 g/t 4.5 Mt Zn à 0.09%	Cu porphyrique et veines de Cu	110
Bingham	U.S. (Utah)	3.3 Gt	28 Mt Cu à 0.88% 0.8 Mt Mo à 0.02% 1600 t Au à 0.5 g/t 18 Kt Ag à 5.5 g/t 2.5 Mt Pb à 0.08% 1.2 Mt Zn à .04%	Cu Porphyrique	97
Safford	U.S. (Ari)	8 Gt	39 Mt Cu à 0.49% 126 t Au à 0.016 g/t	Cu porphyrique	87
Cananea	Mexique	7.1 Gt	30 Mt Cu à 0.42% 0.6 Mt Mo à 0.01% 4 Kt Ag à 0.575 g/t	Cu porphyrique	74
Escondida	Chili	2.5 Gt	28 Mt Cu à 1.2% 0.6 Mt Mo à 0.03% 475 t Au à 0.19 g/t	Cu porphyrique	73
Collahuasi	Chili	3.0 Gt	24.6 Mt Cu à 0.71%	Cu porphyrique	54
Morenci	U.S. (Ari)	2.2 Gt	25 Mt Cu à 0.52% 2 Mt Ag à 0.4 g/t	Cu porphyrique	56
Lubin	Pologne	2.4 Gt	50 Mt Cu à 2% 192 Kt Ag à 60 g/t	Cu stratiforme	158
Witwatersrand	Afrique du Sud	4 Gt	40000 t Au à 10 g/t 120 Kt Ag à 30 g/t 1.1 Mt U à 280 g/t Note: 60% de la production mondiale d'or	Paleoplacer	616
Mount Whaleback	Australie	1.7 Gt	1 Gt Fe à 61%	Formation de fer enrichies	
Carajas	Brésil	1.3 Gt	0.9 Gt Fe à 66%	Formation de fer	

				enrichies	
Sishen	Afrique du Sud	1.3 Gt	0.8 Gt à 64%	Formation de fer enrichies	
Morro do Seis Lagos	Brésil	2.8 Gt	78 Mt Nb ₂ O ₅ à 2.8%	Carbonatites	
Howard Pass	Canada (Yu)	476 Mt	23.8 Mt Zn à 5% 9.5 Mt Pb à 2% 4.2 Kt Ag à 9 g/t	Sedex	
Broken Hill	Australie	300 Mt	5.4 Mt Zn à 1.8% 39 Mt Pb à 13% 0.6 Mt Cu à 0.2% 52.5 Kt Ag à 175 g/t	Sedex	
Horne	Canada (Qué)	54 Mt	1.2 Mt Cu à 2.2% 330 t Au à 6.1 g/t 702 t Ag à 13 g/t	Sulfures massifs volcanogènes	7
Mantos Blancos	Chili	220 Mt	2.64 Mt Cu à 1.2%	Cuivre dans des lits rouges volcaniques (VRB)	
Tri-State district	U.S.	500 Mt	12 Mt Zn à 2.4% 3 Mt Pb à 0.6%	Missisipi Valley	
Hemlo	Canada (Ont)	85 Mt	684 t Au à 7.7 g/t	Or disséminé et de remplacement	9
Hollinger (Timmins)	Canada (Ont)	69 Mt	500 t Au à 7.2 g/t	Or dans des veines de quartz-carbonates	
Doyon	Canada (Qué)	98 Mt	560 t Au à 5.8 g/t	Or associé à des sulfures massifs volcanogènes	
Carr Fork	U.S. (Utah)	400 Mt	8.8 Mt Cu à 2.2% 240 t Au à 0.6 g/t 4.8 Kt Ag à 12 g/t	Skarn	
Kiruna	Suède	1.8 Gt	1 Gt Fe à 60%	Gisement tabulaire (Kiruna- Olympic Dam)	
Aley	Canada (C-B)	5 Gt	200 Mt P ₂ O ₅ à 4%	Gisement dans des carbonatites	
Palabora	Brésil	600 Mt	42 Mt P ₂ O ₅ à 7%	Gisement dans des carbonatites	
Sudbury	Canada (Ont)	1.6 Gt	19.2 Mt Ni à 1.2% 16.5 Mt Cu à 1%	Sulfures Ni-Cu	200
Norilsk	Russie	555 Mt	15 Mt Ni à 2.7% 11 Mt Cu à 1%	Sulfures Ni-Cu	
Duluth	U.S. (Min)	4 Gt	8 Mt Ni à 0.2 % 26.4 Mt Cu à 0.6 %	Sulfures Ni-Cu	
Bushveld	Afrique du Sud	1.1 Gt	500 Mt Cr à 45%	Gisement stratiforme de chromite	

¹ Prix des métaux utilisés : Cu 2.2\$/kg; Au 13.3\$/g; Mo 8.5\$/kg; Ag 0.25\$/g; Zn 1.6\$/kg; Pb 0.5\$/kg; U 49\$/kg; Ni 8.5\$/kg.

Références utilisées : Cuivre porphyrique : <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of99-556/>

Échelle de temps géologique⁸

Ères (Ma)	Périodes (Ma)	Époques (Ma)
Cénozoïque (66,4-)	Quaternaire (1,6-)	Holocène (récent) Pléistocène (1,6-)
	Tertiaire (66,4-1,6)	Pliocène (5,3-1,6) Miocène (23,7-5,3) Oligocène (36,8-23,7) Éocène (57,8-36,8) Paléocène (66,4-57,8)
Mésozoïque (245-66,4)	Crétacé (144-66,4) Jurassique (208-144) Trias (245-208)	
Paléozoïque (Primaire)	Permien (286-245) Carbonifère (360-286) Dévonien (408-360) Silurien (438-408) Ordovicien (505-538) Cambrien (544-505)	
Précambrien (4016-544)	Protérozoïque (2500-544)	Néo- (1000-544) Méso- (1500-1000) Paléo- (2500-1500)
	Archéen (4016-2500)	

⁸ Voir les liens: http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html
<http://www.er.uqam.ca/nobel/k20322/pchrono.html>

RÉFÉRENCES:

La principale référence pour le cours (partie géologie minière) est:

Peters, W.C., 1987. Exploration and Mining geology. J. Wiley & Sons, 696 p.

Références supplémentaires:

- Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1968. Ore reserve estimation and grade control: Montréal, Spec. Vol. 9, 321 p.
- Chaussier, J.B. et Morer, J., 1981. Manuel du prospecteur minier. BRGM. 273 p.
- Cumming, J.D. et Wicklund, A.P. 1980. Diamond Drill Handbook. J.K. Smit, Toronto, 547 p.
- Gy, P. , 1992, Sampling of heterogeneous and dynamic material systems, Elsevier, 653 p.
- Jones, M.J., 1974. Geological, mining and metallurgical sampling. Institution of Mining and Metallurgy (London).
- Kilburn, L.F., 1990, Valuation of properties which do not contain exploitable reserves, CIM bulletin, v. 83 # 940, p. 90-93.
- King, H.F., McMahon, D.W., Bujtor, G.J., 1982 A guide to the understanding of ore reserve estimation. The Australian Institute of Mining and Metallurgy, No 281, P. 1-21.
- Kuzvart, M. et Bohmer, M., 1978. Prospecting and Exploration of mineral deposits, Elsevier Sc. publishing. 431 p.
- Lane, K.F., 1988, The Economic definition of Ore, Mining Journal Books Ltd., London, 149 pages.
- Lasky, S.G., 1950, How tonnage and grade relations help predict ore reserves. Eng. Min. J., 81-85.
- LeRoy, L.W. et al., 1977. Subsurface Geology. Colorado School of Mines Press.
- McKinstry, H.E., 1948. Mining geology: Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, 680 p.
- Parks, R.D., 1957. Examination and evaluation of mineral property, ed. 4: Cambridge, Mass. Addison-Wesley Press, Inc., 504 p.
- Patterson, J.A., 1959. Estimating ore reserves follows logical steps: Eng. Mining Jour., U. 160, no. 9, p. 111-115.
- Popoff, C.C., 1966. Computing reserves of mineral deposits: Principle and conventional methods. U.S.B.M. 8293.
- Priest S.D., 1985, Hémispherical projection methods in rock mechanics, George Allen et Unwin (ed), Londres, 124 p.
- Reedman, J.H., 1979. Techniques in mineral exploration. Applied Science Publishers Ltd., London, 533 p.
- Royle, A.G., 1980 Estimating global ore reserves in a single deposit. Minerals Sc. Eng. Vol. 12, No. 1, P.37-50.
- Taylor, H.K., 1972. General background theory of cut-off grades. Trans. Inst. Mining. Nat. Sec. A., vol. 81, A-160 à A-179, July 1972.
- Taylor, 1985, Trans. Inst. Min. Metall., 94, A204-A216.
- Ragan, D.M., 1973, Structural geology, an introduction to geometrical techniques, 2nd edition, Wiley, 222 p.
- Singh, S.P. 1998, The effects of rock mass characteristics on blasthole deviation, CIM Bulletin, v. 91, #1016.
- Vallée, M. et McCutcheon, S., 1997, 'Are international reporting standards feasible', CIM Bulletin, v.90, #1007, p30-37.