

LE POTENTIEL MINÉRAL DU QUÉBEC : UN ÉTAT DE LA QUESTION

QUÉBEC'S MINERAL POTENTIAL : CURRENT SITUATION

Par

Alain Simard

Géologie Québec

Ministère des Ressources naturelles

5700, 4^e Avenue Ouest, bureau A-210

Charlesbourg (Québec) G1H 6R1

alain.simard@mrn.gouv.gc.ca

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	II
EXTENDED ABSTRACT.....	III
1 INTRODUCTION.....	1
2 CADRE GÉOLOGIQUE ET PORTRAIT DES PRINCIPALES MINÉRALISATIONS	2
2.1 LE BOUCLIER CANADIEN.....	2
2.1.1 <i>La Province du Supérieur</i>	2
2.1.2 <i>La Province de Churchill</i>	9
2.1.3 <i>La Province de Grenville</i>	12
2.2 LA PLATE-FORME DU SAINT-LAURENT ET LES APPALACHES	16
2.3 LE QUATERNAIRE	18
3 PERSPECTIVES	21
CONCLUSION.....	23
REMERCIEMENTS	23
RÉFÉRENCES	23

RÉSUMÉ

Le Québec est un vaste territoire de 1 540 000 km² renommé pour sa production de métaux précieux, de métaux usuels et de minéraux industriels.

La Province du Supérieur d'âge Archéen supérieur (2,85 à 2,65 Ga) constitue le coeur du Bouclier canadien, lequel forme 90 % du sous-sol québécois. On y trouve des roches plutoniques et gneissiques portées au faciès métamorphique des amphibolites ou des granulites et des roches volcaniques et sédimentaires au faciès des schistes verts. La Province du Supérieur est surtout réputée pour ses mines de cuivre, de zinc et d'or localisées dans la ceinture volcano-sédimentaire de l'Abitibi. Elle est bordée au nord et à l'est par la Province de Churchill (2,8 à 1,8 Ga) et au sud-est par la Province de Grenville (2,65 Ga à 970 Ma). Le Churchill est caractérisé par trois zones mobiles : l'Orogène du Nouveau-Québec (Fosse du Labrador), l'Orogène de l'Ungava (Fosse de l'Ungava) et l'Orogène Torngat, formées principalement de roches sédimentaires et ignées aux faciès métamorphiques des schistes verts et des amphibolites. La Fosse du Labrador contient de grands gisements de fer et plusieurs gîtes de cuivre et de nickel, alors que la Fosse de l'Ungava renferme de nombreux gîtes de nickel-cuivre (mine Raglan). La Province de Grenville est caractérisée par un degré de métamorphisme général élevé et par une importante quantité de mangérites et d'anorthosites. Elle est reconnue pour ses mines de fer et de titane, ses syénites à néphéline ainsi que pour ses minéraux industriels et ses pierres de taille. Les découvertes récentes ont ravivé l'intérêt pour les métaux usuels (Ni, Cu, Zn) dans cette province géologique.

Les roches paléozoïques sont associées à l'Orogène des Appalaches. On y distingue : la Plate-forme du Saint-Laurent, d'âge Cambrien à Silurien; la zone des nappes taconiennes constituée de roches sédimentaires et volcaniques d'âge Cambro-Ordovicien ; les roches sédimentaires plissées de l'orogénèse acadienne d'âge Cambrien à Dévonien, et enfin, les dépôts continentaux peu déformés, d'âge Carbonifère et Permien. Les roches du Paléozoïque

sont principalement exploitées pour leurs minéraux industriels et comme matériaux de construction ou pierres ornementales.

Le nord du Québec suscite actuellement beaucoup d'intérêt chez les compagnies minières parce qu'il a été peu exploré, parce que la géologie est des plus favorables et parce que le gouvernement y réalise un important programme de cartographie. Les découvertes réalisées dans les camps miniers traditionnels confirment l'existence d'importants gisements de métaux à plus de 200 mètres de profondeur.

EXTENDED ABSTRACT

The Precambrian rocks of the Canadian Shield, which underlie 90 % of Québec, occupy a vast territory of 1,540,000 km² that is renowned world-wide for its mineral resources and mineral industry. In 1997, the value of shipment from Québec's mines reached about CAD\$3,5 billion. These results include production of precious metals (Au, Ag), base metals (Cu, Zn), ferrous metals (Fe) and others (Ti, Nb) as well as industrial minerals (asbestos, ilmenite, dolomite, salt, graphite etc...), building materials, and peat. Signs of diversification are the recent opening of the Raglan mine (Ni) and the discovery of important resources of wollastonite and apatite.

The Superior Province, of late Archean age (2.85 to 2.65 Ga), forms the core of the Canadian Shield. It is composed mainly of plutonic and gneissic rocks of amphibolite or granulite grade, except in its southern part (below the 50th parallel), where it is made up essentially of volcanic and sedimentary rocks of the greenschist facies. The Superior Province is known chiefly for the copper, zinc, and gold mines of the Abitibi area, located in the southern part of the province. The Superior is bordered on the north and east by the Churchill Province (2.8 to 1.8 Ga) and on the southeast by the Grenville Province (2.65 Ga to 970 Ma). The Churchill Province is characterized in Québec by three mobile zones, the New-Québec orogen

(Labrador Trough), the Ungava orogen (Ungava Trough) and the Torngat orogen, both formed mainly of sedimentary and igneous rocks of the greenschist and amphibolite facies. The Labrador Trough is known principally for its iron ore and its deposits of copper and nickel, while the Ungava Trough contains significant nickel-copper deposits, as witness the recent opening of the Raglan Mine. The Grenville Province extends SW-NE for more than 2,000 km, and is contained mostly within Québec. It is characterized by a generally high degree of metamorphism (amphibolite to granulite facies) and by abundant magmatic rocks including mangerites and anorthosites. The Grenville is known for its iron and titanium mines, its nepheline syenites, its industrial minerals (wollastonite, silica, graphite), and its dimension stone (granites, anorthosites, mangerites). The recent discovery of the Lac Volant showing north of Sept-Îles has revived interest for base metals (Ni, Cu) in this geologic province.

South of the St. Lawrence River, Québec is mainly underlain by Paleozoic rocks associated with the Appalachian orogen, which was linked to the closure of the Iapetus Ocean during the Taconic, Acadian, and Alleghenian orogenic phases. The subdivisions recognized are: the St. Lawrence Platform, of Cambrian to Silurian age, resting in erosional discordance on the Grenville; the zone of Taconic nappes, made up of Cambro-Ordovician sedimentary and volcanic rocks; the folded Cambro-Ordovician and Siluro-Devonian sedimentary rocks of the Acadian Orogeny; and lastly the little-deformed continental deposits of Carboniferous and Permian age, which lie unconformably on the older Paleozoic rocks. The rocks of the Paleozoic are mainly exploited for building materials, for ornamental stone (limestone, dolomite, sandstone, schists, granites, and syenites), and for industrial minerals (chrysotile, talc, quartz, halite, and clay). The search for hydrocarbons continues on the St. Lawrence Platform, especially in the Appalachian Foothill. The Paleozoic rocks are cut by the Cretaceous alkalic intrusions of the Monteregian Hills, which extend from Oka (west of Montréal) eastwards to the American border. Lastly, unconsolidated Quaternary deposits dating from the last glaciation, the Wisconsinian, cover the entire territory.

A third of Québec's territory is poorly known. The northern part of the Superior Province can be considered as a frontier region and as such, it attracts many explorationists. This is why the Ministère des Ressources naturelles du Québec, after completing a huge lake sediment geochemical survey, has begun an important mapping program which should highlight new areas for exploration. In the coming years, Québec's mining industry will still rely on traditional mining camps like the Abitibi since only the upper 200m has been thoroughly explored. In these mining camps, most effort should be directed toward searching at depth.

1 INTRODUCTION

Le Québec est un vaste territoire de 1 540 000 km² dont la valeur de la production minérale, en 1999, s'est chiffrée à 3,5 milliards de dollars¹ (MRN, 2000a). Cette performance permet à cette partie du monde de figurer parmi les plus productives.

Le Québec est, avant tout, un important producteur de métaux. Ainsi, en 1998, il a produit 37,5 tonnes d'or, 125 000 tonnes de cuivre et 176 000 tonnes de zinc dont la valeur dépasse 1 milliard de dollars. Il occupe le second rang des producteurs de niobium avec environ 12 % de la production mondiale et, depuis longtemps, il est un gros producteur de fer et de titane. En 1998, la Société minière Raglan, une filiale de Falconbridge, a amorcé l'exploitation du minerai de nickel sur sa propriété Raglan (figure 1) située dans la péninsule de l'Ungava, à l'extrémité nord de la province, avec une production de 130 000 tonnes de concentré par an. Ajoutons que la compagnie Noranda inc a annoncé en 1998 la construction à Asbestos, dans le cadre du projet Magnola (figure 1), d'une usine d'extraction du magnésium à partir des résidus d'amiante : sa capacité annuelle sera de 63 000 tonnes, soit près de 20% de la production mondiale. La production québécoise de matériaux de construction, de tourbe et de minéraux industriels est également significative et la valeur des expéditions s'est élevée à 1,3 milliards de dollars en 1999. Rappelons que le Québec est le second producteur mondial d'amiante avec près de 22 % de la production tout en étant le principal exportateur de cette substance. Le Québec exploite aussi de l'ilménite (1^{er} producteur mondial), de la dolomie, du sel, de la silice, de la wollastonite, du graphite, du mica, du talc, des matériaux de construction, surtout du ciment, de la pierre (calcaire, granit, grès, marbre, ardoise), du sable et du gravier et de la tourbe.

¹ Les valeurs données dans cet article sont exprimées en dollars canadiens.

Le potentiel minéral du Québec est loin d'avoir été pleinement évalué. La connaissance géoscientifique est embryonnaire sur plus de 30 % du territoire notamment dans la moitié nord de la province (au nord du 54^{ième} parallèle) constituée essentiellement de roches archéennes. Cette situation permet de croire que l'industrie minière continuera d'occuper encore longtemps une place importante dans l'économie du Québec.

2 CADRE GÉOLOGIQUE ET PORTRAIT DES PRINCIPALES MINÉRALISATIONS

À l'image de ses ressources minérales, la géologie du Québec est très variée. Elle comprend trois grands ensembles géologiques dont l'âge va de l'Archéen au Crétacé, sans compter la couverture de dépôts meubles quaternaires : ce sont le Bouclier canadien, constitué de roches précambriennes, les Appalaches, formées essentiellement de roches paléozoïques, tout comme la Plate-Forme du Saint-Laurent (figure 1).

2.1 Le Bouclier canadien

Le Bouclier canadien constitue 90 % du sous-sol québécois. Trois grands blocs structuraux ou provinces géologiques s'y juxtaposent (figure 2; Hocq, 1994) : la Province du Supérieur (2,85 à 2,65 Ga), la Province de Churchill (2,8 à 1,8 Ga) et la Province de Grenville (2,65 Ga à 970 Ma).

2.1.1 La Province du Supérieur

La Province du Supérieur, d'âge Archéen tardif, forme le cœur du Bouclier canadien. Elle se distingue par sa grande étendue, puisqu'elle couvre 600 000 km², et par sa production

annuelle d'or, de cuivre et de zinc dont la valeur excède 1 milliard de dollars. Depuis l'ouverture de la mine de cuivre et or « Horne », à Noranda, en 1927, plus de 150 mines, la plupart en Abitibi, ont contribué à la production de près de 2 000 tonnes d'or, de 5 millions de tonnes de cuivre et d'environ 6 millions de tonnes de zinc (Racicot, 1990).

La Province du Supérieur a été subdivisée en plusieurs sous-provinces à partir de considérations lithologiques, métamorphiques, structurales et chronologiques (tableau 1, figure 2). Les roches plutoniques et les gneiss, au faciès des amphibolites ou des granulites, prédominent nettement dans sa moitié nord que nous connaissons peu actuellement. Le ministère des Ressources naturelles a d'ailleurs amorcé, au cours de l'été 1998, la cartographie géologique à 1:250 000 de ce territoire de plus de 350 000 km². Les roches volcaniques et sédimentaires sont nettement plus abondantes dans la moitié sud de la province (au sud du 50^{ième} parallèle). Dans cette dernière partie, le faciès des schistes verts prédomine notamment dans la sous-province de l'Abitibi, bien connue de l'industrie minière, où l'on rencontre même, par endroits, des roches au faciès prehnite-pumpellyite. Dans ces conditions de faible métamorphisme, les phénomènes volcaniques sont remarquablement bien préservés.

Tableau 1 : Les sous-provinces du Supérieur






Sous-provinces gneissiques-plutoniques	Minto Ashuanipi
Sous-province plutonique	Bienville
Sous-provinces métasédimentaires	Opinaca Némiscau Pontiac
Sous-provinces volcano-plutoniques	La Grande Abitibi Opatica

La sous-province la plus connue est de loin celle d'Abitibi, principalement à cause de sa production minérale. En effet, actuellement, à l'exception du gisement d'or de Troilus (figure 1), situé dans la sous-province d'Opatika, toute la production de métaux du Supérieur québécois provient de l'Abitibi. Depuis une trentaine d'années, l'accent a été mis sur l'étude des roches volcaniques de la sous-province à cause de leur relation étroite avec les gîtes de sulfures massifs volcanogènes. Les empilements volcaniques appartiennent au type bimodal ou au type « plaine de laves » (Hocq et Verpaelst, 1994). Le type « plaine de laves » est caractérisé par des unités étendues et monotones de laves mafiques ou ultramafiques qui se sont mises en place à la faveur de fissures dans la croûte. Le type bimodal est constitué de laves andésitiques et rhyolitiques. Il a formé les complexes centraux où prédominent les dômes rhyolitiques et les dépôts pyroclastiques de même composition qui ont joué un rôle important dans la genèse des gisements de cuivre-zinc volcanogènes (Chartrand, 1994). En fait, presque tous les gisements de métaux usuels des régions minières de Rouyn-Noranda, Matagami et Val-d'Or sont associés à ce type d'empilement. Les gîtes filoniens ont constitué une importante source de cuivre dans les camps miniers de Chibougamau et Chapais. Ils ont livré plus de 60 millions de tonnes de minerai à 2 % de Cu et 1-2 g/t Au (Kirkham et Sinclair, 1996). Les gîtes filoniens de Chibougamau (16 mines aujourd'hui fermées) sont encaissés dans des zones de cisaillement fragiles-ductiles logées dans les faciès anorthositiques du Complexe stratiforme du lac Doré. Génétiquement les gisements de cuivre-or sont liés aux dykes felsiques issus du pluton de Chibougamau et à des gisements du cuivre-molybdène de type porphyrique à faible teneur (Kirkham et Sinclair, 1996 ; Pilote *et al.*, 1998).

LÉGENDE

PROVINCEDESAPPALACHESETPLATES-FORMES







PALÉOZOÏQUE

-  Permo-Carbonifère (Bassin des Maritimes)
-  Siluro-Dévonien: terrains acadiens (Appalaches)
-  Cambro-Ordovicien: terrains taconiens (Appalaches)
-  Ordovicien-Silurien: plates-formes de la baie d'Hudson, de la baie d'Ungava et autres (P)
-  Cambrien-Silurien (Plate-forme du Saint-Laurent)




PRÉCAMBRIEN

-  Protérozoïque: **Ma**; **LR**; **TCL**





BOUCLIERCANADIEN**PROVINCEDEGRENVILLE** (Archéen supérieur à Protérozoïque supérieur)

-  Granitoïde (batholite Trans-Labrador)
-  Suite charnockitique (jotunite, mangérite, charnockite)
-  Suite anorthositique (anorthosite, gabbro/norite); ultramafites (**U**)
-  Paragneiss, marbres etc; roches sédimentaires et volcanites peu métamorphisées (**S**)
-  Roches métamorphiques équivalentes de celles du Supergroupe de Kaniapiskau (Fosse du Labrador) et gabbros associés
-  Orthogneiss, paragneiss, amphibolites et intrusions non subdivisés




PROVINCEDECHURCHILL**OROGÈNEDEL'UNGAVA** (Archéen supérieur, Protérozoïque inférieur)

-  Fosse de l'Ungava (volcanites/roches sédimentaires)
-  Terrane de Narsajuaq (gneiss)
-  Archéen

OROGÈNEUNOUCHEAU-QUÉBEC (Fosse du Labrador)

-  Roches sédimentaires
-  Roches volcaniques
-  Paragneiss, micaschistes
-  Orthogneiss

SOUS-PROVINCEDERAE (Archéen; Protérozoïque inférieur à moyen)

-  Couverture de roches sédimentaires
-  Batholite de De Pas
-  Gneiss et granitoïdes non subdivisés








OROGÈNETORNGAT;DOMAINEDEBURWELL (Archéen et Protérozoïque inférieur)

-  Paragneiss, amphibolites
-  Orthogneiss, paragneiss et intrusions non subdivisés

SUITESPROTÉROZOÏQUES (moyen et supérieur)

-  Granitoïde
-  Anorthosite

PROVINCEDUSUPÉRIEUR (Archéen supérieur)

-  Couvertures de roches sédimentaires et filons-couches (Protérozoïque inférieur)
-  Granitoïdes (à biotite/hornblende; à biotite/muscovite)
-  Granitoïdes à orthopyroxène
-  Anorthosite
-  Bandes de roches volcaniques et sédimentaires (non subdivisées)
-  Roches sédimentaires; paragneiss (faciès des amphibolites/des granulites)
-  Orthogneiss, paragneiss et intrusions non subdivisés (au faciès des amphibolites, sauf dans Minto et Ashuanipi où au faciès des granulites)

PROVINCEDENAIN (Archéen inférieur et moyen)

-  Paragneiss, orthogneiss et granitoïdes non subdivisés

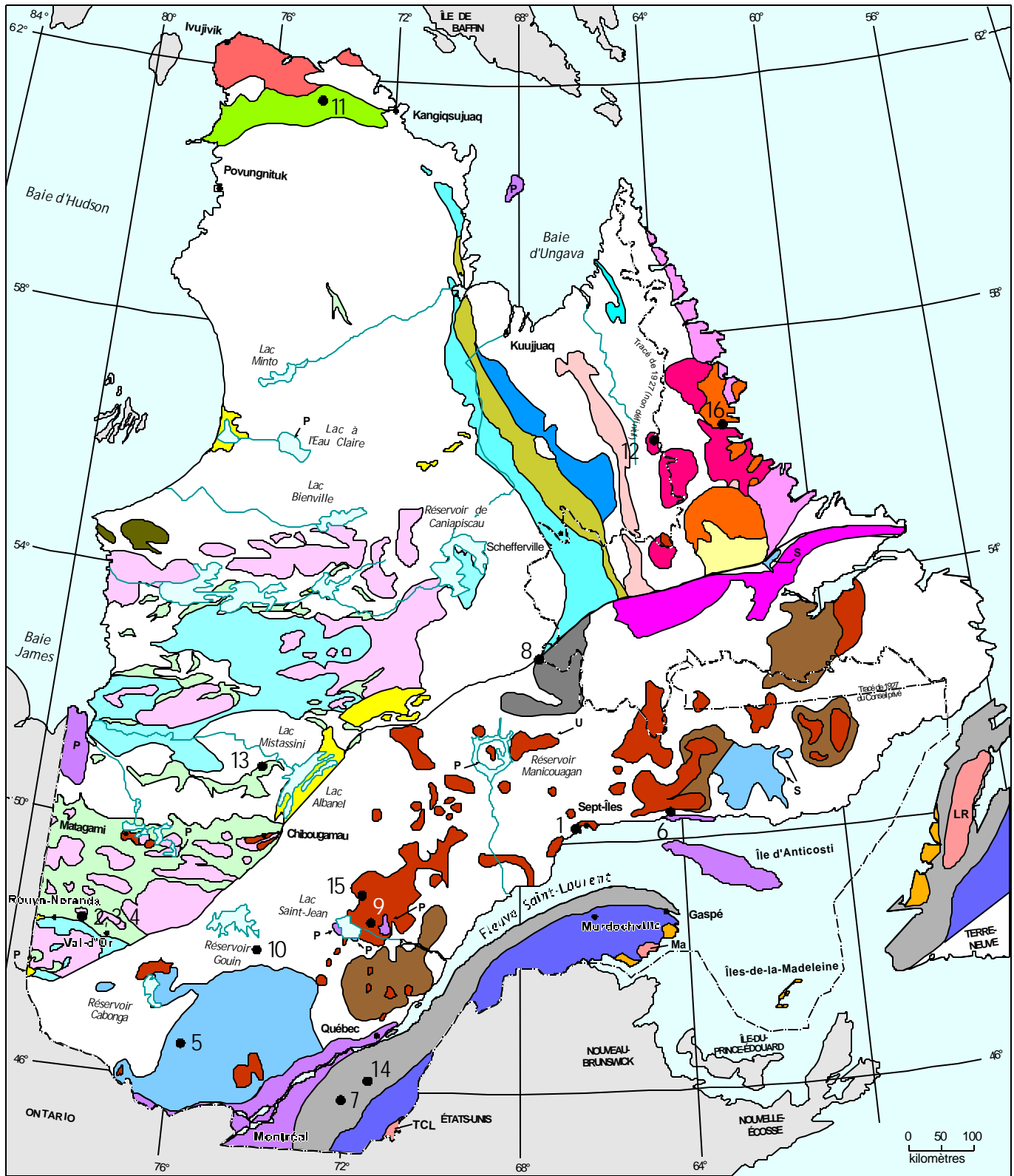


Figure 1 - Carte géologique du Québec. Modifiée de Hocq, 1994

Liste des gisements et gîtes mentionnés dans la présent article

- | | | |
|---|-------------------------------------|--|
| 1 - Gîte de Sept-Îles (Apatite) | 6 - Lac Tio (fer-titane) | 12 - Strange Lake (gîte de zinc et terres rares) |
| 2 - Mine Bousquet #2 (or) | 7 - Magnola (magnésium) | 13 - Troilus (or) |
| 3 - Mine Doyon (or) | 8 - Mont Wright (fer) | 14 - Thetford Mines (amiante) |
| 4 - Mine Donald J. LaRonde (or-cuivre-zinc) | 9 - Mine Niobec (niobium) | 15 - Gisement de wollastonite |
| 5 - Stratmin Graphite | 10 - Lac Parent (phlogopite) | 16 - Gisement de Voisey's Bay |
| | 11 - Mine Radlan (nickel et cuivre) | |

L'Abitibi est également renommée pour ses gisements d'or dont certains sont de classe mondiale. La plus grande partie de la production aurifère québécoise provient de gisements associés, dans l'espace, à une structure géologique principale, la Faille de Cadillac. On y retrouve principalement deux types de gîtes. Les gîtes du type « filons de quartz-carbonates » sont les plus nombreux : ils sont associés à des plis et à des zones de cisaillement issus d'une déformation fragile-ductile (Robert, 1996). Les gisements de Sigma et de Lamaque, qui ont produit ensemble plus de 270 tonnes d'or, constituent les plus beaux exemples de ce type. Les gîtes de sulfures aurifères associés à des roches volcaniques constituent le second type. Ils sont principalement formés de pyrite sous forme de lentilles massives, de disséminations ou de veines. Les sulfures ont la particularité d'être pauvres en métaux communs et riches en or. Les 14 gisements de sulfures aurifères du secteur de Cadillac près de Rouyn-Noranda contiennent plus de 60 millions de tonnes de minerai titrant autour de 5 g/t de Au (Poulsen et Hannington, 1996). En 1999, on a tiré plus de 15 tonnes d'or des 3 mines en production (Bousquet 2, Donald J. LaRonde, et Doyon ; figure 1).

Depuis plusieurs décennies une grande partie de la production de métaux du Québec provient de l'Abitibi. Pour maintenir sa position sur l'échiquier mondial le Québec devra compter, à court et moyen terme, sur la découverte de gîtes de métaux importants dans des sous-provinces peu explorées, comme celles d'Opatica et de La Grande, où l'on trouve des bandes de roches volcaniques (figure 2) qui recèlent de nombreux indices. Ces régions nordiques offrent aussi la possibilité de trouver des gisements peu communs en Abitibi comme en témoigne la mise en production récente (printemps 1997) du gisement de cuivre et or Troilus (figure 1), un gîte de type porphyrique situé dans la bande volcanique de Frotet-Évans (sous-province d'Opatica, figure 2).

Les principales ressources en minéraux industriels de la Province du Supérieur ont été identifiées dans les zones les plus accessibles des sous-provinces de Pontiac et de l'Abitibi. Il s'agit de granit architectural et de silice. Les autres sous-provinces sont beaucoup moins

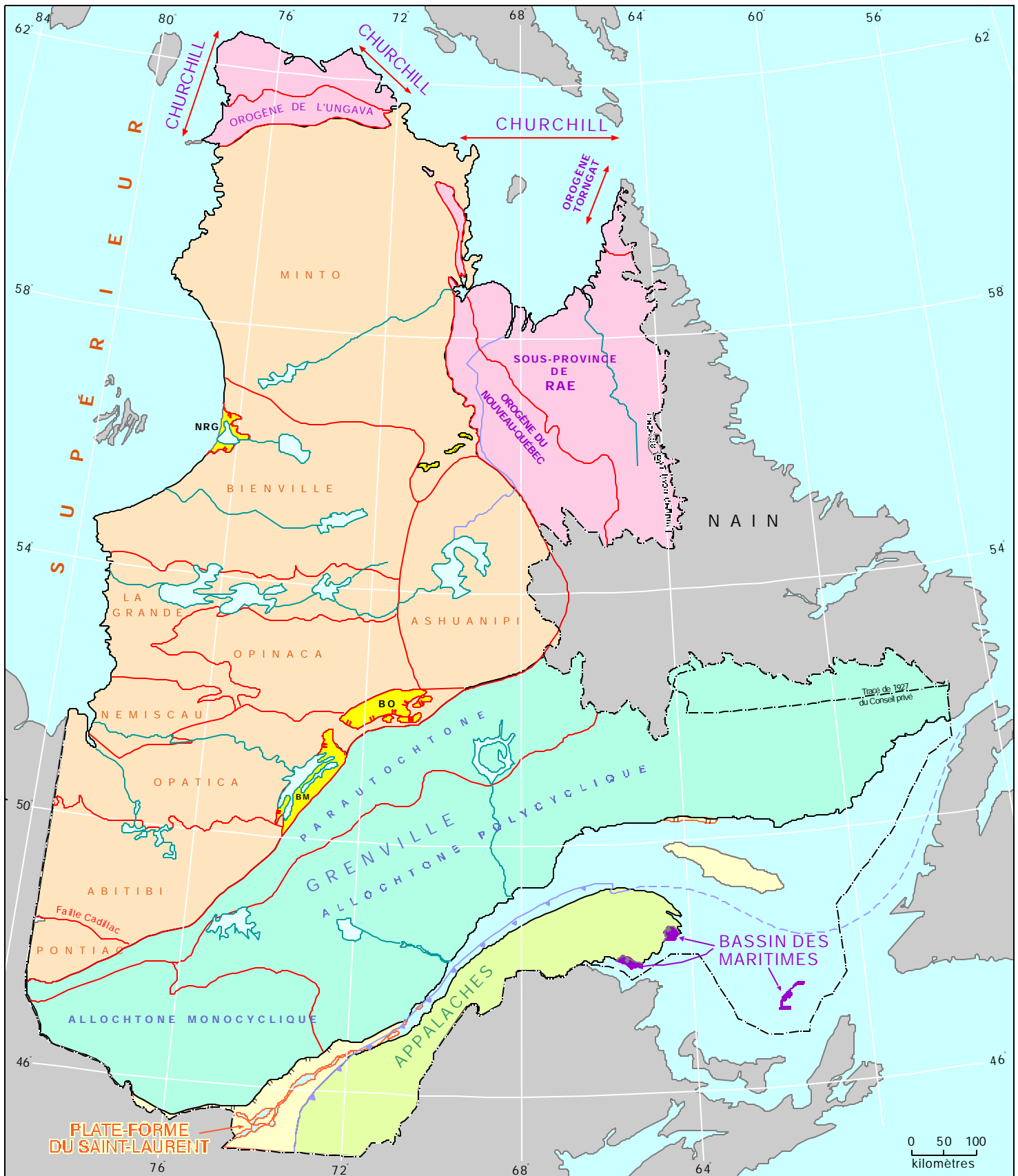


Figure 2 - Carte des ensembles géotectoniques du Québec. Modifiée de Hoca 1994

accessibles et donc peu connues du point de vue géologique. Néanmoins, on y reconnaît, en plus des métaux précieux et usuels, la présence de chrome, de lithium et des platinoïdes, pour en nommer quelques-uns, ainsi qu'un très bon potentiel pour le diamant.

2.1.2 La Province de Churchill

La Province de Churchill comprend, au Québec, trois zones mobiles qui séparent des blocs archéens : l'Orogène du Nouveau-Québec, l'Orogène de l'Ungava, et l'Orogène Torngat (figures 1 et 2). Les termes Fosse du Labrador et Fosse de l'Ungava utilisées pour désigner un bassin sédimentaire profond ont été remplacées respectivement par Orogène du Nouveau-Québec et Orogène de l'Ungava qui sont plus appropriées. La sous-province de Rae, un craton archéen, forme l'arrière-pays de l'Orogène du Nouveau-Québec et l'avant pays de l'Orogène Torngat.

L'Orogène du Nouveau-Québec (Fosse du Labrador) est une ceinture orogénique plissée à vergence sud-ouest (Clark, 1994) située sur la marge nord-est de la Province archéenne du Supérieur (figure 2). Elle est principalement formée de roches sédimentaires et ignées aux faciès des schistes verts et des amphibolites dont l'âge s'étale entre 2,2 Ga et 1,8 Ga (Rohon *et al.*, 1993; Machado *et al.*, 1997). Ces roches se sont formées dans des milieux très variés : rifts, plates-formes et talus continentaux, bassins océaniques et environnements fluviaux (Clark, 1994). Il en est résulté une grande variété de roches sédimentaires dont les plus connues sont les formations de fer de la région de Schefferville. L'Orogène du Nouveau-Québec comprend aussi plusieurs niveaux de laves basaltiques, de nombreux filons-couches mafiques et ultramafiques d'affinité tholéïtite, ainsi que des unités de laves mafiques à felsiques d'affinité alcaline. Enfin, il faut signaler la présence d'un complexe de carbonatite de 15 km de longueur, la carbonatite de Lemoyne encaissée dans une séquence de coulées de rhyodacite, de volcanites très potassiques et de basaltes associés à des sédiments dolomitiques et pélitiques.

Précisons que ce complexe contient des minéralisations de niobium et d'éléments des terres rares (Clark, 1994).

L'Orogène du Nouveau-Québec (Fosse du Labrador) est connue pour ses immenses ressources en minerai de fer. Bien que leur existence ait été signalée dès 1866 par le père Louis Babel, leur exploitation n'a débuté qu'en 1954 (Clark, 1994; Vallières, 1988). Depuis l'arrêt des opérations à Schefferville, au début des années 80, aucun gisement n'a été exploité dans la région. Cependant, d'immenses réserves de taconite subsistent; par exemple, plusieurs milliards de tonnes de minerai titrant au moins 30 % de fer ont été délimitées à l'ouest de la baie d'Ungava. En plus du fer, de nombreux indices de Mn, Ni, Cu, Pd, Pt, Zn, Au, U ont été découverts au cours des soixante dernières années. Les principaux types de minéralisation décrits (Clark, 1994 et Wares, 1991) sont les suivants :

- Fe et Mn de la Formation de Sokoman (taconite ou type « lac Supérieur ») ;
- Cu-Ni±Co±Pd±Pt à la base des filons-couches mafiques et ultramafiques ;
- Cu de type stratiforme et Zn-Cu-Au-Ag±Pb dans les séquences grésopélitiques de type syngénétique exhalatif (SEDEX) ;
- Cu dans les dolomies (Kupferschiefer remobilisé) ;
- Cu±U±Au épigénétiques associés à des failles de chevauchement ;
- U dans les sédiments détritiques (concentration épigénétique d'une minéralisation d'origine syngénétique) ;
- Au filonien associé aux formations de fer paléoprotérozoïques (minéralisation épigénétique et tardi-tectonique) ;
- Cu épigénétique dans les dykes de gabbro ;
- Nb-terres rares dans les complexes de carbonatite (ex : carbonatite de Lemoyne).

L'Orogène de l'Ungava (Fosse de l'Ungava) est une ceinture volcanosédimentaire dont l'âge varie entre 2 038 et 1 845 Ma (Machado *et al.*, 1993). Elle s'étire sur plus de 370 km et sa largeur varie entre 35 et 77 km. Elle est surtout formée de roches ignées et sédimentaires

dans le faciès des schistes verts et des amphibolites. Elle se divise en deux domaines métamorphiques et structuraux séparés par une faille majeure de chevauchement, la Faille de Bergeron (FB sur la figure 2; Lamothe, 1994). Le domaine nord est principalement métamorphisé au faciès des amphibolites inférieur ou moyen, alors que le domaine sud, plus faiblement déformé, est généralement métamorphisé au faciès des schistes verts. Ce dernier est actuellement le plus intéressant pour l'exploration minérale, notamment en raison des importantes unités de laves et de filons-couches mafiques et ultramafiques qu'il renferme. C'est d'ailleurs dans le domaine sud que sont situés les trois gisements de la mine Raglan (lac Cross, Katinik et Donaldson) issus de la ségrégation à partir d'un magma ultramafique. Les gisements sont constitués de différentes lentilles de sulfures de nickel et de cuivre qui suivent un même niveau stratigraphique localisé à la base d'horizons de péridotite et gabbro (Lamothe, 1994). Les réserves de la mine, dont la production a débuté en 1998, sont estimées à 19 Mt à une teneur moyenne de 3,12 % de Ni et 0,88 % de Cu.

L'Orogène Torngat, d'âge Paléoprotérozoïque, groupe des roches supracrustales et éruptives métamorphisées jusqu'au faciès des granulites. Les principales lithologies rencontrées sont les suivantes : le paragneiss, l'orthogneiss charnockitique, le granite (grenatifère ou non), l'amphibolite, des roches ultramafiques diverses ainsi que des migmatites (archéennes). Orienté NW-SE, l'Orogène Torngat s'étend sur 550 km le long de la frontière Québec-Labrador. Elle se poursuit vers le nord jusque dans l'île de Baffin atteignant ainsi plus de 1 200 km de longueur. Plusieurs événements tectonométamorphiques ont été datés entre 1 806 et 1 780 Ma par la méthode U-Pb sur zircons et monazites (Bertrand *et al.*, 1990). L'Orogène Torngat marque la collision entre la sous-province archéenne de Rae et la Province de Nain (Ermanovics et Van Kranendonk, 1990; Van Kranendonk et Ermanovics, 1990; Mengel *et al.*, 1991).

La sous-province de Rae est peu connue comparativement aux autres secteurs de la Province de Churchill. Elle est constituée en grande partie de gneiss archéens (Clark, 1994; Van Kranendonk et Wardle, 1997) qui représentent un socle sur lequel des roches protérozoïques supracrustales ont été déposées. La Formation de Lake Harbour est une unité de roches supracrustales d'âge Paléoprotérozoïque qui compte parmi celles qui présentent le meilleur potentiel de découverte. Elle comprend des marbres, des quartzites, des paragneiss rouillés et graphiteux, des amphibolites, des roches métavolcaniques et des paragneiss pélitiques (Taylor, 1979). Certains plutons granitiques tardifs dont le batholite de De Pas, daté à 1,84 Ga (Van der Leeden *et al.*, 1990) appartiennent également au Paléoprotérozoïque : large de 20 à 50 km cette intrusion se prolonge sur plus de 500 km. Les plutons post-tectoniques mésoprotérozoïques auxquels appartient le granite peralcalin du lac Brisson peuvent être minéralisés. Une importante minéralisation de Zr-Y-Nb-Be-ETR, le gîte de Strange Lake (figure 1), est localisée dans la partie centrale de ce pluton qui mesure 5 km sur 7 km (Birkett *et al.*, 1992). Les principaux types de minéralisations rapportés dans la Province de Rae sont les suivants :

- Cu-Ni dans les suites plutoniques anorthositiques et dans les intrusions mafiques et ultramafiques ;
- Ni-Zn-Cu-graphite dans les paragneiss ;
- Diamants dans les kimberlites : les kimberlites d'Abloviak au Québec s'apparentent à celles d'Holsteinsborg et de Sukkertoppen dans le sud-ouest groenlandais (Digonnet *et al.*, 1996).

2.1.3 La Province de Grenville

La Province de Grenville affleure au Québec (figure 2) dans une bande de 300 à 660 km de largeur qui s'étend en direction du NE sur plus de 1 300 km. Le Grenville

représente la racine profonde d'une ancienne chaîne de montagnes comparable à l'Himalaya d'aujourd'hui. C'est pourquoi les roches qu'on y trouve sont affectées par un métamorphisme élevé (faciès des amphibolites jusqu'au faciès des granulites). Le Grenville est également caractérisé par la présence de nombreuses intrusions magmatiques de haute température dont les mangérites et les anorthosites. Nous avons choisi ici de décrire brièvement le Grenville en utilisant les subdivisions de Rivers *et al.* (1989) qui sont basées sur des observations de nature tectonique, magmatique et métamorphique.

Le Front de Grenville est une discontinuité physique majeure qui témoigne de la fin du cycle orogénique du Grenville (950 Ma) et qui met en contact les terrains mésoprotérozoïques grenvilliens avec des terrains d'âges Archéen et Paléoprotérozoïque du Supérieur et du Churchill (Hocq, 1994). *Le domaine autochtone* représente tous les terrains limitrophes, archéens et protérozoïques, situés au nord-ouest du Front de Grenville. *Le domaine parautochtone* forme une bande de 25 km à 120 km de largeur qui s'étend le long du Front de Grenville. Il est essentiellement constitué d'orthoigneiss tonalitiques, dioritiques et granodioritiques migmatisés d'âge Archéen, Paléoprotérozoïque ou Mésoprotérozoïque. Le parautochtone contient aussi des filons de diabase ou de microgabbro, d'âges divers, métamorphisés jusqu'au faciès des granulites. *Le domaine allochtone polycyclique* regroupe des terrains transportés sur la ceinture parautochtone. Les roches supracrustales y ont subi plus d'un cycle orogénique majeur (d'où le terme polycyclique) avant l'Orogène grenvillien. La partie sud-ouest de cette ceinture est surtout constituée de gneiss tonalitiques et granitiques, mais aussi d'amphibolites, de paragneiss variés et de lambeaux de marbres ou de roches calcosilicatées associés à des orthoigneiss. Au centre du Grenville, les migmatites et les orthoigneiss quartzo-feldspathiques prédominent. Enfin, la partie nord de l'allochtone polycyclique (environ 200 000 km²) est caractérisée par une abondance de gneiss charnockitiques et d'amphibolites. Ajoutons que plusieurs intrusions anorthositiques sont dispersées à travers toute la ceinture.

Le domaine allochtone monocyclique, affecté uniquement par le cycle orogénique grenvillien, est formé de trois terrains. Le terrain de Mont-Laurier est constitué de marbres, de quartzites et de pélites de plate-forme et par des niveaux d'amphibolites d'âge Mésoprotérozoïque dans lesquels se sont insérés des filons-couches de gabbro et des intrusions felsiques et mafiques dont certaines de composition ultrapotassique. Le terrain de Morin renferme surtout des intrusions charnockitiques et anorthositiques (environ 1 160 Ma) qui recourent des métasédiments et des orthogneiss. Le terrain de Wakeham est très différent des deux autres. Il est principalement formé de roches silicoclastiques et de filons-couches gabbroïques au faciès des schistes verts (Martignole *et al.*, 1987; Madore *et al.*, 1996). Dans la partie est du Wakeham, l'âge des sédiments se situe entre 1,6 et 1,5 Ga (Madore *et al.*, 1998).

La Province de Grenville est surtout reconnue pour ses ressources en fer, en minéraux et en roches industrielles, ainsi qu'en pierres architecturales. Les gisements de fer localisés entre Fermont et Gagnon sont situés dans le Parautochtone, plus précisément dans le prolongement des formations de fer de la Fosse du Labrador. Il n'y a plus qu'une seule mine en exploitation au Québec, soit celle de Fermont (Mont Wright). Elle produit annuellement environ seize millions de tonnes de concentré d'hématite (MRN, 1998a).

Le Québec est l'un des principaux producteurs d'ilménite au monde, grâce à l'énorme gisement du lac Tio situé dans l'anorthosite du lac Allard, au nord de Havre-Saint-Pierre. En 1996, QIT-Fer et titane était le premier producteur mondial d'ilménite et le second producteur de scorie de titane (MRN, 1998a). Avec ses réserves prouvées de 60 Mt, il se classe deuxième au monde (MRN, 1998c).

Les minéralisations en niobium et en tantale, dont celles de la mine Niobec, à Saint-Honoré près de Chicoutimi, sont associées à des syénites alcalines et à des carbonatites post-grenvilliennes. Celles-ci se sont mises en place dans le réseau de grabens, issus d'un

relâchement des contraintes lithosphériques. Le minerai de pyrochlore de Niobec (figure 1), permet au Canada de figurer au second rang des producteurs de niobium, derrière le Brésil, avec environ 12 % de la production mondiale (MRN, 1998a). La wollastonite (figure 1) contenue dans un lambeau de roche calcosilicatée associé au complexe anorthositique du Lac-Saint-Jean est exploitée par Ressources minières Orléans.. Les réserves sont évaluées à 25 millions de tonnes. La phlogopite est extraite d'une syénite alcaline, près de Parent (figure 1), et acheminée à l'usine des Produits Mica Suzorite, à Boucherville. Le graphite de Stratmin Graphite (figure 1) qui est concentré à Lac-des-Îles (25 000 tonnes par année) provient des métasédiments du terrain de Mont-Laurier. Ce terrain recèle aussi des carrières de marbre dolomitique et de feldspath et on y a déjà exploité des carrières de brucite et de magnésite. Il renferme également plusieurs indices de syénite à néphéline et de kaolin. L'apatite apparaît en quantités appréciables dans les carbonatites et dans les pegmatites reliées ou non aux intrusions alcalines. Des concentrations économiques d'apatite-ilménite ont été trouvées dans le complexe mafique stratifié de Sept-Îles (figure 1) qui compte parmi les plus volumineuses des intrusions tholéïtiques au monde. Le minerai dont les réserves excèdent 100 Mt est formé de roches qui contiennent plus de 50 % d'apatite, d'ilménite et de magnétite (Cimon, 1998, Cimon et McCann, 1999).

Enfin, c'est dans le Grenville que l'on retrouve le plus grand nombre de carrières de granit architectural du Québec. En 1999, 38 carrières sont exploitées dans les granitoïdes, les mangérites et les roches anorthositiques.

La Province de Grenville a longtemps été considérée comme le parent pauvre des provinces géologiques du Bouclier canadien, car peu de gisements exploitables de métaux usuels et précieux y ont été découverts. Bien que les indices de métaux usuels ou précieux aient été observés un peu partout dans le Grenville, ils n'ont conduit à l'exploitation que de quelques mines maintenant fermées ou épuisées. Ce sont les mines de Zn-Pb-Ag de New-Calumet, de Zn-Pb-Ag-Au de Montauban, et celles de Ni-Cu du lac Renzy et du lac Edouard. Les gîtes

polymétalliques sont associés à des exhalites dans des contextes volcanosédimentaires tandis que les gîtes de Ni-Cu, orthomagmatiques, sont contenus dans des intrusions de roches mafiques et ultramafiques parfois associées aux anorthosites. La découverte, au mois d'août 1996, d'un indice de sulfures massifs, titrant en moyenne 2 % de Ni, 2,3 % de Cu et 0,1 % de Co, au nord de Sept-Îles, a stimulé l'exploration sur la Côte-Nord et dans le Grenville en général. Ceci s'explique par le fait que l'indice du lac Volant présente plusieurs similitudes avec le gisement de Voisey's Bay (Perreault et al, 1996 ; Nabil et al., 1998; Ryan, 1996). Les principaux indices de Cu-Ni-Co se retrouvent soit aux marges des suites anorthositiques soit à l'intérieur des dykes mafiques ou ultramafiques qui recoupent les roches mafiques granulitiques (lac Volant) soit dans les dykes mafiques associés aux roches supracrustales.

2.2 La plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches

Au sud du fleuve Saint-Laurent, le Québec est principalement constitué de roches paléozoïques dont l'âge varie de 275 Ma à 570 Ma (tableau 2). Le Paléozoïque est subdivisé en deux provinces géologiques : les strates peu déformées en bordure du Bouclier canadien sont assignées à la plate-forme du Saint-Laurent, alors que les couches plissées et faillées, au sud-est de la plate-forme, font partie de l'Orogène appalachien. La limite entre les deux provinces est une zone de failles de chevauchement appelée faille ou ligne de Logan (FL sur la figure 2), située au front des nappes de chevauchement appalachiennes. Les roches paléozoïques sont recoupées, dans la région de Montréal, par des plutons alcalins du Crétacé et par des carbonatites.

La plate-forme du Saint-Laurent est elle-même subdivisée en deux sous-provinces : la plate-forme des Basses-Terres du Saint-Laurent, à l'ouest de Québec, et la plate-forme d'Anticosti dans le golfe du Saint-Laurent (figure 2). La séquence sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent est d'âge Cambrien tardif et Ordovicien. On y rencontre de la base au sommet : des grès, des carbonates, des shales, des siltstones (flysch) et des shales rouges

(Globensky, 1987). La partie exposée de la séquence sédimentaire de la plate-forme d'Anticosti est d'âge Ordovicien et Silurien et elle est essentiellement carbonatée.

Les Appalaches sont les restes d'une grande chaîne de montagnes qui s'étend sur plus de 2 500 km, de l'Alabama, au centre des Etats-Unis, jusqu'à Terre-Neuve, à l'extrémité est du Canada. Cet orogène s'est développé sur une période d'environ 200 Ma (Brisebois et Brun, 1994) au cours de trois phases orogéniques successives : les orogénèses taconienne, acadienne et alléghanienne. La partie québécoise comprend surtout des roches sédimentaires qui forment trois grandes unités lithostratigraphiques parallèles à l'orogène : il s'agit du Cambro-Ordovicien, du Siluro-Dévonien et du Permo-Carbonifère (Bassin des Maritimes)

Le Cambro-Ordovicien comprend un prisme de roches sédimentaires et volcaniques mis en place sur la marge du continent paléozoïque appelé Laurentia (Zone de Humber sur la figure 2) et des roches du domaine océanique de l'Iapétus (Zone de Dunnage sur la figure 2). Le domaine océanique est constitué de complexes ophiolitiques, de mélanges tectoniques et sédimentaires caractéristiques des prismes d'accrétion, de séquences volcaniques d'arcs insulaires et de séquences sédimentaires. Ajoutons que les séquences ophiolitiques affleurent à plusieurs endroits le long d'une structure appelée ligne Baie Verte - Brompton (LBVB sur la figure 2) qu'on a tracé de Terre-Neuve, au nord-est, jusqu'au Etats-Unis, au sud : c'est le long de cette ligne que sont situés les énormes gisements d'amiante d'Asbestos et de Thetford Mines (figure 1).

Le Siluro-Dévonien est un assemblage de roches sédimentaires, volcaniques et intrusives qui s'est formé dans un bassin successeur de l'orogénèse taconienne (Béland, 1982). Il est constitué de plusieurs unités structurales dont la principale, le synclinal de Connecticut Valley-Gaspé (SCVG), est tracée sur la figure 2. Celui-ci avec l'anticlinorium d'Aroostook-Percé et le synclinal de la baie des Chaleurs forment la ceinture de Gaspé (Bourque *et al.*, 1993). Le Siluro-Dévonien comprend des silicoclastites, des calcaires et des volcanites

bimodales. Le principal assemblage est représenté par les Calcaires supérieurs de Gaspé d'âge Dévonien précoce représentant une séquence de calcaires, de mudrocks et de volcanites qui s'est déposée sur une plate-forme marine profonde. Cette unité contient les gisements de cuivre de Mine Gaspé, à Murdochville qui sont des skarns cuprifères et des stockwerks cupro-molybdénifères associés à des intrusions granitiques siluro-dévoniennes.

Les roches du Permo-Carbonifère (Bassin des Maritimes) affleurent dans la frange sud-est de la Gaspésie et aux Îles-de-la-Madeleine (figure 1). En Gaspésie, les lits rouges du Carbonifère inférieur, déposés en milieu fluviatile, reposent en discordance d'érosion sur les roches sous-jacentes (Brisebois et Brun, 1994).

L'importance des roches paléozoïques dans l'économie du Québec remonte au début de la colonisation au XVII^e siècle. Au XX^e siècle, même si l'intérêt des compagnies minières s'est déplacé vers le Bouclier canadien, les roches paléozoïques sont demeurées importantes pour l'économie minérale de la province (tableau 3). L'exploitation des grands gisements d'amiante chrysotile de l'Estrie, du plus grand gisement de cuivre des Appalaches, à Murdochville, en Gaspésie, du gisement de sel Seleine des Îles-de-la-Madeleine et de nombreux gisements de matériaux de construction, de minéraux industriels contribuent largement à la vitalité de l'industrie minière québécoise.

2.3 Le Quaternaire

Au cours des deux derniers millions d'années, les glaciers ont considérablement modifié le paysage du Québec (Hocq et Martineau, 1994). La dernière glaciation, la glaciation wisconsinienne, amorcée il y a environ 100 000 ans, est particulièrement importante puisqu'elle a remanié ou érodé pratiquement toutes les dépôts meubles, les dépôts organiques et les paléosols mis en place au cours des glaciations antérieures.

Les glaciations du Quaternaire ont généré des dépôts meubles, moraine, granulats, sables et argiles qui sont économiquement importants. Enfin, soulignons que la tourbe de sphaigne est extraite d'une quarantaine de tourbières, le long des rives nord et sud du fleuve Saint-Laurent.

Tableau 2 – Les Appalaches et la plate-forme du Saint-Laurent dans l'échelle des temps géologique (modifié de Brisebois et Brun, 1994).

ÉONS	ÈRES	PÉRIODES (en Ma)	ÉVÉNEMENTS GÉOLOGIQUES	
PHANÉROZOÏQUE	CÉNOZOÏQUE	~10 000 ans Quaternaire	— Mer de Champlain — Glaciations	
		1,6		
		Tertiaire		
	MÉSOZOÏQUE	66,4		
		Crétacé	— Intrusions montréalaises (130 – 99 Ma)	
		144		
		Jurassique	— Début de l'ouverture de l'Atlantique	
		208		
		Trias	— Impact de Manicouagan	
		245	— Volcanisme et sédimentation continentale dans les Maritimes	
		Permien	— Sédimentation continentale, halocinèse (îles de la Madeleine)	
		286		
		Carbonifère	Pennsylvanien	--- Discordance alléghanienne (orogénèse alléghanienne) — Fermeture de l'Iapetus
			320	
			Mississippien	— Sédimentation Permo-Carbonifère — Volcanisme et dépôts de sel (îles de la Madeleine), lits rouges (Gaspésie)
			360	--- Discordance acadienne (orogénèse acadienne)
		PALÉOZOÏQUE	Dévonien	— Impact de Charlevoix
			408	
Silurien	— Sédimentation et volcanisme dans la ceinture de Gaspé			
438				
Ordovicien	--- Discordance taconienne (orogénèse taconienne)			
500				
PRÉCAMBRIEN	PROTÉROZOÏQUE	Cambrien	Zone de Humber — Flysch — Écailles et mélanges — Plate-forme — Terrains volcaniques, océaniques — Rift — Sédiments terrigènes, etc	
		570		
		Anorthosite de Sept-îles		
		Néoprotérozoïque		
		1 000		
		Mésoprotérozoïque	— Terrain de Chain Lakes	
		1 600		
		Paléoprotérozoïque		
		2 500		

Tableau 3 : Les principales substances minérales d'intérêt économique dans la plateforme du Saint-Laurent et dans les Appalaches (modifié de Brisebois et Brun, 1994)

GASPÉSIE	ESTRIE- BASSES-TERRES	AUTRES
Olivine Dolomie Calcaire Quartz	Chrome Dolomie Calcaire Quartz Chrysolite Talc (stéatite) Grès Schiste Granite Syénite à néphéline Basalte Magnésium	Sel - halite Silice Sable Tourbe

3 PERSPECTIVES

La mondialisation de l'exploration minière observée depuis le début de la présente décennie s'est manifestée par une redistribution de l'activité à travers le monde. Ainsi l'Amérique latine, l'Afrique et l'Asie du sud-est ont vu leur part des budgets d'exploration s'accroître de façon significative et ce, principalement aux dépens du Canada, des États-Unis et de l'Australie. Au Québec, depuis 1991, les dépenses en exploration se situent sous le seuil des 150 millions de dollars, lequel, de l'avis du milieu en exploration minérale, doit être atteint annuellement pour assurer le renouvellement des réserves. En 1997, par exemple, les dépenses d'exploration ont été de 116 millions de dollars (MRN, 1998a). Pour contrer l'exode des capitaux d'exploration, le gouvernement québécois a adopté plusieurs mesures dont l'une, fort importante, qui vise l'acquisition accélérée de connaissances dans les régions peu connues ou peu accessibles. Le secteur visé englobe presque tout le territoire situé au nord du 50° parallèle

à l'exclusion de la Fosse du Labrador et de la Fosse de l'Ungava ce qui représente plus de 550 000 km², soit près de 30 % du Québec. La cartographie du territoire compris entre les 50° et 55° parallèles dénommé Moyen-Nord fut amorcé en 1994. La cartographie qui y fut réalisée au 1:50 000 a largement contribué à la découverte de près de 200 indices métallifères, principalement des indices d'or, à l'ouest (Baie-James) et des indices de cuivre/nickel à l'est (Côte-Nord) en mettant en évidence bon nombre de contextes géologiques prometteurs (Chartrand et al., 1998).

En 1998 Géologie Québec a amorcé la cartographie des terrains du Grand-Nord situés au nord du 55° parallèle. Les données acquises jusqu'à maintenant permettent de croire que ce territoire présente un fort potentiel pour l'or, les métaux usuels et le diamant.

L'avenir de l'industrie minière québécoise dépendra donc, comme ailleurs dans le monde, de découvertes importantes dans des secteurs négligés. Il reposera aussi sur les nouvelles découvertes de l'Abitibi. Bien qu'une partie importante de cette région ait été intensivement prospectée au cours des 70 dernières années, certains secteurs, notamment ceux de la partie septentrionale de l'Abitibi, l'ont été insuffisamment. Par ailleurs, la plupart des mines trouvées au cours des années 80 et 90 étaient situées à plus de 300 m de profondeur. Pourtant, à peine 6 % des forages au diamant ont franchi la limite des 200 m de profondeur (MRN, 1998b). Il faudra donc parfaire notre connaissance de la géologie des districts miniers par des études spécifiques (notamment dans le domaine de la métallogénie) et des synthèses. Il sera également nécessaire d'accroître notre connaissance du sous-sol en acquérant des données nouvelles dans les zones plus profondes. Enfin, il faudra favoriser une plus grande ouverture sur les modèles géologiques moins familiers et s'intéresser davantage à l'exploitation de substances autres que les métaux usuels ou précieux.

CONCLUSION

Le Québec est bien pourvu en ressources minérales comme en témoigne la valeur de sa production minérale et la variété des substances produites. Ceci s'explique par le fait qu'il est doté d'une géologie très favorable. En effet, 90 % du sous-sol québécois est formé par les roches précambriennes du Bouclier canadien. Néanmoins, jusqu'à très récemment, l'activité minière s'est concentrée essentiellement le long du fleuve Saint-Laurent et en Abitibi. Les découvertes des dernières années (or, cuivre, nickel, wollastonite, apatite, etc.) confirment le potentiel minéral de plusieurs zones peu connues ou moins accessibles du Grenville et du Supérieur. C'est pourquoi l'acquisition des nouvelles connaissances géologiques dans les territoires peu connus est devenu une priorité au Québec comme en témoignent le Programme d'exploration minière du Moyen-Nord lancé, en 1994, et le nouveau Programme d'exploration minière du Grand-Nord, amorcé en 1997. Il ne faut pas pour autant négliger les districts miniers établis où des gisements métallifères importants continuent d'être découverts en plus grande profondeur.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent à messieurs Marc Bélanger, Daniel Brisebois, Jules Cimon, Thomas Clark ainsi qu'à madame Suzie Nantel, des collègues de longue date. Leurs généreux commentaires ont permis d'améliorer grandement la version originale de cet article.

RÉFÉRENCES

BÉLAND J. (1982) - Geology of the Quebec Appalachians. In : excursion 7B; Paleozoic continental margin sedimentation in the Québec Appalachians. (R. Hess, G.V. Middleton, and B.R. Rust, editors) International Association of Sedimentologists, guide d'excursion 7B, pages 11-23

-
- BERTRAND J.-M., VAN KRANENDONK M., HANMER S., RODDICK J.C. et ERMANOVICS I. (1990) - Structural and metamorphic geochronology of the Torngat Orogen in the North River-Nutak transect area, Labrador : Preliminary results of U/Pb dating. *Geoscience Canada*; volume 17, pages 297-301.
- BIRKETT T.C., MILLER R.R., ROBERTS A.C. et MARIANO A.C. (1992) - Zirconium-bearing minerals of the Strange Lake intrusive complex, Quebec-Labrador. *Canadian Mineralogist*; volume 30, pages 191-205.
- BOURQUE P.A., GOSSELIN, C., KIRKWOOD D., MALO M. et ST-JULIEN P. (1993) – Le Silurien du segment appalachien Gaspésie-Matapédia-Témiscouata : stratigraphie, géologie structurale et paléogéographie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 93-25, MB 93-43 et MB 93-44.
- BRISEBOIS D. et BRUN J. (1994) – La plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches. In : *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01, pages 95-120.
- CHARTRAND F. (1994) - Synthèse des gisements métallifères dans le Nord-Ouest québécois. In : *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01, pages 39-46.
- CHARTRAND F., SIMARD A., CLARK T. et MORIN R. (1998) – Geological framework of mineral deposits in the Near North of Québec. CIM/CMMI/MIGA Montréal'98, CD-ROM.
- CLARK T. (1994) - Géologie et gîtes de l'Orogène du Nouveau-Québec et de son arrière-pays. In : *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01, pages 47-65.
- CIMON J. (1998) - Le Complexe de Sept-Îles : I - L'unité à apatite de Rivière des Rapides, Complexe de Sept-Iles : localisation stratigraphique et facteurs à l'origine de sa formation. Ministère des Ressources naturelles, Québec ; ET 97-05, pages 1 à 33.
- CIMON J. et McCANN J. (1999) –Le gîte d'apatite-ilménite de Sept-Îles, Québec, Canada : un produit de différenciation magmatique dans un complexe mafique stratifié cambrien. *Chronique de la recherche minière* (présent numéro)
- DIGONNET S., GOULET N., BOURNE J. et STEVENSON R. (1996) – Modèle de mise en place des kimberlites diamantifères dans les Torngat, Nouveau-Québec. In :

- Programme et résumés des conférences, Séminaire d'information 1996, Ministère des Ressources naturelles, Québec ; DV 96-02, page 18.
- ERMANOVICS I. et VAN KRANENDONK M. (1990) - The Torngat Orogen in the North River-Nutak transect area of Nain and Churchill provinces. *Geoscience Canada*; volume 17, pages 179-283.
- GLOBENSKY Y. (1987) - Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 85-02, 63 pages.
- HOCQ M. (1994) - La Province de Grenville. In : *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01, pages 75-94.
- HOCQ M. et MARTINEAU G. (1994) - Le quaternaire. In : *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01, pages 121-128.
- HOCQ M. et VERPAELST P. (1994) - Les sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac. In : *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01, pages 21-37.
- KIRKHAM R.V. et SINCLAIR W.D (1996) - Gîtes filoniens de cuivre. *In* : *Géologie des types de gîtes minéraux du Canada*, rév. par O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair et R.I. Thorpe, Commission géologique du Canada, *Géologie du Canada*, no 8, pages 441-451.
- LAMOTHE D. (1994) - Géologie de la Fosse de l'Ungava, Nouveau-Québec. In : *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01, pages 67-74.
- MACHADO N., DAVID J., SCOTT D.J., LAMOTHE D., PHILIPPE S. et GARIÉPY C. (1993) - U-Pb geochronology of the western Cape Smith Belt, Canada : new insights on the age of initial rifting and arc magmatism. *Precambrian Research*, 63, pages 211-223.
- MACHADO N., CLARK T., DAVID J. et GOULET, N. (1997) - U-Pb ages for magmatism and deformation in the New Quebec Orogen. *Revue canadienne des Sciences de la Terre*; volume 34, pages 716-723.
- MADORE L., VERPAELST P., BRISEBOIS D., DION D.-J., CHOINIÈRE J. et HOCQ M. (1996) - Géologie et potentiel minéral de la partie nord-est du terrane de Wakeham, province de Grenville. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 96-02, page 9.

-
- MADORE L., VERPAELST P., BRISEBOIS D. et DAVID J. (1998) – Nouvelles balises pour un modèle d'évolution du « Terrane de Wakeham », Province de Grenville, Québec . Association géologique du Canada/Association minéralogique du Canada/Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec, réunion annuelle, programme et résumés ; volume 23, page A-116.
- MARTIGNOLE J., INDARÈS A. et KISH L. (1987) - Le Supergroupe de Wakeham dans la partie nord-est de la province de Grenville. In : Exploration au Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 87-25, pages 91-94.
- MENGEL F., RIVERS T. et REYNOLDS P. (1991) - Lithotectonic elements and tectonic evolution of Torngat Orogen, Saglek Fjord, northern Labrador. Journal canadien des Sciences de la Terre; volume 23, pages 1407-1423.
- MRN (2000a) - Bilan et faits saillants de l'industrie minérale du Québec 1999. Ministère des Ressources naturelles, Québec ; 11 pages.
- MRN (2000b) - Rapport sur les activités d'exploration minière au Québec en 1999, Ministère des ressources naturelles, Québec; DV 2000-01, 98 pages.
- MRN (1998a) - L'industrie minérale du Québec 1997. Ministère des Ressources naturelles, Québec ; 45 pages.
- MRN (1998b) – L'exploration minière au Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; 46pages. Inédit
- MRN (1998c) - Rapport sur les activités d'exploration minière au Québec en 1997, Ministère des ressources naturelles, Québec; DV 98-01, 90 pages.
- NABIL H., BARNES S.-J. et CLARK T. (1998) - Indice de Ni-Cu-Co du lac Volant : mise en place dans un contexte semblable à Voisey's Bay, aux indices grenvilliens et sveconorvégiens. Association géologique du Canada/Association minéralogique du Canada/Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec, réunion annuelle, programme et résumés ; volume 23, page A-132.
- PERREAULT S., CLARK T., GOBEIL A., CHEVÉ S., DION D.J., CORRIVEAU L., NABIL H. et LORTIE P. (1996) - Le potentiel en Cu-Ni-Co de la région de Sept-Îles : l'indice du lac Volant. Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 96-06, 12 pages.

-
- PILOTE P., JOANISSE A., DAIGNEAULT R., MAGNAN M., KIRKHAM R.V. et ROBERT F. (1998) – Les gisements de type Cu-Au porphyrique archéens du camp minier du lac Doré, Chibougamau: reconstruction géométrique et temporelle. Association géologique du Canada/Association minéralogique du Canada/Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec, réunion annuelle, programme et résumés ; volume 23, page A-147.
- POULSEN K.H. et HANNINGTON M.D. (1996) - Gîtes de sulfures massifs aurifères associés à des roches volcaniques. *In* : Géologie des types de gîtes minéraux du Canada, rév. par O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair et R.I. Thorpe, Commission géologique du Canada, Géologie du Canada, no 8, pages 202-217.
- RACICOT D. (1990) - La production minière dans la partie québécoise de la Sous-Province d'Abitibi : 1927-1988. Éditeurs : M. Rive, P. Verpaelst, Y. Gagnon, J.M. Lulin, G. Riverin et A. Simard. L'Institut canadien des mines et de la métallurgie; volume spécial 43, pages 35-42
- RIVERS T., MARTIGNOLE J., GOWER C.F. et DAVIDSON T. (1989) - New tectonic divisions of the Grenville province, southeast Canadian Shield. *Tectonics*; volume 8, pages 63-84.
- ROBERT F. (1996) - Gîtes de quartz-carbonates aurifères. *In* : Géologie des types de gîtes minéraux du Canada, rév. par O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair et R.I. Thorpe, Commission géologique du Canada, Géologie du Canada, no 8, pages 387-405.
- ROHON M.-L., VIALETTE Y., CLARK T., ROGER G., OHNNENSTETTER D. et VIDAL P. (1993) - Aphebian mafic-ultramafic magmatism in the Labrador Trough (New Quebec) : age and nature of the mantle source. *Revue canadienne des Sciences de la Terre*; volume 30, pages 1582-1593.
- RYAN R. (1996) - The Voisey's bay nickel-copper-cobalt deposit, Labrador, Canada : magmatic sulfide in anorogenic troctolitic rocks. *Chronique de la recherche minière*, No 525, pages 3-11
- TAYLOR F.C. (1979) – Reconnaissance geology of a part of the Precambrian Shield, Northeastern Québec, Northern Labrador and Northwest Territories. Geological Survey of Canada ; memoir 393, 99 pages.
- VALLIÈRES M. (1988) - Des mines et des hommes; histoire de l'industrie minérale du Québec. Les publications du Québec, 439 pages.

-
- VAN der LEEDEN J., BÉLANGER M., DANIS D., GIRARD R. et MARTELAIN J. (1990) - Lithotectonic domains in the high-grade terrain east of the Labrador Trough (Québec). In : The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America (J.F. Lewry and M.R. Stauffer, editors). Geological Association of Canada; Special paper 37, pages 371-386.
- VAN KRANENDONK M., et ERMANOVICS I. (1990) - Structural evolution of the Hudsonian Torngat Orogen in the North River map area, Labrador : Evidence for east-west transpressive collision of Nain and Rae continental blocks. Geoscience Canada; volume 17, pages 283-288.
- VAN KRANENDONK M. et WARDLE R.J. (1997) –Crustal-scale flexural slip folding during late tectonic amplification of an orogenic boundary perturbation in the Paleoproterozoic Torngat Orogen, northeastern Canada. Revue canadienne des Sciences de la Terre, volume 34, pages 1545-1565.
- WARES R. (1991). Synthèse métallogénique et potentiel économique du nord de la Fosse du Labrador. Ministère des ressources naturelles, Québec, DV 91-26, pages 35 – 37.