

Le zinc (Zn) est le 23^e élément le plus abondant dans la croûte terrestre, représentant environ 0,0075 % de celle-ci en poids. Le nom *zinc* est d'origine allemande et pourrait être dérivé du mot persan *sing*, qui signifie *Pierre*. Le zinc fait partie des métaux communs, c'est-à-dire ceux qui se corrodent facilement par oxydation.

À l'état pur, le zinc est un métal blanc bleuâtre. Il a une densité relative de 7,14 g/cm³, ce qui est légèrement inférieur à celle du fer (Fe), et un point de fusion de 420 °C, ce qui est relativement bas par rapport à la plupart des autres métaux. On peut en faire des alliages avec le soufre (S) pour former de la sphalérite (ZnS), qui représente le gros de la production mondiale de zinc. Parmi les autres zincides, on retrouve la franklinite (ZnFe₂O₄) et la smithsonite (ZnCO₃).



Sphalérite (ZnS, brun foncé) et pyrite (FeS₂, jaune) du gisement de Nigadoo, dans le nord du Nouveau-Brunswick.



Galvanisation, où les pièces en acier sont trempées dans du zinc liquide (partie inférieure de la photographie) afin de prévenir la corrosion de l'acier.

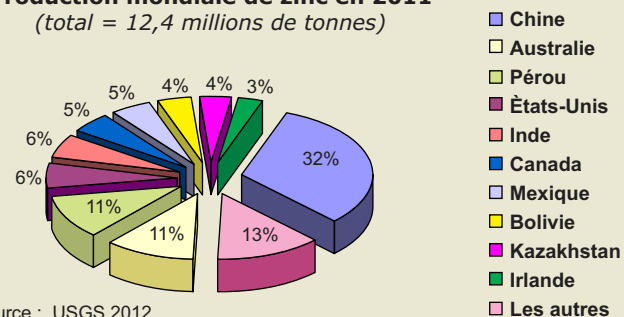
Utilisations

Plus de la moitié du zinc produit dans le monde est utilisée comme couche de protection contre la rouille sur l'acier et le fer. Le zinc est aussi utilisé dans la fabrication du laiton (un alliage de zinc et de cuivre), des batteries et de la brasure, ainsi que dans les composés médicinaux.

Production mondiale

En termes de tonnage, le zinc est au quatrième rang parmi tous les métaux produits dans le monde, derrière le fer, l'aluminium et le cuivre. Il est produit dans de nombreux pays, la production mondiale annuelle étant de l'ordre de 12 millions de tonnes. En 2011, le Canada se classait septième au monde avec une production annuelle de 670 000 tonnes. À peu près le tiers de cette production provient de mines situées au Nouveau-Brunswick. Au Canada, la production de zinc provient de divers types de gisements qui sont exploités à ciel ouvert ou sous terre.

Production mondiale de zinc en 2011
(total = 12,4 millions de tonnes)



Extraction de zinc au Nouveau-Brunswick

Presque toute la production actuelle et passée de zinc au Nouveau-Brunswick provient du camp minier de Bathurst, situé dans le nord-est de la province et reconnu à l'échelle mondiale (figure 1). Historiquement, le zinc est extrait de mines à ciel ouvert et de mines souterraines à plusieurs gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV) (figure 1), dont les suivants : Brunswick n° 6 (1), Heath Steele (2), Caribou (3), Stratmat (4), Restigouche (5) et Halfmile (6). D'après Lydon (2007), la production historique totale de zinc du camp minier de Bathurst a une valeur approximative de 27,5 milliards de dollars (en dollars canadiens de 2005). La majeure partie de la production provient de la gigantesque mine souterraine Brunswick n° 12 (7), qui a produit, jusqu'à la fin de 2010, 11,43 millions de tonnes de zinc, ainsi que des quantités appréciables de plomb (Pb), de cuivre (Cu) et d'argent (Ag).

On retrouve également une minéralisation importante de zinc dans des gisements de type SMV dans des séquences sous-marines du Dévonien précoce, dominées par des roches volcaniques et sédimentaires dans le nord-est et le centre-ouest du Nouveau-Brunswick (figures 1 et 2), notamment à Nash Creek (8), Sewell Brook (9) et Gravel Hill (10). On en retrouve également dans des gisements polymétalliques associés à des granites, comme ceux de Nigadoo (11), Keymet (12), Mount Costigan (13) et Mount Pleasant (14).

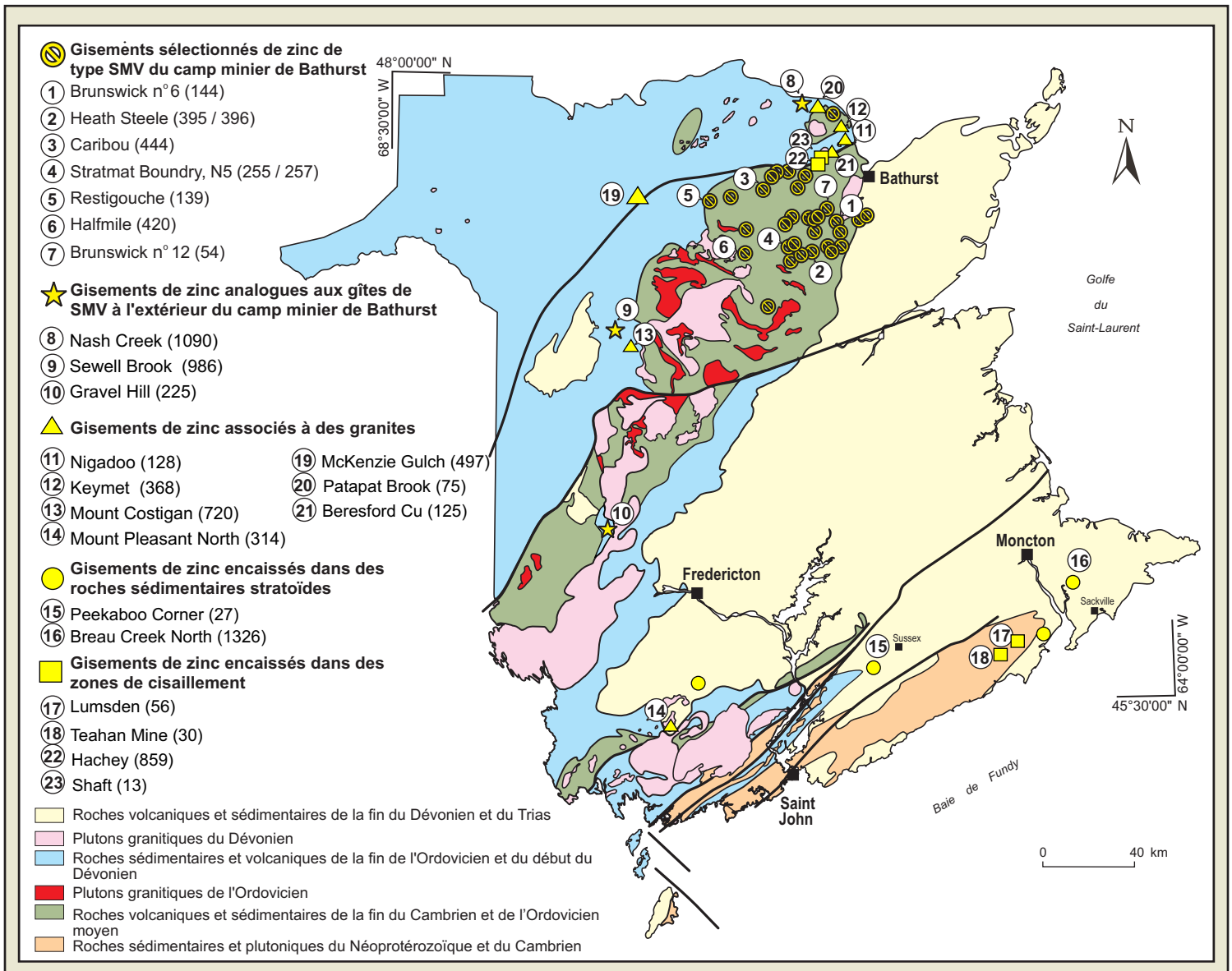


Figure 1. Gisements importants de zinc au Nouveau-Brunswick. Les chiffres entre parenthèses correspondent au numéro de référence unique attribué dans la Base de données des venues minérales du ministère de l'Énergie et des Mines du Nouveau-Brunswick (NBDEM, 2013).

Types de gisements de zinc au Nouveau-Brunswick

Gisements de sulfures massifs volcanogènes

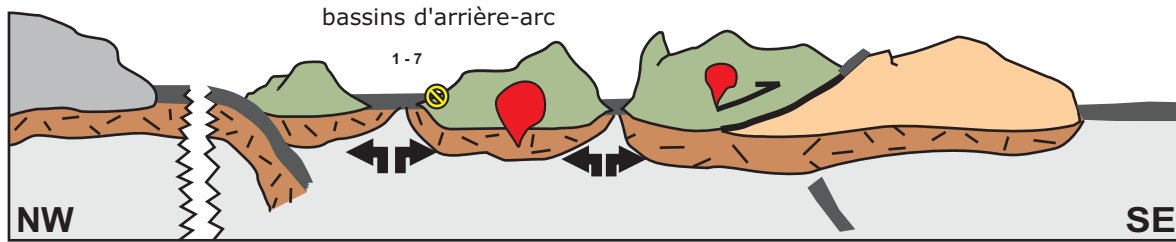
Les ressources en zinc du Nouveau-Brunswick proviennent principalement des gisements de SMV associés aux roches volcanofelsiques (riches en silice) de l'Ordovicien du camp minier de Bathurst (Franklin et al., 1981; McCutcheon et al., 2003; Goodfellow et McCutcheon, 2003). Les gisements de SMV se forment dans des bassins marins qui sont en voie d'expansion, comme les bassins d'arrière-arc où un nouveau plancher océanique est créé par un écartement le long des dorsales océaniques (figure 2, en haut). Les gisements de SMV constituent le gros des ressources mondiales primaires en zinc, qui se trouvent presque exclusivement dans la sphalérite. Les gisements de SMV sont des accumulations litées de sulfures ferrifères, zincifères, plombifères et cuprifères qui ont précipité à partir de fluides chauds riches en métaux déversés de griffons hydrothermaux (plus communément appelés fumeurs noirs) situés sur le plancher océanique (figure 3). Ces griffons sont généralement groupés, ce qui explique la répartition des 46

gisements connus dans le camp minier de Bathurst, lesquels contiennent collectivement des ressources en sulfures estimées à 500 millions de tonnes. Ces gisements sont de taille variable, allant de petits corps d'environ 100 000 tonnes à l'immense gisement Brunswick n° 12, de 350 millions de tonnes. De même, les teneurs peuvent grandement varier entre les gisements, allant d'environ 2 % en Zn + Pb à 8 % en Zn et 4 % en Pb, comme dans le cas du gisement Brunswick n° 12.

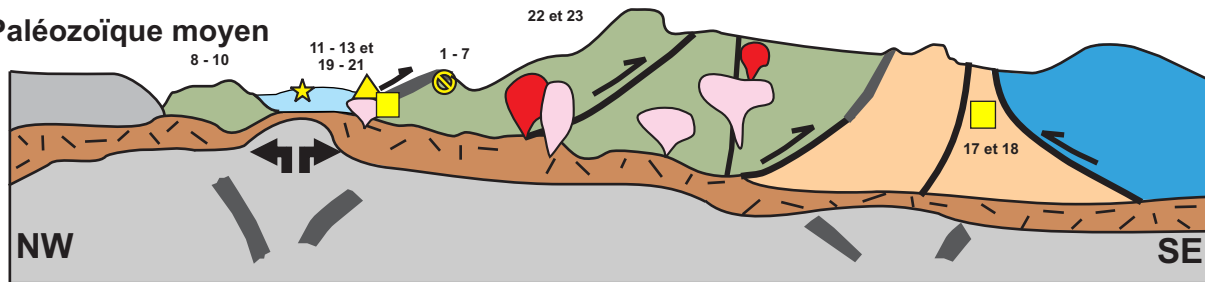
Sphalérite (brun foncé) dans le minerai à forte teneur en sulfures massifs du gisement Brunswick n° 12.



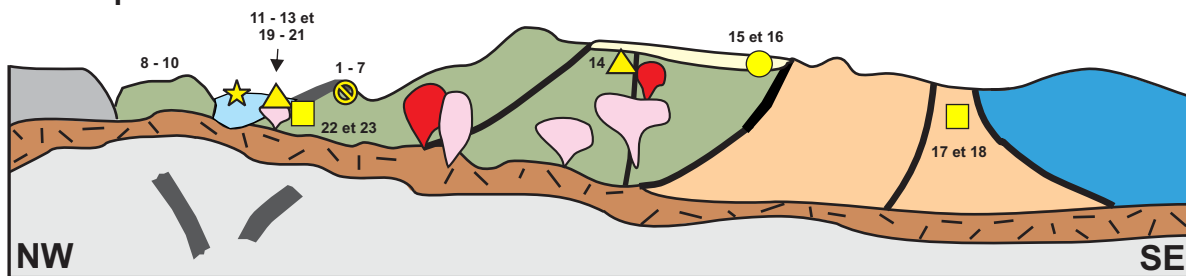
Paléozoïque précoce



Paléozoïque moyen



Paléozoïque tardif



☉ SMV

1. Brunswick No. 6
2. Heath Steele
3. Caribou
4. Stratmat Boundry, N5
5. Restigouche
6. Halfmile
7. Brunswick No. 12

★ Gisements analogues aux gîtes de SMV à l'extérieur du camp minier de Bathurst

8. Nash Creek
9. Sewell Brook
10. Gravel Hill

● encaissés dans des roches sédimentaires stratiformes

15. Peekaboo Corner
16. Breau Creek North

■ encaissés dans des zones de cisaillement

17. Lumsden
18. Teahan Mine
22. Hachey
23. Shaft

▲ associés à des granites

11. Nigadoo
12. Keymet
13. Mount Costigan
14. Mount Pleasant
19. McKenzie Gulch
20. Patapat Brook
21. Beresford Cu

Figure 2. Schéma illustrant le cadre tectonique d'importants gisements de plomb au Nouveau-Brunswick. Voir la légende de la figure 1 pour les âges et les types des roches mères (bleu foncé = roches trouvées en Nouvelle-Écosse).

Gisements de zinc associés à des granites

Au Nouveau-Brunswick, les gisements associés à des granites comprennent trois types de minéralisation : endogranitique, filonien polymétallique et skarnifère (figures 1, 2 et 4). Ces trois types se sont tous formés à partir de fluides hydrothermaux chauds qui ont été produits lors du lent refroidissement et de la cristallisation du magma granitique (riche en silice) au fur et à mesure de son ascension vers la surface de la croûte terrestre pendant le Dévonien. Les fluides riches en éléments volatils, contenant du CO₂, du SO₂ et du H₂S, ainsi que des métaux dissous (dont du zinc, du plomb, du cuivre et des métaux granophiles caractéristiques tels que du tungstène (W), du molybdène (Mo), de l'étain (Sn) et de l'antimoine (Sb)), ont été

libérés du magma ascendant alors que diminuait la pression de confinement des roches sous-jacentes. Les fluides en expansion ont fracturé les roches sous-jacentes et l'augmentation soudaine ultérieure de la pression, de même que le refroidissement qui l'a accompagnée, ont favorisé la précipitation d'assemblages complexes de minéraux métallifères.

La sphalérite (ZnS) est un minéral métallifère accessoire important dans le gisement polymétallique de Mount Pleasant, situé au sud de Fredericton (figures 1, 2 et 4). Le zinc et l'étain associés dans la zone nord du gisement Mount Pleasant (14) surviennent dans des filons de stockwerk et sous forme de lodés irréguliers dans des intrusions granitiques subvolcaniques, d'où leur désignation comme minéralisations endogranitiques.

Le gisement de Mount Pleasant contient des ressources indiquées de 12,4 millions de tonnes d'une teneur de 0,86 % en Zn et des ressources présumées additionnelles de 2,8 millions de tonnes d'une teneur de 1,13 % en Zn (McCutcheon et al., 2012). La valeur de la sphalérite au gisement de Mount Pleasant est bonifiée par sa teneur en indium, un élément rare (jusqu'à 300 grammes par tonne de minerai). Les gisements filoniens polymétalliques se forment lorsqu'un gros filon unique de quartz ou des ensembles de filons de quartz précipitent des fluides hydrothermaux injectés dans les roches environnantes fracturées entourant les intrusions granitiques. Au Nouveau-Brunswick, on exploite des filons à teneur économique en zinc à Nigadoo (11) et Keymet (12).

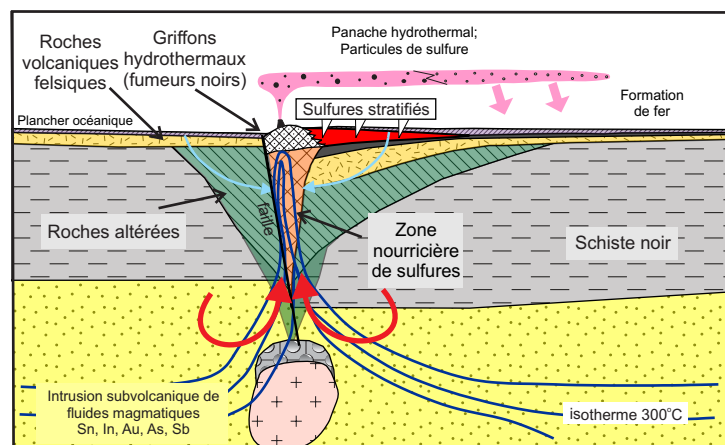


Figure 3. Modèle de la formation des gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV). Modifié à partir de Goodfellow (2007).

Les gisements de zinc associés à des granites qui sont encaissés dans des roches calcaires sont connus comme skarns minéralisés (Dawson, 1996). La minéralisation et l'altération de ces gisements sont généralement de nature stratoïde (stratification concordante), quoiqu'il peut y avoir une minéralisation discordante. Ces gisements sont formés par l'interaction de fluides hydrothermaux métallifères chauds, dérivés de la cristallisation de granites avoisinants, avec les roches calcaires métamorphosées de contact environnantes. La présence de CaCO_3 hautement réactif (calcaire) dans ces systèmes conduit à un ensemble unique de minéraux d'altération, dont la wollastonite, l'épidote, la magnétite et le grenat. Même si le zinc peut être le métal économique dominant dans les skarns minéralisés, il est subordonné aux métaux tels que le cuivre et le plomb dans les gites trouvés au Nouveau-Brunswick. Par exemple, il est subordonné au cuivre à McKenzie Gulch (19) et Beresford (21), et au plomb à Patapat Brook (20).

Gisements de zinc encaissés dans des zones de cisaillement

Le zinc apparaît également sous forme de sphalérite dans les filons de quartz encaissés dans des zones de cisaillement. Ces venues sont associées à des séquences rocheuses qui ont été soumises à un intense cisaillement près de grands systèmes de failles. Il existe deux gisements de ce genre dans des roches du Néoprotérozoïque dans le sud du Nouveau-Brunswick (figures 1 et 2). L'ancienne mine Teahan (18) a été exploitée pour son cuivre dans les années 1880 et elle contiendrait jusqu'à 1 % de Pb et de Zn combinés, tandis que le gisement de Lumsden (17), non loin, contiendrait jusqu'à 14,1 % de Zn. Il est à remarquer que les rapports minerai-métal et les associations de roches hôtes donnent à penser que les gisements de Teahan et de Lumsden pourraient avoir été à l'origine des gisements de SMV avant d'être concentrés dans les zones de cisaillement. Dans le

nord du Nouveau-Brunswick, les gisements de Hachey (22) et de Shaft (23) surviennent dans les roches sédimentaires de l'Ordovicien adjacentes à la faille Rocky Brook-Millstream et pourraient représenter aussi des gisements encaissés dans les zones de cisaillement.

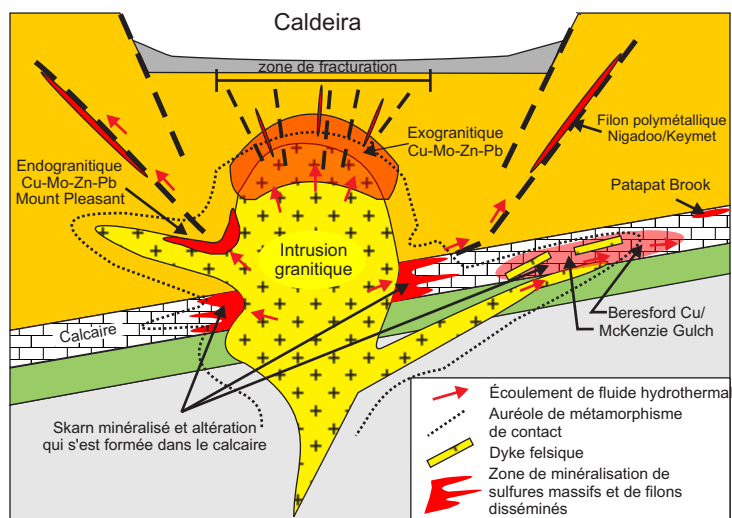


Figure 4. Modèle mettant en relation une minéralisation de zinc de type endogranitique, filonien polymétallique et skarnifère à des intrusions granitiques, avec les exemples cités dans le texte. À noter qu'aucun exemple important n'a encore été trouvé au Nouveau-Brunswick d'un gisement de zinc exogranitique.

Gisements de zinc encaissés dans des roches sédimentaires stratoïdes

Un certain nombre de venues de zinc sont encaissées dans les roches sédimentaires du Carbonifère du bassin des Maritimes. Les fluides métallifères de température relativement faible (moins de 150 °C) qui sont responsables de la formation de ces gisements étaient à l'origine des fluides interstitiels dans des sous-bassins sédimentaires terrestres ou marins peu profonds (figure 5). Ces fluides circulent dans des lits poreux enfouis très profondément dans la subsurface et peuvent migrer vers la surface le long de cassures structurelles (failles). Lorsque ces fluides entrent en contact avec des lits sédimentaires qui sont en déséquilibre chimique avec le fluide métallifère, il peut y avoir précipitation de sulfures de zinc, de plomb et de cuivre. On peut diviser ces gisements stratoïdes de façon générale selon le type de roche hôte (figure 5); ceux qui sont encaissés dans des roches sédimentaires clastiques sont compris dans le type des grès (Sangster, 1996a), tandis que ceux qui sont encaissés dans du calcaire sont compris dans le type de la vallée du Mississippi (Sangster, 1996b).

La venue de Breau Creek North (16) représente une minéralisation de zinc du type des grès. Le carbone organique que l'on retrouve dans les billes fossilisées dans le grès terrestre du Carbonifère tardif à cet endroit a interagi avec des saumures métallifères souterraines qui ont déclenché la précipitation de sulfures de zinc et de plomb par la réduction de l'ion sulfate (SO_4^{2-}) en ion sulfure (S^{2-}) (figures 1, 2 et 5). Cette venue contient des teneurs allant jusqu'à 1,2 % en Zn (St. Peter et Johnson, 2009).

La venue de Peekaboo Corner (15) est le meilleur exemple d'une minéralisation de zinc du type de la vallée du Mississippi au Nouveau-Brunswick (figures 1, 2 et 5). Cette minéralisation a des teneurs relativement faibles (l'intervalle le plus large est de 0,7 % en Pb et de 0,2 % en Zn sur une distance de 54 m; Woods, 1992); toutefois, des valeurs allant jusqu'à 1,65 % en Zn ont été

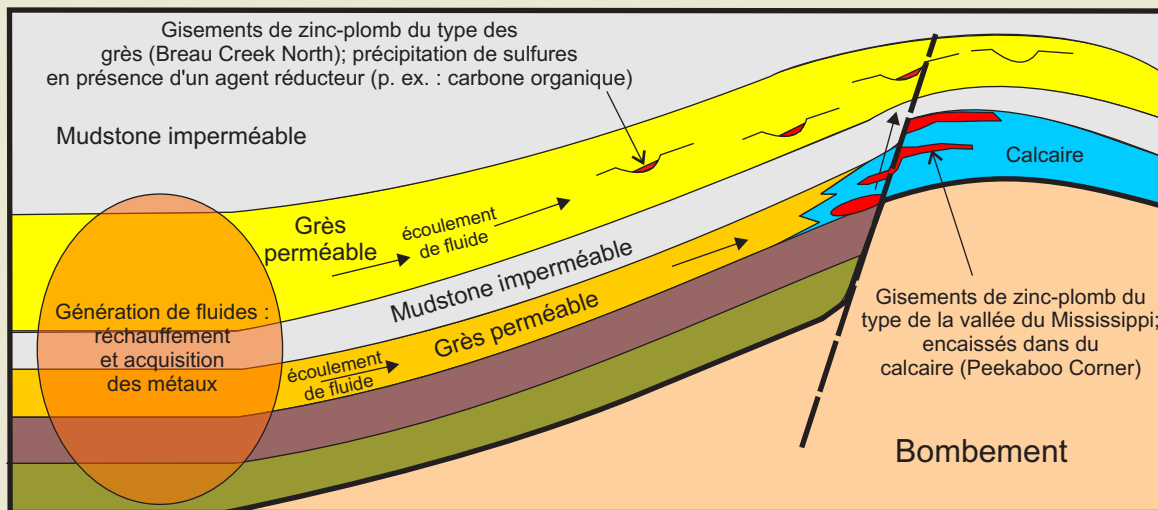


Figure 5. Modèle conceptuel de la création des gisements de zinc-plomb du type des grès et du type de la vallée du Mississippi, avec des exemples du Nouveau-Brunswick. Compilé à partir de Graves et Hein (1994), NBDEM (2013) et Sangster (1996a et b).

obtenues lors de travaux d'exploration dans la région. Les roches mères sont des lits marins de calcaire peu profonds qui reposent en discordance sur des roches volcaniques du Néoprotérozoïque qui ont été soulevées le long d'une faille pour former un bombement (figure 5). La minéralisation de zinc-plomb survient dans une brèche volcanoclastique cimentée par du carbonate qui repose directement sur le socle rocheux. Les sulfures de zinc-plomb ont précipité lorsque la saumure métallifère s'écoulant le long des lits de grès perméables (poreux) ont rencontré la faille et migré vers le haut pour interagir avec les lits de calcaire reposant sur le bombement.

Résumé

La diversité géologique du Nouveau-Brunswick a créé des conditions favorables à la formation de plusieurs types de gisements de zinc. Ces derniers se sont formés en réponse à quatre principaux événements géologiques : 1) l'ouverture d'un bassin d'arrière-arc sur la marge sud de l'océan Iapetus du Paléozoïque a donné lieu à la formation des gisements de SMV de l'Ordovicien du camp minier de Bathurst, dans le nord du Nouveau-Brunswick; 2) le rifting continental qui a suivi la fermeture de l'océan Iapetus et la collision continentale oblique de Gondwana (ancienne Afrique et Amérique du Sud) et de Laurentie (ancienne Amérique du Nord) ont mené à la formation des gisements de type SMV du Dévonien précoce dans le nord-est et le centre-ouest du Nouveau-Brunswick, 3) l'emplacement des magmas granitiques créés par la collision continentale et la construction consécutive des Appalaches a conduit à la formation des divers gisements associés à des granites (endogranitiques, filoniens polymétalliques et skarnifères) du Dévonien; et 4) les mouvements de failles au cours des derniers stades de la construction des Appalaches ont entraîné la formation des divers gisements de zinc encaissés dans les roches sédimentaires stratoïdes du Carbonifère. Des gisements de zinc encaissés dans des zones de cisaillement surviennent à l'intérieur ou à proximité des zones de failles dans les roches plus anciennes (Néoprotérozoïque et Ordovicien) qui ont connu une longue période de déformation.

Sources sélectionnés

Dawson, K.M. 1996. Skarn zinc-lead-silver. *In* Geology of Canadian Mineral deposit types. Edited by O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair, and R.I. Thorpe. Geological Survey of Canada, Geology of Canada No. 8, p. 448-459.

Franklin, J.M. Lydon, J.W. and Sangster, D.F. 1981. Volcanic-associated massive sulfide deposits. *Economic Geology* 75th Anniversary Volume, p. 485-627.

Goodfellow, W.D. 2007. Metallogeny of the Bathurst Mining Camp. *In* Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit-types, District Metallogeny, the evolution of geologic provinces, and exploration methods. Edited by W. D. Goodfellow. Special Publication 5, Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada, p. 449-469.

Goodfellow, W.D. and McCutcheon, S.R. 2003. Geological and genetic attributes of volcanic associated massive sulfide deposits of the Bathurst Mining Camp, northern New Brunswick- a synthesis. *In* Massive sulfide deposits of the Bathurst Mining Camp, New Brunswick and northern Maine. Edited by W. D. Goodfellow, S. R. McCutcheon, and J. M. Peter. *Economic Geology*, Monograph 11, p. 245-302.

Graves, M.C. and Hein, F.J. 1994. Compilation, synthesis, and stratigraphic framework of mineral deposits within the basal Windsor Group, Atlantic Provinces, Canada. Geological Survey of Canada Open File 2914, 485 p.

Lydon, J.W. 2007. An overview of the economic and geological contexts of Canada's major mineral deposit types. *In* Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit-types, District Metallogeny, the evolution of geologic provinces, and exploration methods. Edited by W.D. Goodfellow. Special Publication 5, Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada p. 3-48.

McCutcheon, S. R., Luff, W.M. and Boyle, R.W. 2003. The Bathurst Mining Camp, New Brunswick, Canada: History of discovery and evolution of geological models. *In* Massive sulfide deposits of the Bathurst Mining Camp, New Brunswick and northern Maine. *Edited by* W.D. Goodfellow, S.R. McCutcheon and J.M. Peter. Economic Geology, Monograph 11, p. 17-36.

McCutcheon, S.R., Reddick, J., McKeen, T., Scott, S., and Kociumbas, M. 2012. Technical report Mount Pleasant property, including an updated mineral resource estimate on the North Zone, southwestern New Brunswick for Adex Mining Inc. NI 43-101 Technical Report, Watts, Griffis and McOuat, 190 p.

New Brunswick Department of Energy of Mines 2013. New Brunswick mineral occurrence database. Minerals and Petroleum Division. <http://dnre-mrne.gnb.ca/mineraloccurrence/>. Accessed 2012.

Sangster, D.F. 1996a. Sandstone lead. *In* Geology of Canadian Mineral deposit types. *Edited by* O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair, and R.I. Thorpe. Geological Survey of Canada, Geology of Canada No. 8, p. 220-223.

Sangster, D.F. 1996b. Mississippi Valley type lead-zinc. *In* Geology of Canadian Mineral deposit types. *Edited by* O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair, and R.I. Thorpe; Geological Survey of Canada, Geology of Canada No. 8, p. 253-261.

St. Peter, C. and Johnson, S. 2008. Stratigraphy and structural history of the late Paleozoic Maritimes Basin in southeastern New Brunswick (NTS 21H/9, 10, 14, 15, 16 and 21I/01, 02). New Brunswick Department of Natural Resources, Lands, Minerals and Petroleum Division, Open File Report 2008-8, 275 p.

USGS 2012. United States Geological Survey mineral commodity summaries 2011: U.S. Geological Survey, p. 198.

Woods, G.A. 1992. Report of Work Peekaboo Corner Claim Group for Brunswick Mining and Smelting New Brunswick Department of Natural Resources, Lands Minerals and Petroleum, Mineral Assessment Report 474244.

Pour d'autres précisions

Pour obtenir d'autres précisions sur le zinc et d'autres produits minéraux du Nouveau-Brunswick, prière de consulter la Base de données des venues minérales du ministère de l'Énergie et des Mines du Nouveau-Brunswick (NBDEM, 2013), ou communiquer avec :

mpdgs_ermpegweb@gnb.ca

Jim A. Walker, géosc.

Géologue des gîtes minéraux métalliques (Nord)

Jim.Walker@gnb.ca

Téléphone : 506.547.2070

Kathleen G. Thorne, géosc.

Géologue des gîtes minéraux métalliques (Sud)

Kay.Thorne@gnb.ca

Téléphone : 506.444.2309

Direction des études géologiques

Division des minéraux et du pétrole

Ministère de l'Énergie et des Mines du Nouveau-Brunswick

C.P. 6000

Fredericton (N.-B.)

E3B 5H1

Citation recommandée : Walker, J.A. 2013. Le zinc. Ministère de l'Énergie et des Mines du Nouveau-Brunswick, Division des minéraux et du pétrole, Profil des minéraux commercialisables, no 9, 6 p.