

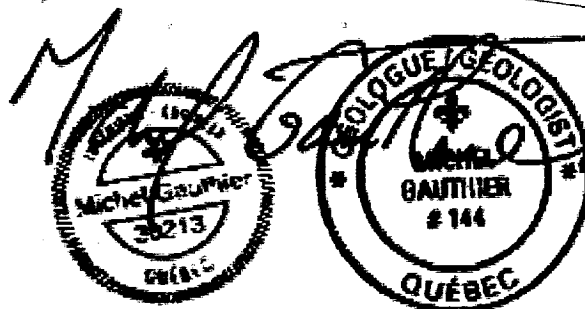
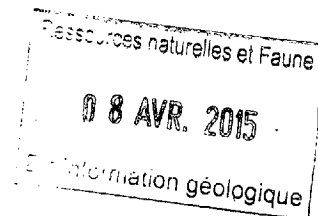


Caractérisation des indices cuprifères du lac Nasigon, Haute-Gatineau (Oc)

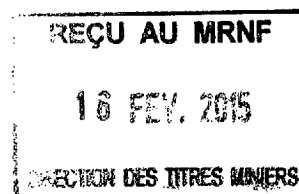
Rapport soumis à Monsieur Michel Bélisle
Groupe Ressources Géomine Inc.

par

Michel Gauthier, PhD



GM 68923



Magog, Février 2015

1478624

INTRODUCTION

Monsieur Michel Bélisle, président de Ressources Maxima Inc., a découvert, en 2013, plusieurs nouveaux indices de cuivre à l'ouest du lac Nasigon en Haute-Gatineau. Les claims désignés par Ressources Maxima Inc., ont subséquemment été transférés à Groupe Ressources Géomine Inc. (G.R.G.).

G.R.G. nous a donné le mandat de caractériser cette minéralisation cuprifère. Le présent rapport donnera, tout d'abord la localisation de ces indices, puis relatera les travaux miniers antérieurs pertinents au sujet. Seront également tirées, des publications gouvernementales, les informations qui jettent un éclairage sur ces venues minéralisées. Ensuite, nous exposerons les travaux que nous avons faits sur ces indices, à savoir, leur examen sur le terrain et leur caractérisation par microscopie optique et électronique de même que l'investigation de certaines phases minérales par des tests colorimétriques et de la diffraction par rayons X. Enfin, nous résumerons les caractéristiques de ces minéralisations et nous élaborerons des recommandations pour la poursuite de l'exploration de cette propriété.

LOCALISATION

Les nouveaux indices de cuivre du lac Nasigon sont localisés au Sud-Est du feuillet SNRC 310/11 (Fig. 1). Ils se situent à proximité de la route qui relie Mont-Laurier à Parent, sur le chemin de fer transcontinental (Fig. 2). Le poste La Vérendrye, sur une ligne 735 KV de l'Hydro-Québec, se trouve à 14 kilomètres à l'Est des indices de cuivre (Fig. 3) et pourrait fournir l'électricité nécessaire pour une éventuelle exploitation d'envergure. Par ailleurs, ces gîtes n'étant situés qu'à 56 kilomètres, à vol d'oiseau, au Sud-Ouest de Parent et du chemin de fer transcontinental, un éventuel concentré de cuivre pourrait aisément être acheminé par rail, soit vers la fonderie de cuivre de Rouyn-Noranda, soit vers le port de Québec, soit vers d'autres usines de transformation tout comme l'est le mica d'Imerys Canada Ltée. extrait à l'Est de Parent.



Figure 1: Carte de localisation des gîtes de cuivre du lac Nasigon situés à mi-chemin entre Val d'Or, La Tuque et Maniwaki (Source : SIGEOM)

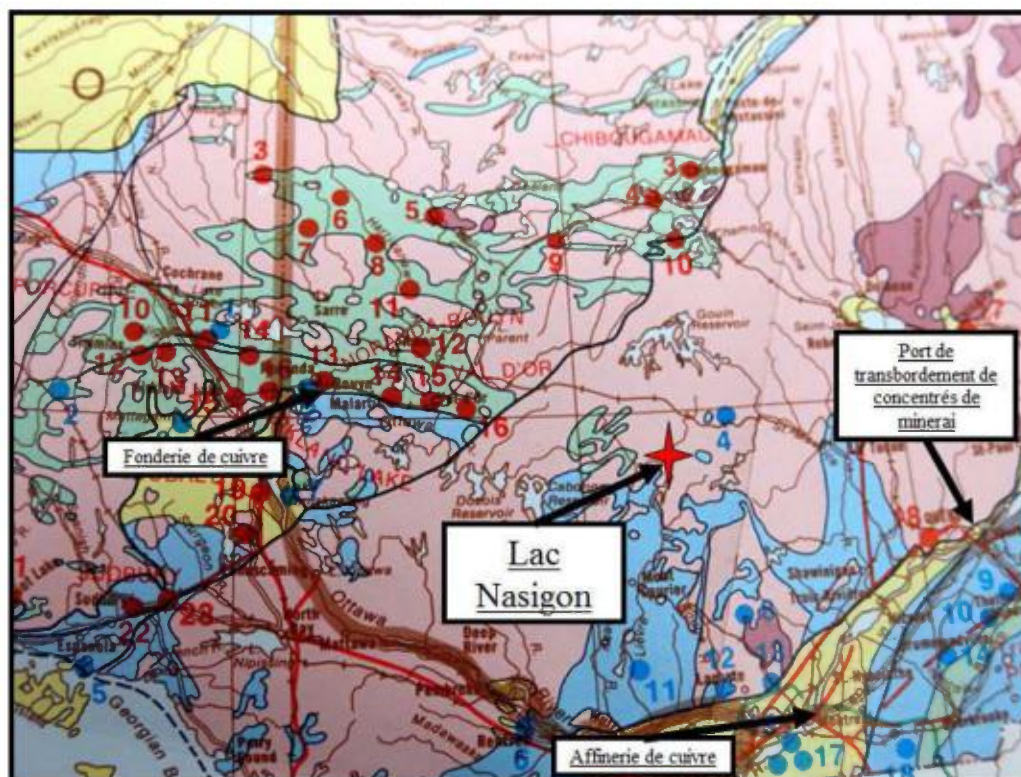


Figure 2: Carte de localisation des gîtes de cuivre du lac Nasigon par rapport au chemin de fer transcontinental, à la fonderie de cuivre de Rouyn-Noranda, à l'affinerie de cuivre de Montréal-Est et au port de Québec (Source : Carte minière du Canada, EMR Canada)

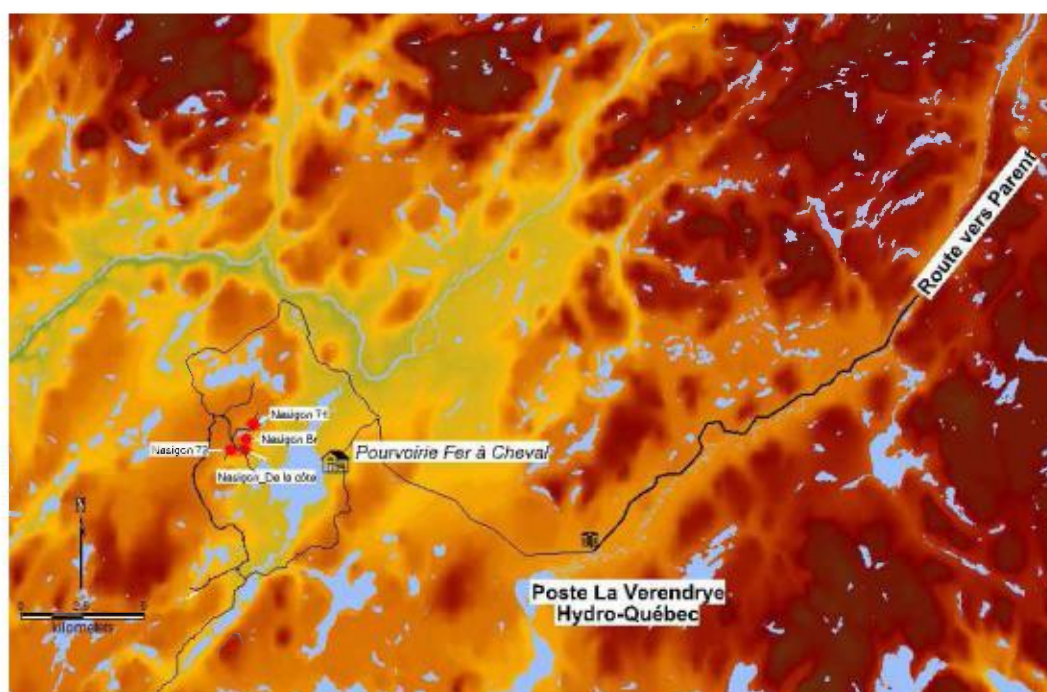


Figure 3: Carte de localisation des gîtes de cuivre du lac Nasigon par rapport aux infrastructures existantes dans le feuillet SNRC (1/50 000) 31O/11.

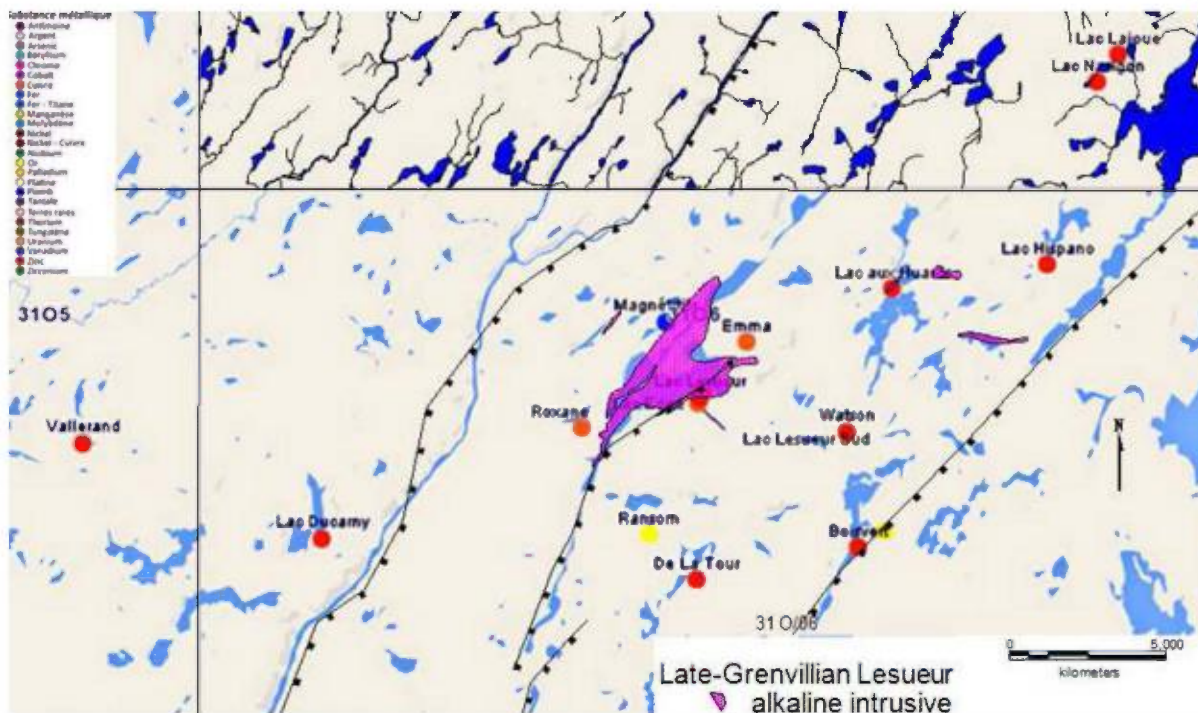


Figure 4: Localisation des gîtes de cuivre, d’or et d’uranium dans les feuillets SNRC 31 O/05, 31 O/06 et 31O/11 selon la carte interactive du SIGEOM du MRNQ. La distribution des roches alcalines de la Suite de Lesueur ainsi que les failles post-orogéniques sont rajoutées sur cette carte.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

La figure 4 montre la répartition des minéralisations cuprifères dans la région. Il est à noter que, sur cette carte gouvernementale, les nouvelles découvertes, dont nous traitons, portent les noms de ‘Lac Nasigon’ et de ‘Lac Lajoue’, ce qui pourrait être source de confusion pour le lecteur. Par soucis de clarté, nous les regroupons donc sous le vocable de ‘Lac Nasigon’ en précisant leur localisation, par un suffixe, soit (Fig. 5) : secteur Nord-Est pour le ‘Lac Lajoue’ et secteur Sud-Ouest et Sud-Est pour le ‘Lac Nasigon’.

Au début des années 1970, Noranda Explorations Co. a fait des travaux d’exploration pour le cuivre sur les gîtes du lac Ducarny et celui de Watson respectivement dans les feuillets 31O/05 et 31O/06 (Fig. 4). Quinze courts forages furent implantés sur le gîte Watson, à dix kilomètres au Sud-Ouest du gîte du lac Nasigon (MacIsaac, 1971). Ces forages ont révélé une minéralisation cuprifère disséminée répartie sur une surface de 700m de diamètre. Par la suite, de la prospection de reconnaissance a été menée par Mines Virginia et Ressources Maxima Inc. La découverte, par cette dernière, d’indices de cuivre, d’or et d’uranium, autour du lac Lesueur (Fig. 4), a attiré, tour à tour, la société minière française Areva, pour l’uranium, et Niogold Inc., de Val d’Or, pour l’or et le cuivre.

Un premier levé cartographique d’importance a été effectué, à l’échelle 1 :250 000 par la Commission géologique du Canada (C.G.C. ; Wynne-Edwards, 1966). Par la suite, le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRNQ) a entrepris la cartographie au 1/50 000 de la région, entre autres celle du feuillet 31O/06 (Nantel et al., 2004). Le feuillet 31O/11, où se trouve le gîte du lac Nasigon, devrait être cartographié à l’été 2015 par le MRNQ.

Alors que la cartographie au 1 : 250 000 de la C.G.C. ne faisait mention que de gneiss charnockitique dans la région, celle du MRNQ a révélé la présence d'une suite intrusive alcaline tardi-orogénique (1,0 Ga), celle du lac Lesueur (Fig. 4; Nantel et al., 2004). Par ailleurs, cette cartographie révèle que les gneiss plissés et métamorphisés de L'Ascension, de Béthune et de Lacoste (Nantel et al., 2004), sont, non seulement recoupés par les roches alcalines du Lesueur, mais également par des failles tardi-orogéniques, tout particulièrement celle de Manville. Cette faille longe à l'Est le champ des gîtes de cuivre (Fig. 4). Fait important pour la compréhension des gîtes de Nasigon, Nantel et al., 2004, signalent, le long de la faille de Manville, la présence de brèches cataclastiques à espaces ouverts encrustés de scapolite.

LOCALISATION DES INDICES EXAMINÉS ET TENEURS OBTENUES

Le tableau 1 donne la localisation des indices que nous avons examinés sur le terrain et les teneurs obtenues par Ressources Maxima Ltée sur ceux-ci.

# Échantillon	#Certificat	Laboratoire	Estant NAD 83	Nordant UTM 18	Au ppb	Cu ppm	Cu %
<u>Secteur Sud-Est</u>							
MB230813-04	39328	Lab Expert inc.	491409	5263981	17	3600	0,36
MB110913-03	39585	Lab Expert inc.	491409	5263981	36	6158	0,62
<u>Secteur Sud-Ouest</u>							
MB220813-03	39328	Lab Expert inc.	490801	5264006	13	900	
MB050913-03	39585	Lab Expert inc.	491004	5264199	15	1366	
MB050913-04	39585	Lab Expert inc.	491082	5264165	300	44000	4,4
MB120913-01	39585	Lab Expert inc.	491271	5264379		76	
MB120913-02	39585	Lab Expert inc.	491271	5264379		92	
MB120913-03	39585	Lab Expert inc.	491271	5264379		1258	0,13
MB 231013-01	40119	Lab Expert inc.	490811	5263988		575	
MB 231013-02	40119	Lab Expert inc.	490811	5263988		1504	0,15
MB 231013-03	40119	Lab Expert inc.	491184	5264199		231	
MB 061113-01	40243	Lab Expert inc.	491271	5264369	190		
<u>Secteur Nord-Est</u>							
MB230813-03	39328	Lab Expert inc.	491738	5265042	28	2600	0,26
MB230813-05	39328	Lab Expert inc.	491717	5264939	39	24400	2,44
RA 200913-A	39746	Lab Expert inc.	491738	5265058	22	8900	0,89
RA 200913-B	39746	Lab Expert inc.	491738	5265058	11	687	
MBG 221013-01	40119	Lab Expert inc.	491738	5265042		24500	2,45
MB 061113-01	40243	Lab Expert inc.	491271	5264369	190		
MBR05N2	39585	Lab Expert inc.	491738	5265058	35	3173	0,31

Tableau 1: Résultats d'analyses, pour le cuivre et l'or, d'échantillons prélevés sur les indices du lac Nasigon

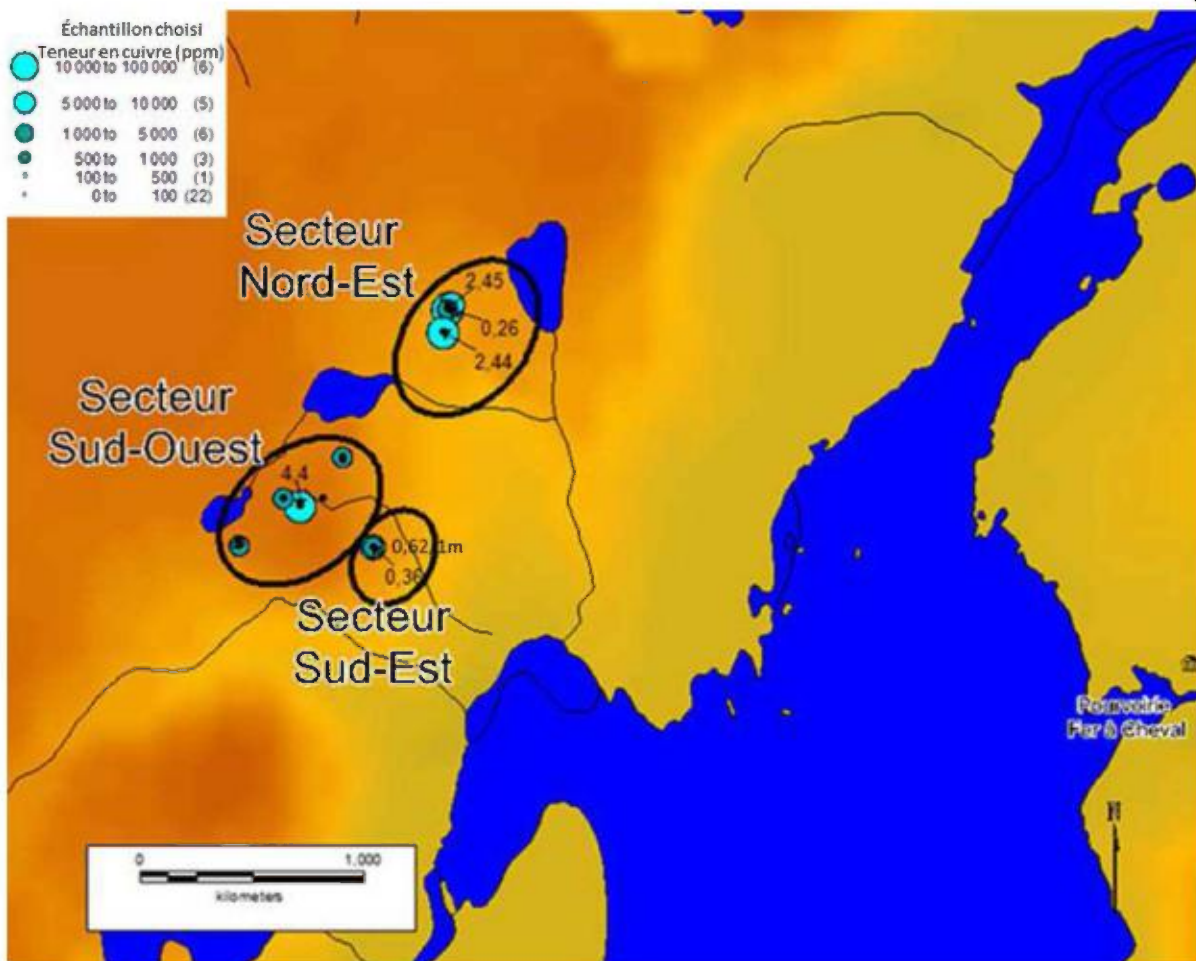


Figure 5: Distribution géographique des échantillons du tableau 1. Les cercles turquoise donnent l'amplitude des teneurs en cuivre de ces échantillons. Les valeurs, de l'ordre du pourcent de cuivre, sont rapportées directement sur cette carte.

CARACTÉRISTIQUES DES MINÉRALISATIONS CUPRIFÈRES PAR SECTEUR ÉTUDIÉ

SECTEUR SUD-EST

Une rainure de un mètre de longueur a donné, à l'analyse, 0,6% cuivre (Fig. 5 et tableau 1, échantillon MB110913-02). En affleurement, il semble s'agir d'un gneiss granitique folié, de couleur rose saumon, parsemé de moucheture de malachite (Fig. 6). L'aspect de cette roche rappelle celle des granitoïdes de la suite alcaline de Lesueur (Nantel et al., 2004).



Fig. 6. Gneiss, fenitisé en syénite à néphéline, porteur de bornite-chalcocite (digénite)-covellite disséminées, altérées en malachite. Secteur Nasigon Sud-Est (491409E / 5263981N, Nad 83, UTM 18).



Fig. 7. Coloration au cobaltinitrite, en jaune, des feldspaths potassiques de la roche de la figure 6. Secteur Nasigon Sud-Est (491409E / 5263981N, Nad 83, UTM 18).



Fig. 8. Coloration au bleu de méthylène, en bleu, de la néphéline contenue dans la roche de la figure 6. Notez les microcavités dans cette roche. Secteur Nasigon Sud-Est (491409E / 5263981N, Nad 83, UTM 18).

Une nature nettement différente, est révélée par la colorimétrie des feldspaths potassiques (Fig. 7) et de la néphéline (Fig. 8), par l'observation au microscope optique (Figs. 9 et 10), par celle au microscope électronique à balayage et enfin, par la diffraction aux rayons X. A la suite de ces examens, nous concluons que cette roche est un gneiss fenitisé¹ en syénite à néphéline. Cette roche contient 30% de feldspath potassique, 20% d'amphibole et 15% de néphéline. L'apatite, sans chlore mais porteuse de 3% de fluor, occupe 1% de la roche sous forme de petits grains isolés. La magnétite titanifère y est également finement disséminée mais ne constitue que 1% de l'ensemble.

Cette roche présente une forte altération subséquente à la fenitisation. C'est ainsi que l'épidote en occupe 3% tandis que les amphiboles sont altérés en chlorite, ce minéral constituant 10% de la roche. Les carbonates sont en traces et se présentent en petits grains sub-automorphes.

Cette roche est poreuse (Fig. 8). Les cavités drusiques sont tout d'abord tapissées de scapolite (Fig. 9) occupant 7% de la roche. La scapolite, en lattes, accompagne également l'épidote et la chlorite qui remplace les amphiboles. Le cœur des druses est occupé par des grains composites de bornite-chalcocite (digénite)-covellite (Fig. 10). Ces sulfures cuprifères constituent 3% de l'ensemble de la roche. Ils sont xénomorphes par rapport à la magnétite titanifère, ce minéral étant martitisé (transformation en hématite) ce qui libère du leucoxène.

¹ Fenitisation : C'est-à-dire la formation d'un feldspathoïde (la néphéline ici) dans un gneiss par suite d'un métasomatisme qui entraîne un déficit prononcé en silice.

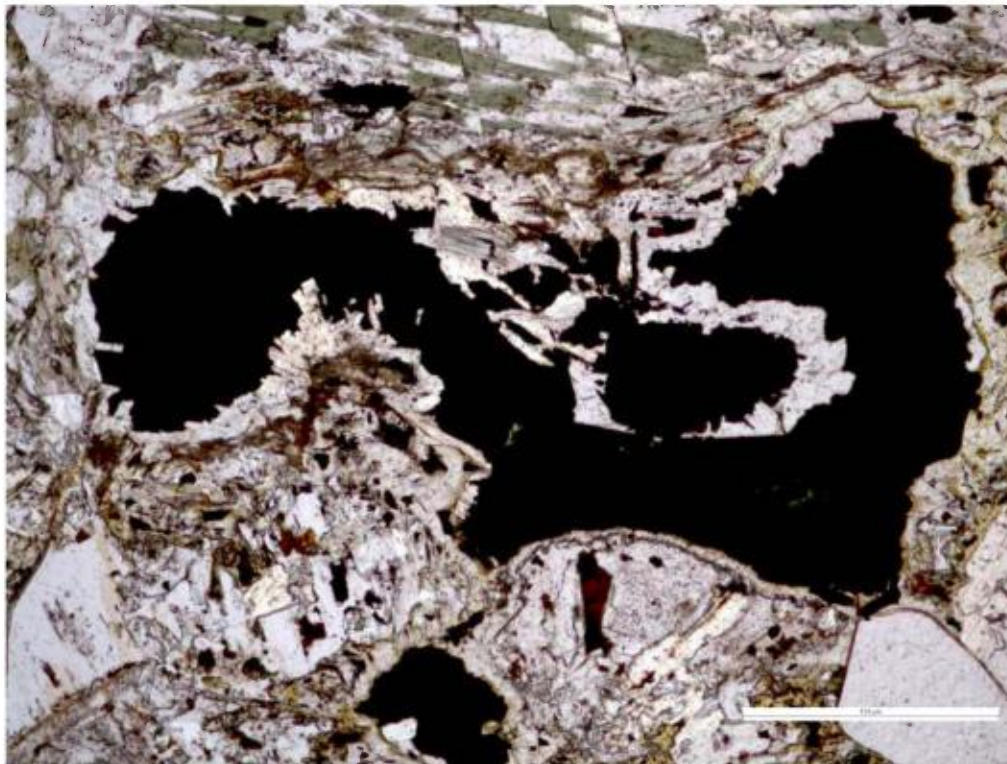


Fig. 9. Cavité drusique tapissée de scapolite dans le gneiss fenitisé en syénite à néphéline de la figure 6. Secteur Nasigon Sud-Est (491409E / 5263981N, Nad 83, UTM 18). Vue en lumière transmise ici et sous lumière réfléchie à la figure 10.

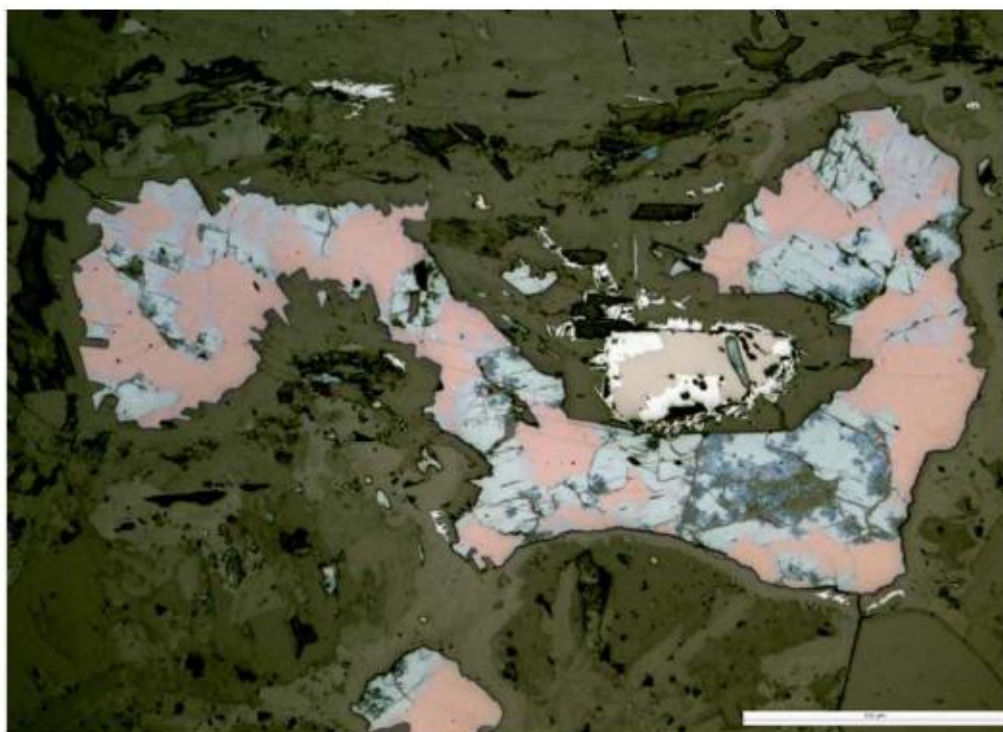


Fig. 10. Magnétite martitisée avec développement de lamelles d'hématite spéculaire (gris clair) à ces dépens. Puis encroutement de scapolite en gerbe et comblement de la cavité drusique par de la bornite (rose ici), remplacée par de la chalcocite-digénite (bleu pâle) puis, par de la covellite (bleu indigo). Secteur Nasigon Sud-Est (491409E / 5263981N, Nad 83, UTM 18).

La spectrométrie des rayons gamma permet d'estimer, dans cette roche, 4,4% de potassium, 0,0 ppm d'uranium et 1,2 ppm de thorium. Cette mesure confirme la forte altération potassique initiale de cette roche. L'altération sodique (i.e, scapolite, wilsonite) est subséquente à l'altération potassique initiale responsable de la fenitisation (Fig. 11).

Comme cette roche est porteuse de magnétite, le susceptibilimètre KT-10+ de Terraplus y donne une lecture de $12,8 \times 10^{-3}$ SI. Les sulfures n'étant pas jointifs, la conductivité est nulle (i.e 0,0 S/M).

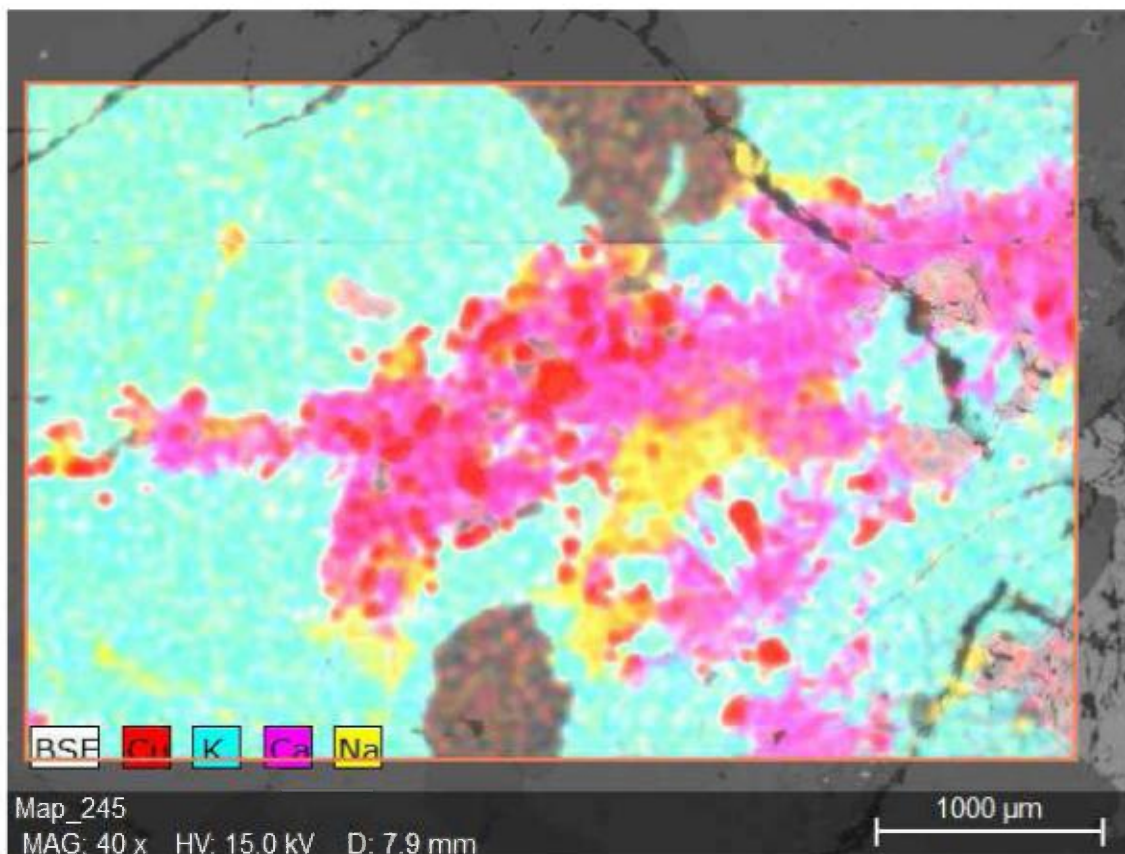


Fig. 11. Balayage au microscope électronique à balayage qui fait ressortir que l'altération potassique est antérieure à l'altération sodique. Notez le comblement final de la cavité drusique par le calcium de la calcite et le cuivre de l'assemblage bornite-chalcocite/digénite-covelite

SECTEUR SUD-OUEST

Tout comme dans le secteur sud-est, les gneiss plissés de L'Ascension, de Béthune et de Lacoste (Nantel et al., 2004), sont fenitisés. C'est ainsi qu'un affleurement, situé en bordure du chemin forestier 73, a l'aspect d'un quartzite rubané et plissé (Fig. 12), porteur de magnétite disséminée (Fig. 20). A nouveau, la colorimétrie pour les feldspaths potassiques (Fig. 13) et la néphéline (Fig. 14), l'observation au microscope optique, celle au microscope électronique à balayage et la diffraction aux rayons X, révèle tout autre chose, à savoir : une syénite gneissique à néphéline-cancrinite (Fig. 15), magnétite et zircon (Fig. 20).



Fig. 12. Syénite à néphéline, blanche et rubanée, résultant de la fenitisation intense de gneiss dans le secteur Sud-Ouest des indices de cuivre du Nasigon (490925E / 5264155N, Nad 83, UTM 18).

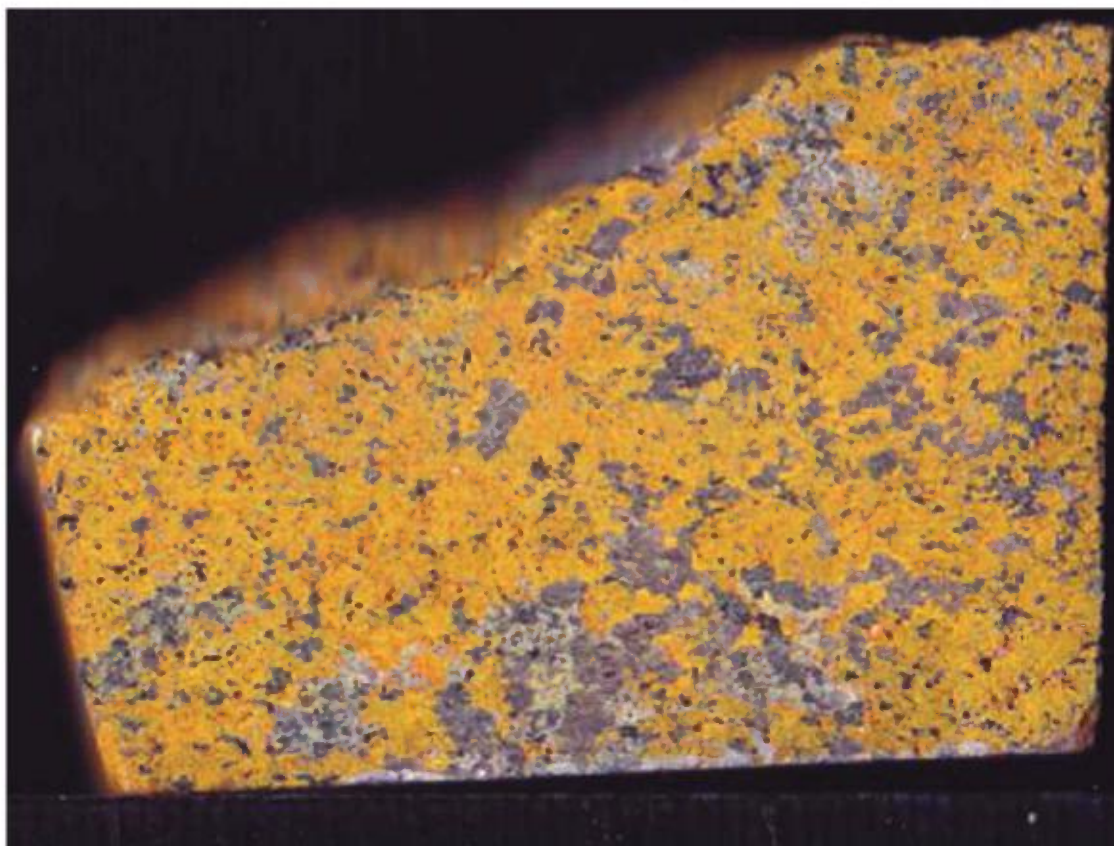


Fig. 13. Coloration au cobaltinitrite, en jaune, des feldspaths potassiques de la roche de la figure 12. Secteur Nasigon Sud-Ouest (490925E / 5264155N, Nad 83, UTM 18).

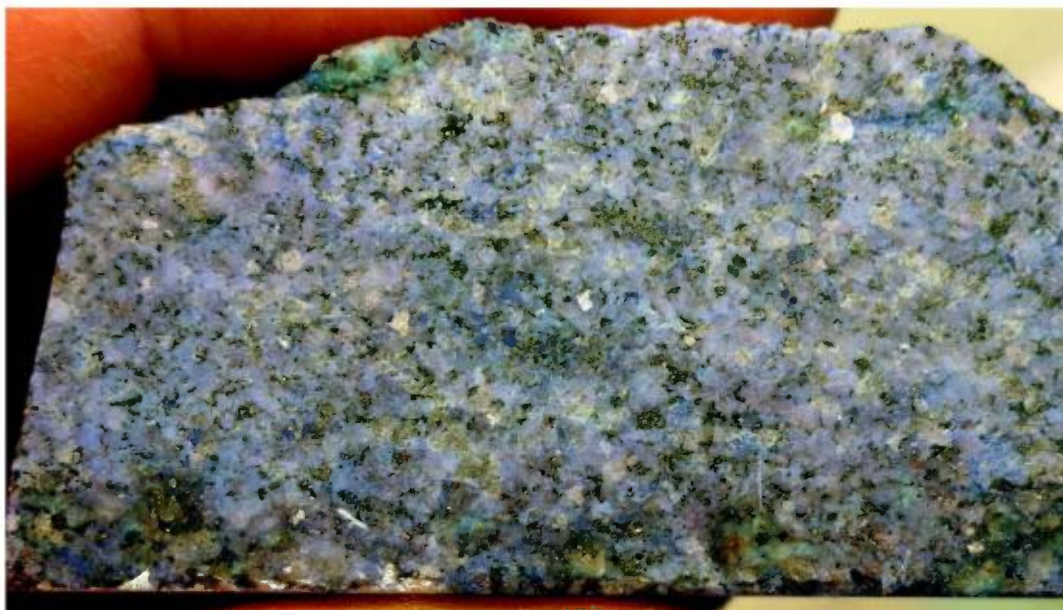


Fig. 14. Coloration au bleu de méthylène, en bleu, de la néphéline contenue dans la roche de la figure 12. Secteur Nasigon Sud-Ouest (490925E / 5264155N, Nad 83, UTM 18).

De manière plus détaillée, cette roche est constituée à 73% de feldspath potassique, bien révélé par coloration au cobaltinitrite (Fig.13). La néphéline, transformée en cancrinite (Fig. 15) occupe 9% de la roche. Elle est xénomorphe. On observe une couronne réactionnelle autour des feldspathoïdes.

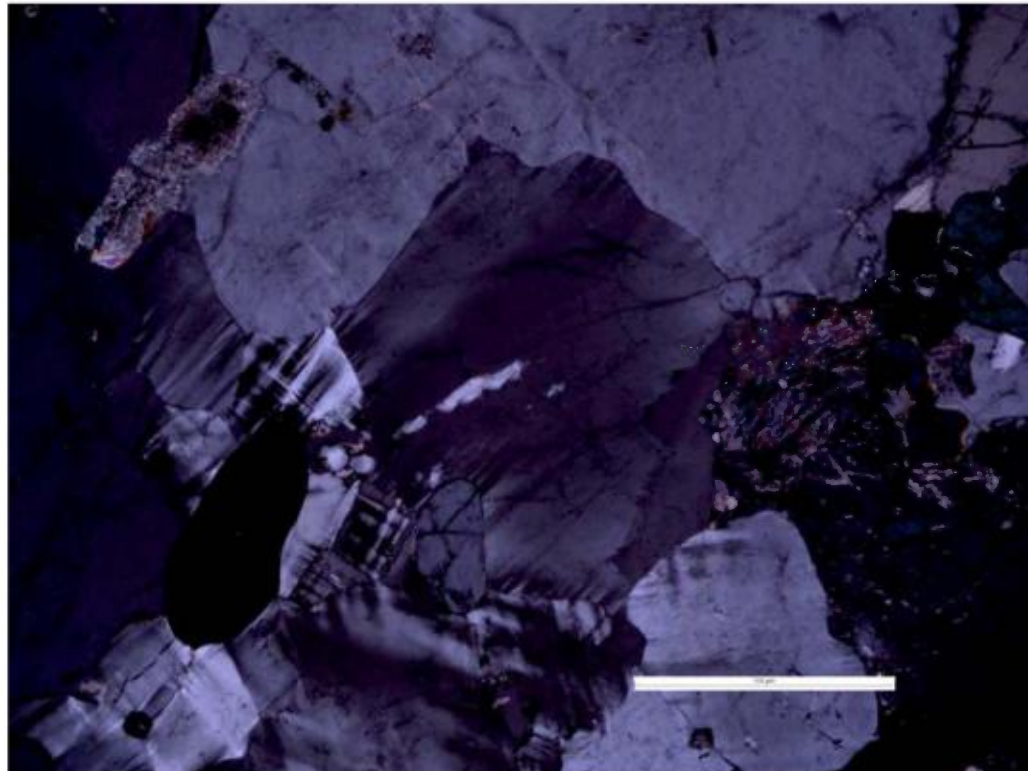


Fig. 15. Cancrinite xénomorphe en contact avec le microcline dans la syénite de la figure 12. Observation au microscope en lumière transmise polarisée.

Une amphibole constitue 5% de la roche. Ce minéral est entouré de couronne de symplectite (Fig. 17). Le zircon est remarquablement abondant, formant 5% de cette roche (Fig. 20). Il se présente en petits grains automorphes tout comme la magnétite finement disséminée à 2% de la roche. La magnétite est martitisée en hématite (Fig. 20). L'apatite est en traces. Cette roche est dépourvue de minéraux cuprifères.

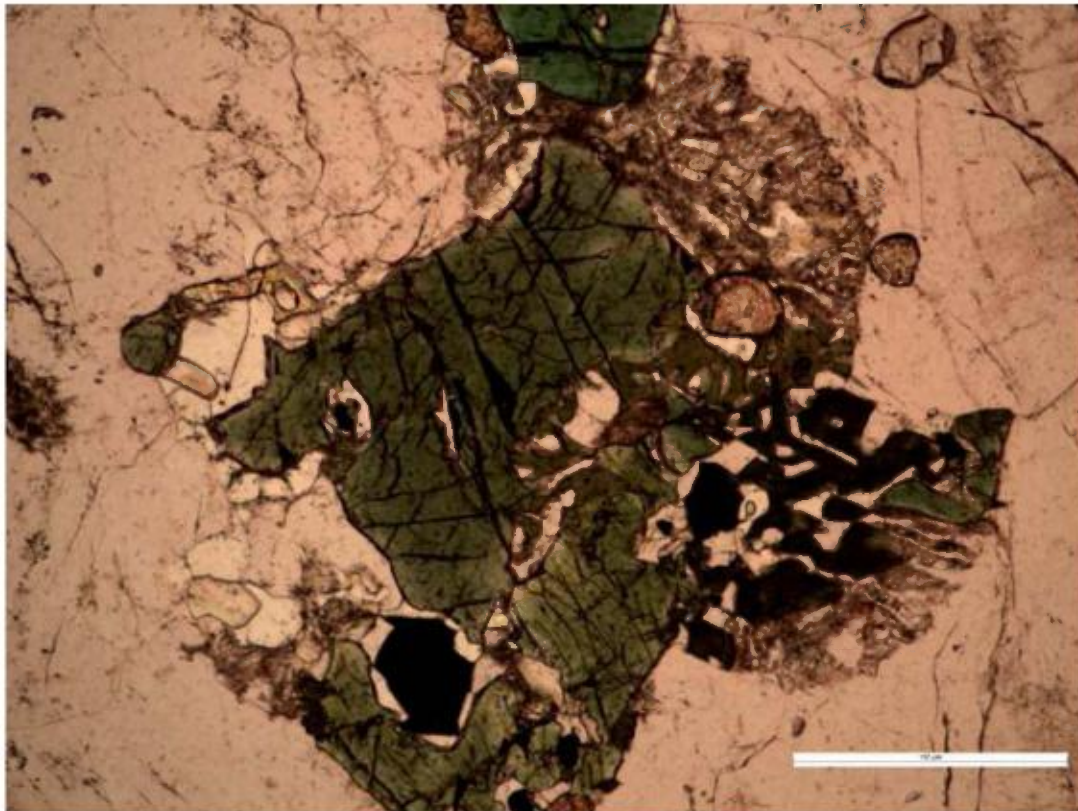


Fig. 17. Couronne de symplectite autour d'une amphibole. Observation au microscope en lumière transmise naturelle.

La scapolite est présente et semble postérieure à la paragenèse minérale ci-haut décrite (Fig. 18). Il en va de même de la calcite (Fig. 19). Ceci suggère que la fenitisation, par apport massif de potassium et appauvrissement relatif en silice, précède l'altération sodique et celle par le CO_2 . La mesure au spectromètre des rayons gamma donne 6,4% K et confirme donc la richesse en potassium de cette roche. Les teneurs en uranium (1,6 ppm) et thorium (7,4 ppm) sont infimes.

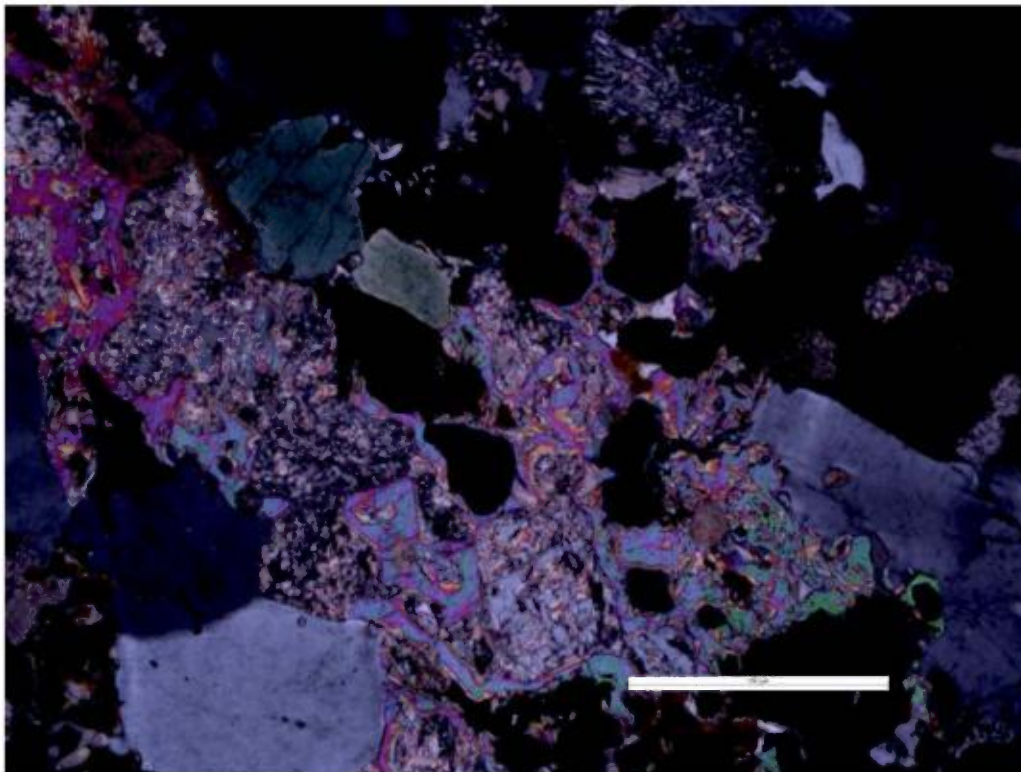


Fig. 18. Encroutement de scapolite autour de grains d'amphibole, de cancrinite et de microcline. Observation au microscope en lumière transmise polarisée.

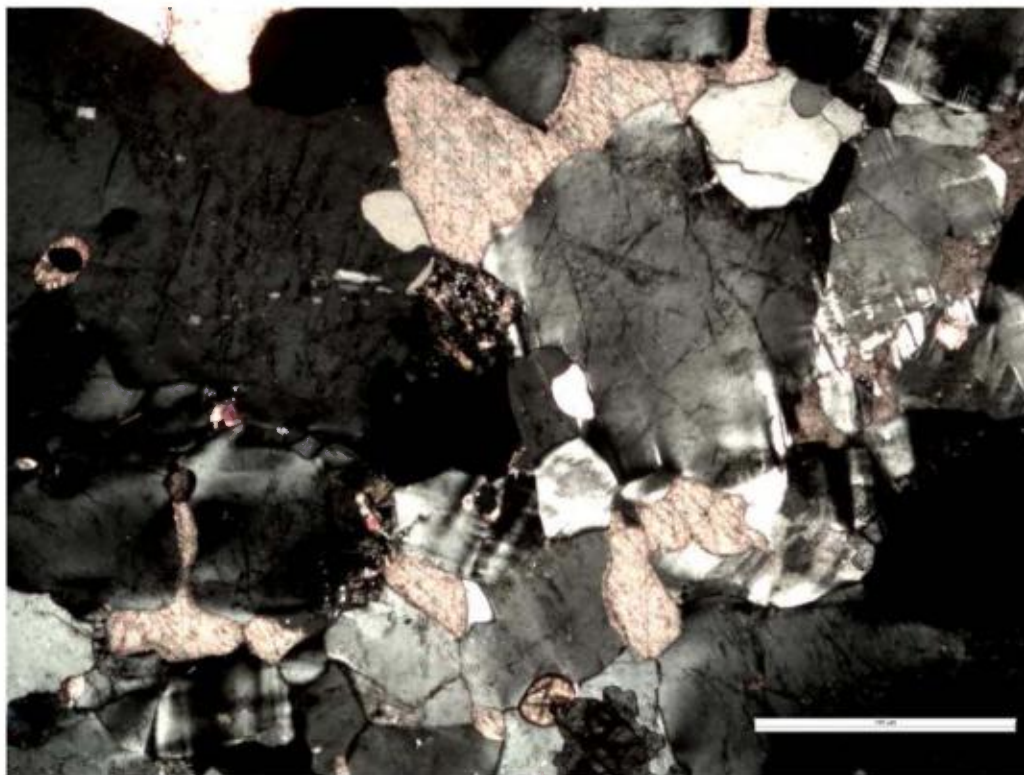


Fig. 19. Calcite xénomorphe par rapport au microcline et à la cancrinite. Observation au microscope en lumière transmise polarisée.

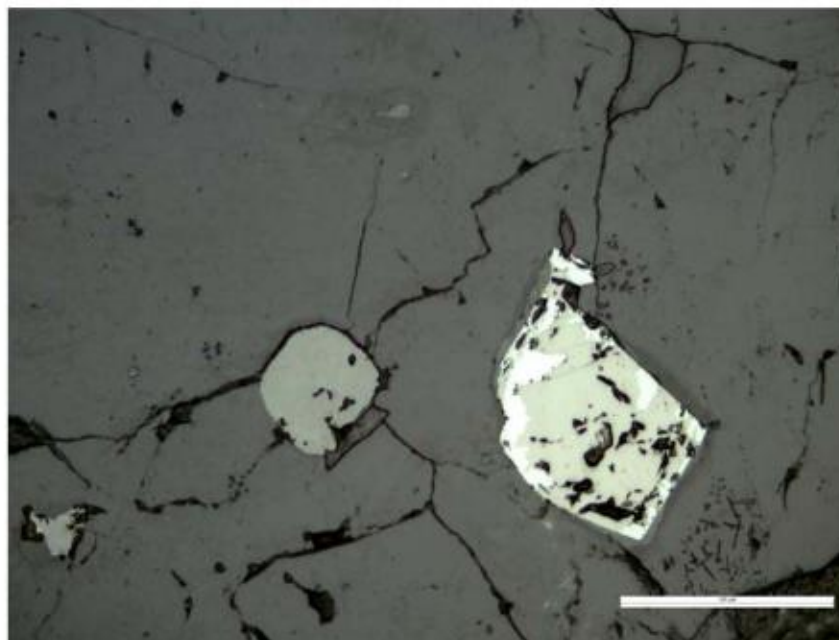


Fig. 20. Zircon automorphe et magnétite en voie de martitisation par de l'hématite (gris clair) dans la syénite de la figure 12. Observation au microscope sous lumière réfléchie.

La construction de chemins forestiers, dans le secteur sud-ouest, a exposé un peu partout des roches à scapolite-diopside-calcite très bien cristallisées. Le diopside, plus ou moins corrodé, est encrouté par de la scapolite à terminaison automorphe (Fig. 21). Ce dernier minéral est lui-même altéré en wilsonite². On observe généralement des mouchetures de malachite et de bornite-chalcocite-covellite dans ces roches.



Fig. 21. Scapolite, en gros cristaux en voie de remplacement par de la wilsonite lavande, encroutant du diopside partiellement résorbé. Secteur Sud-Ouest des indices de cuivre du Nasigon (490687E / 5263831N, Nad 83, UTM 18).

² Wilsonite : La wilsonite est une variété manganésifère de sericite-muscovite.

Cette roche est nettement moins potassique que les autres précédemment décrites comme le démontre la spectrométrie des rayons gamma : K : 2,1%; U : 3,2 ppm et Th : 19,0 ppm. Elle est également beaucoup moins magnétique. La mesure au susceptibilimètre KT-10+ de Terraplus Inc. donne $0,011 \times 10^{-3}$ SI.

Entre l'affleurement de syénite à néphéline de la figure 12 et les blocs à scapolite-diopside-calcite de la figure 21, on observe des mouchetures de chalcoppyrite dans un gneiss à quartz-biotite à pyrrhotite finement disséminée (2%) (cf. MB231013-01 et 02 dont les analyses sont rapportées sur le tableau 1). Ce gneiss à chalcoppyrite disséminée est en contact avec ce qui se présente comme un marbre à calcite rose, diopside, forstérite (10%) et phlogopite sombre dont l'abondance peut atteindre 5% de la roche. Les observations que nous avons faites, ici et ailleurs dans la région, nous porte à penser que le développement de la forstérite se fait par soustraction métasomatique de la silice du diopside concomitante à l'apparition de la calcite et de la phlogopite sombre en abondance. La phlogopite étant porteuse de potassium, cet enrichissement est indiqué par la spectrométrie des rayons gamma (i.e. 4,1% K, 0,8 ppm U et 6,9 ppm Th).

En allant vers le nord-est, toujours à l'intérieur du secteur sud-ouest, on remarque l'abondance grandissante de glimmerite, à savoir une roche où le mica foncé devient prédominant. Ainsi, à (491021E / 5264178N, Nad 83, UTM 18), à proximité de l'échantillon MB 050913-04, qui a donné 4,4% Cu et 0,3 g/t d'or (Tableau 1), des lambeaux de diopside amiboïdes pluricentimétriques sont enrobés dans une matrice constituée à 80% de phlogopite foncée et 20% de calcite. Il y a présence locale de cristaux automorphes de scapolite. La mesure des rayons gamma révèle 2,0% de potassium et des quantités infimes d'uranium (0,3ppm) et de thorium (6,2 ppm). Cette roche est cependant magnétique ($6,17 \times 10^{-3}$ SI).

SECTEUR NORD-EST

La qualité des affleurements, dégagés le long du chemin forestier 74, permet de bien observer la relation spatiale entre les trois faciès métasomatiques, observés jusqu'ici séparément. La fenitisation des gneiss en syénite à néphéline semble être le phénomène métasomatique le plus distal. La glimmerite à phlogopite, accompagnée de moins de 10% de calcite est le faciès proximal. En périphérie de la glimmerite se forme une roche à diopside-tremolite-calcite-phlogopite +/- forstérite serpentinisée. Comme cette roche calco-silicatée et carbonatée se développe aux dépens des gneiss, il est aisé de la méprendre pour des roches sédimentaires carbonatées métamorphisées. Cependant l'appauvrissement en silice qui caractérise cette roche (ie. Transformation locale du diopside en forstérite), concomitante à une augmentation de la teneur en potassium (formation de phlogopite) et en magnétite, prêche plutôt en faveur d'une origine métasomatique. Dans les lignes qui suivent, nous décriront plus avant ces trois faciès, tel qu'observé au microscope, en commençant par le plus distal.

Syénite à néphéline gneissique :

Cette roche est potassique comme le montre l'abondance de microcline. La néphéline est potassique (Fig. 24). Elle est partiellement remplacée par de la cancrinite. Elle

est xénomorphe par rapport au feldspath potassique. Alors que ce feldspathoïde occupe 14% de la roche (Fig. 23), le feldspath potassique en forme 60% (Fig. 22).

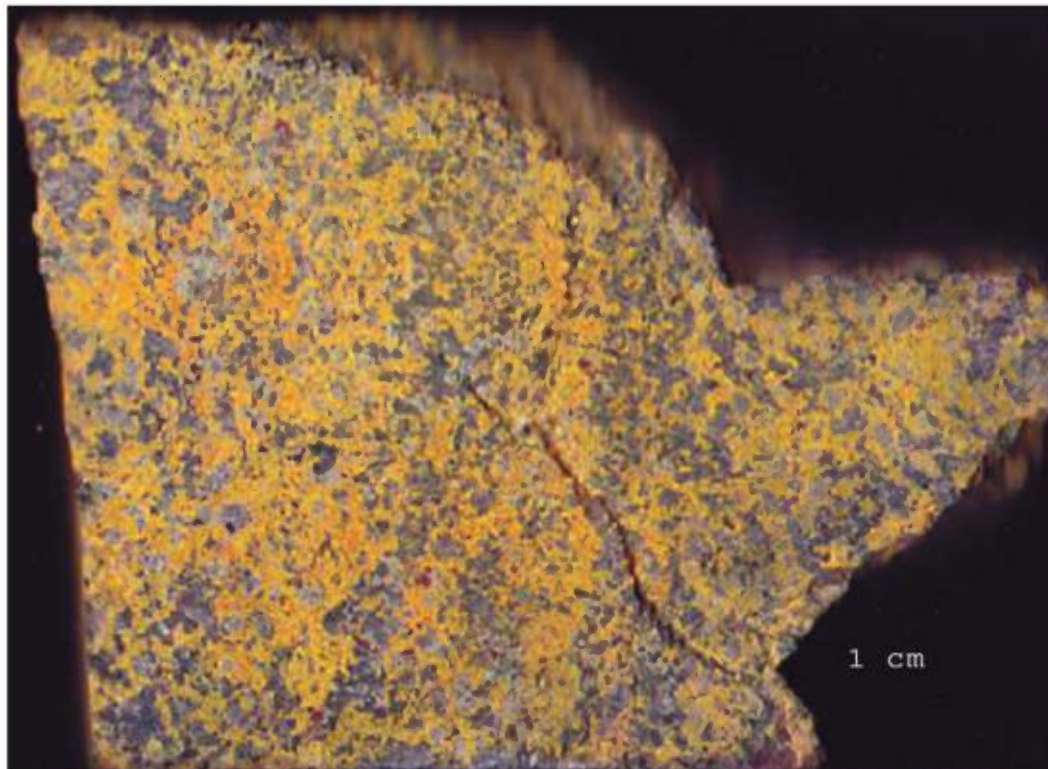


Fig. 22. Coloration au cobaltinitrite des feldspaths potassiques du gneiss fenitisé en syénite à néphéline du secteur Nasigon Nord-Est (491735E / 5265042N, Nad 83, UTM 18).



Fig. 23. Coloration au bleu de méthylène de la néphéline contenue dans le gneiss fenitisé en syénite du secteur Nasigon Nord-Est (491735E / 5265042N, Nad 83, UTM 18).

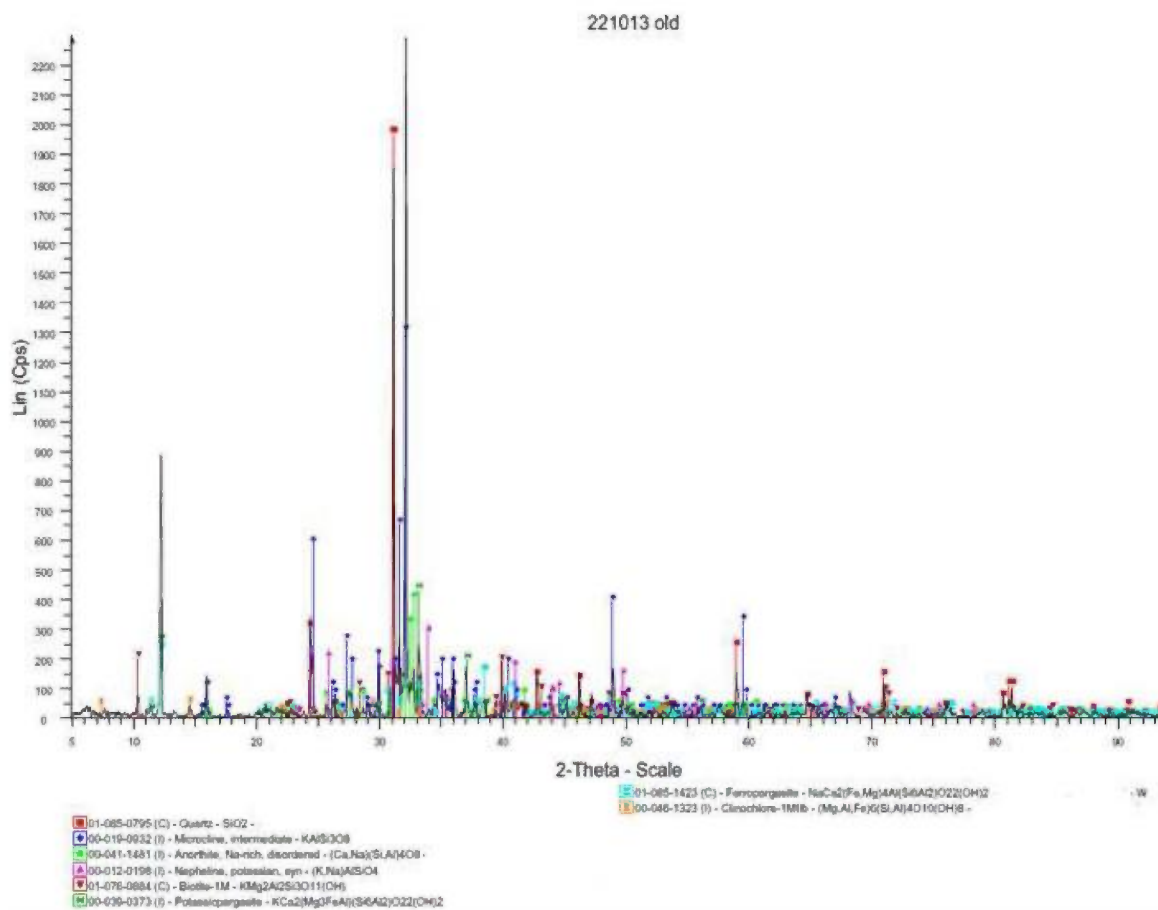


Fig. 24. Détermination par diffraction des rayons X des minéraux présents dans la syénite à néphéline des figures 22 et 23.

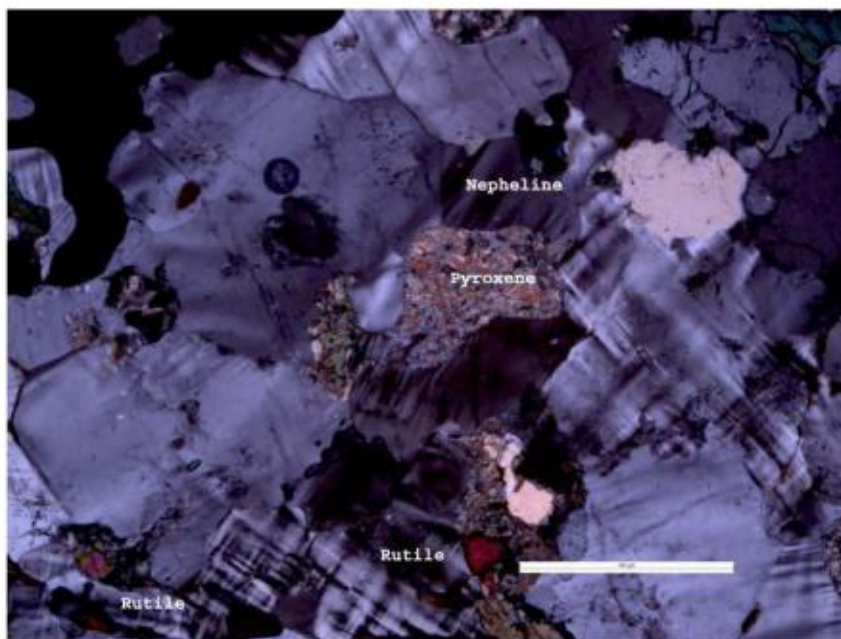


Fig. 25. Néphéline-cancrinite, pyroxène potassique et rutile brun dans la syénite des figures 22 et 23

Un pyroxène, de l'hedenbergite, sinon même de l'aegyrine, constitue 15% de cette roche (Fig. 25). Ce pyroxène est ouralitisé en périphérie et présente une couronne d'une amphibole bleu vert, au microscope, de la pargasite potassique, tel que déterminé par diffraction des rayons X (Fig. 24). Cette amphibole potassique forme 4% de la roche. La phlogopite (2%) et l'albite (2%) sont des constituants mineurs. La spectrométrie des rayons gamma indique 5% de potassium dans cette roche, de même que 1,7 ppm d'uranium et 11 ppm de thorium.

Les minéraux métalliques présents sont la magnétite (1%), sub-automorphe et dépourvue d'exsolution de spinelle; l'ilménite (0,7%), parfois avec exsolution d'hématite; le rutile (1%) xénomorphe, formant une couronne autour des grains d'hémo-ilménite (Fig. 26) et la bornite et la chalcoppyrite (0,3%) en grains composites xénomorphes (Fig. 27).

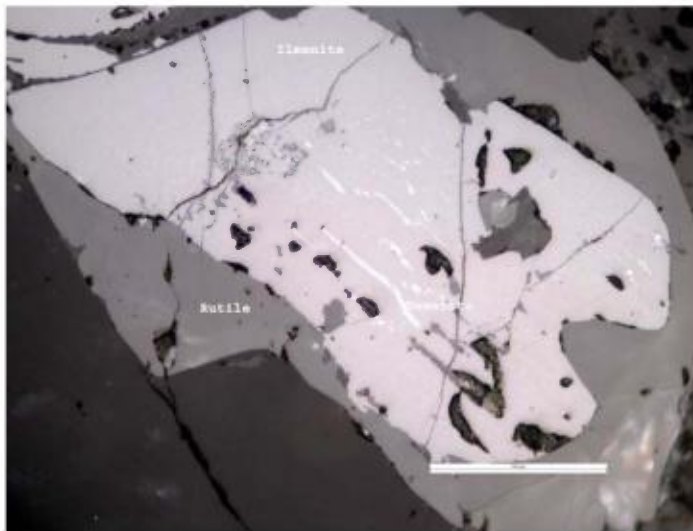


Fig. 26. Rutile autour d'un grain d'hémo-ilmenite dans la syénite à néphéline des figures 22 et 23. Observation au microscope sous lumière réfléchie.

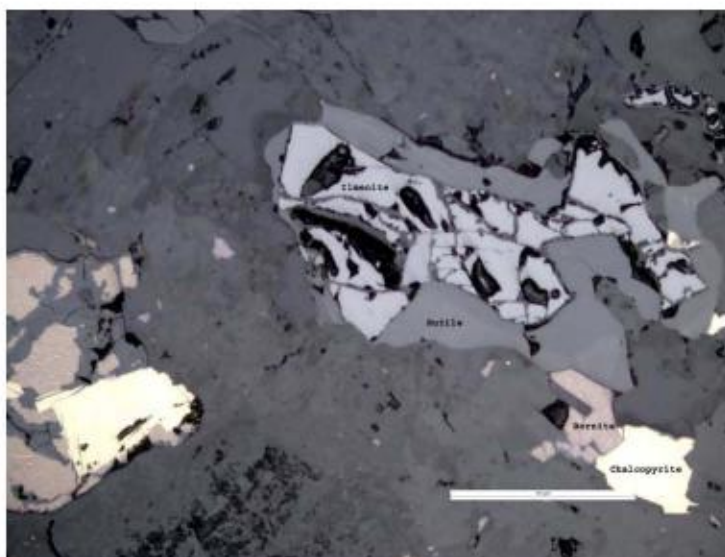


Fig. 27. Bornite et chalcoppyrite xénomorphes accompagnant une auréole de rutile autour d'un grain d'hémo-ilmenite de la syénite à néphéline des figures 22 et 23.



Fig. 28. Grains composites de bornite-chalcocite/digénite-covellite dans une roche à diopside, trémolite, calcite, scapolite et phlogopite du secteur Nasigon Nord-Est (localité-type : 491735E / 5265042N, Nad 83, UTM 18)

Roche à diopside +/- trémolite, calcite, scapolite et phlogopite (localité-type : 491735E / 5265042N, Nad 83, UTM 18) :

Cette roche calco-silicatée contient 65% de diopside poëciblastique et 18% de trémolite intimement enchevêtrés (Fig. 28). La calcite rose est xénomorphe par rapport au diopside et s'y trouve inclus dans les grains poëciblastiques. Elle constitue 15% de la roche. 1% de phlogopite se présente en fines paillettes dans la masse granoblastique de diopside-trémolite. On observe des plages feutrées millimétriques de scapolite. Elle présente des contours amiboïdes par rapport à l'assemblage granoblastique de diopside-trémolite. La magnétite est finement disséminée dans cette roche. La spectrométrie des rayons gamma n'indique que 0,5% de potassium, 1,9 ppm d'uranium et 4,9 ppm de thorium.

Les sulfures de cuivre occupent 2% de la roche (Fig. 28). Ce sont des grains composites (Figs. 29a et b) de bornite (1,5%) remplacée par de la chalcocite-digénite (0,1%) puis, d'abord par de la covellite (0,3%) et enfin par de la malachite (0,1%). Les sulfures de cuivre se trouvent systématiquement au cœur de cavités drusiques à tapisserie de calcite tel que souligné par l'abondance du calcium (Fig. 29c). Au cours de leur altération hypogène les grains de sulfures deviennent de plus en plus cuprifères (Fig. 29d).

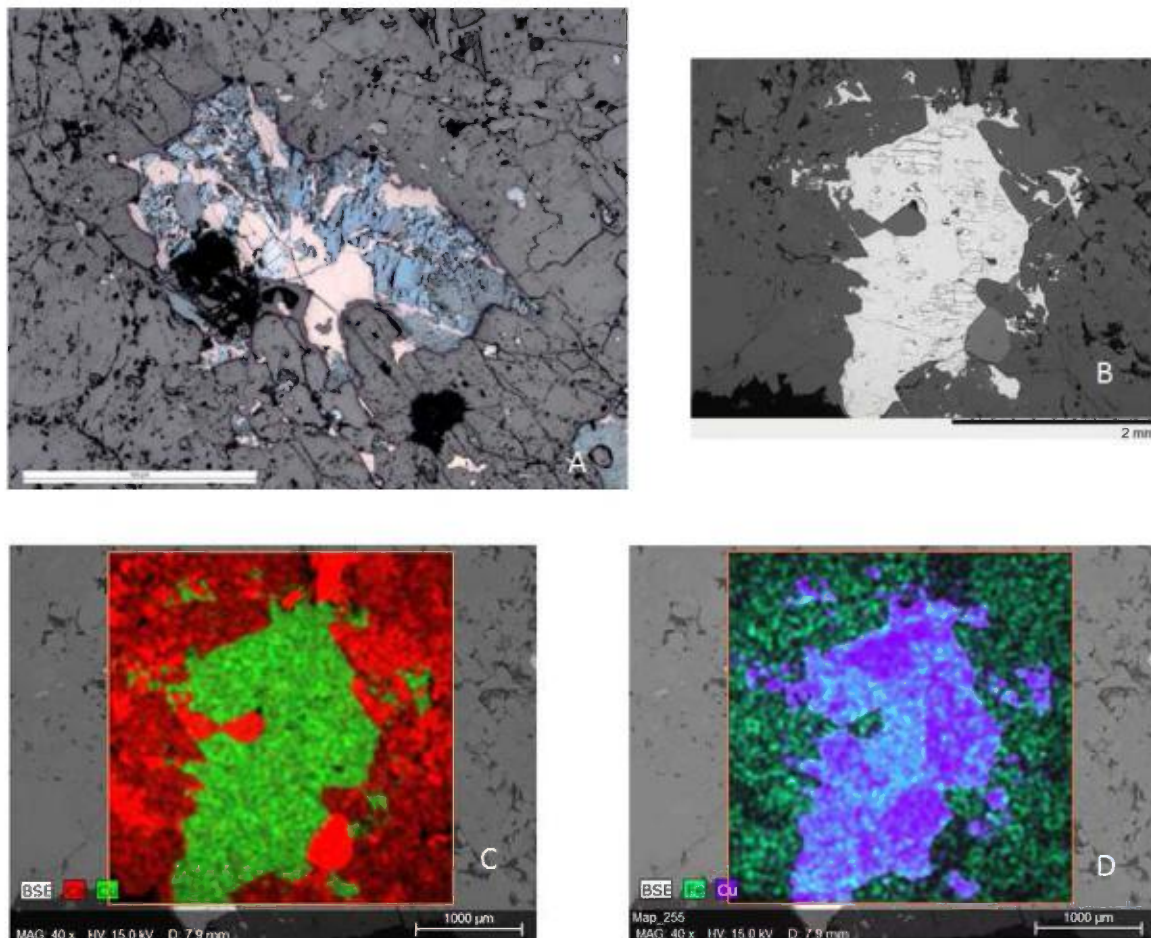


Fig. 29. A) Vue, au microscope optique sous lumière réfléchi, d'une cavité drusique dans la roche à diopside-trémolite-calcite-phlogopite, tout d'abord comblée par de la bornite, puis remplacée par de la chalcocite/digénite et enfin par de la covellite. B) Même paragenèse minérale, cette fois observée au microscope électronique à balayage. C) Balayage pour le cuivre (en vert) et le calcium (en rouge) de la même plage qu'en B. D) Balayage pour le cuivre (en bleu) et le fer (en vert) de la même plage qu'en B. Ceci démontre l'enrichissement progressif en cuivre des phases cuprifères. Secteur Nasigon Nord-Est (localité-type : 491735E / 5265042N, Nad 83, UTM 18)

Nous avons observé des dykes d'épaisseur centimétrique recoupant cette roche (Fig. 30). Ils sont complètement remplacés par de la scapolite, elle-même altérée et remplacée par un feutre de wilsonite rose. La calcite est présente à 3% dans cette roche et elle en occupe des cavités amiboïdes. 1,3% de bornite se présente en remplissage des espaces ouverts entre les cristaux de calcite des cavités drusiques. La chalcocite-digénite remplace la bornite. Enfin la covellite remplace tous ces minéraux cuprifères.

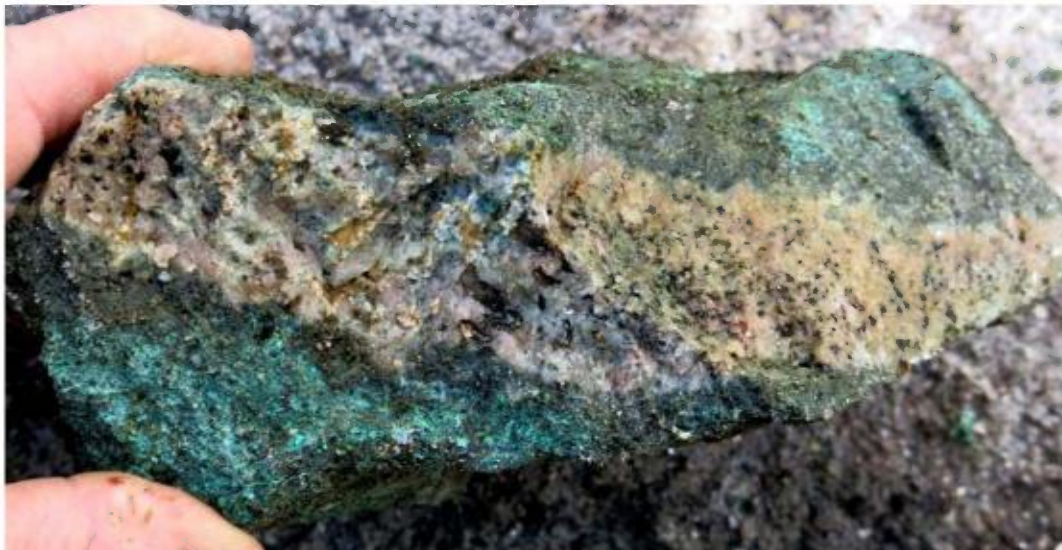


Fig. 30. Wilsonite rose développée sur la scapolite qui a elle-même complètement remplacée un dyke de 'syénite' recoupant la roche à diopside-trémolite-calcite-phlogopite. Notez, dans la roche calco-silicatée, l'abondance des cavités à enduit de malachite.

Glimmerite cuprifère :

Cette roche monominérale est remarquablement riche en cuivre. Nous avons obtenu une teneur de 2,45% cuivre sur un mètre de rainure dans la roche dont la photo apparaît à la figure 31 (cf. l'analyse de l'échantillon MBG 221013-01 dans le tableau 1). Outre l'abondance de sulfures de cuivre, on remarque une bande enrichie en magnétite dans la zone de transition entre cette roche et celle à diopside-tremolite-calcite-phlogopite (Fig. 32).

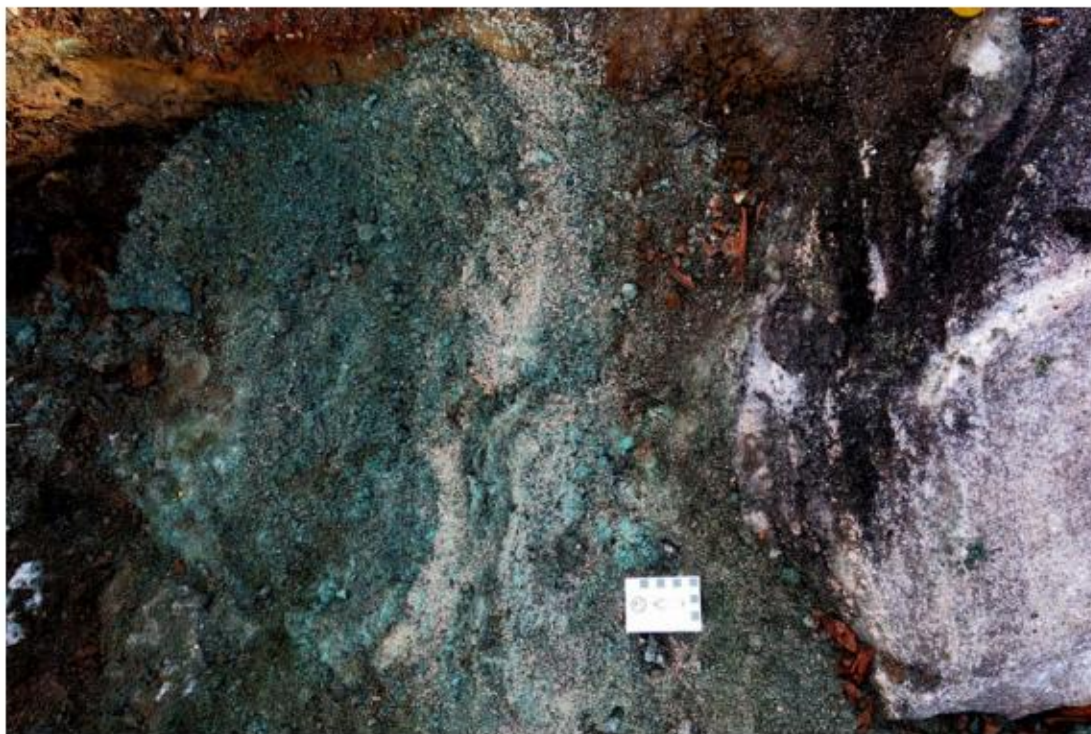


Fig. 31. Glimmerite désagrégée à ciment de malachite qui a donné 2,45% sur un mètre de rainure. Secteur Nasigon Nord-Est (localité-type : 491738E / 5265042N, Nad 83, UTM 18)



Fig. 32. Vue rapprochée de la figure 31. Une bande de 5cm de largeur riche en magnétite, ici en haut de la figure, sépare la glimmerite cuprifère de la roche à diopside-trémolite-calcite-phlogopite que nous venons de décrire.

La bornite, la chalcocite-digénite et la covellite s'altère très rapidement en malachite. Comme elle est constituée presque exclusivement de phlogopite et que les sulfures en sont les liants, la glimmerite cuprifère se désagrège très rapidement par intempérisme (Fig. 33). Ce n'est qu'en creusant à la pelle, sur plus de cinquante centimètres, que nous avons été en mesure d'en visualiser, quoique toujours sous-estimée, la richesse en cuivre. Cette observation a une grande importance pour bien évaluer la valeur économique de ces terrains. En effet, par suite de cette érosion différentielle, les faciès les plus cuprifères seront systématiquement sous-représentés en affleurement et même lorsque des tranchées par des moyens mécaniques y seront effectuées. Le cuivre en sera lessivé. Même lors du forage, il faudra faire attention à ce que les minéraux cuprifères ne soient pas évacués par la circulation de l'eau.

Comme cette roche se désagrège aisément, nous n'avons pas été en mesure dans faire faire des lames minces polies. Nous ne pouvons donc en préciser la minéralogie.



Fig. 33. Erosion prononcée de la glimmérite cuprifère encaissée par le faciès résistant des gneiss fenitisés en syénite à néphéline. Secteur Nasigon Nord-Est (localité-type : 491730E / 5265057N, Nad 83, UTM

18)

DISCUSSION DES OBSERVATIONS MÉGASCOPIQUES ET MICROSCOPIQUES

CHRONOLOGIE RELATIVE DES FACIÈS D'ALTÉRATION ET DE LA MINÉRALISATION CUPRIFÈRE

Fenitisation, altérations potassique et sodique :

La fenitisation, c'est-à-dire la soussaturation en silice et le développement de feldspathoïdes (i.e néphéline et cancrinite), aux dépens de gneiss au préalable plissés et métamorphisés, semble synchrone de leur altération potassique. Celle-ci se manifeste par le développement de feldspaths potassiques.

Par contre, l'altération sodique est nettement postérieure (Fig. 11). Les recouvrements et les inclusions des faciès d'altération précoces par de la scapolite en témoignent largement. Elle est post-métamorphique comme le démontre la délicatesse des micro-cavités drusiques (Fig. 9) développées dans des roches, au préalable, foliées.

Par ailleurs, on observe des lambeaux de diopsidite englobés par de la scapolite cristalline grossière (Fig. 21). Ceci pourrait donner à penser que l'altération sodique est postérieure au développement des roches calco-silicatées.

Altération par carbonatation :

Cependant le développement des roches calco-silicatées et carbonatées demeure plus difficile à cerner. Nantel et al. (2004) signalent, bel et bien, la présence de roche calco-silicatées et de marbres à diopside dans la suite métamorphique de L'Ascension. Ces roches seraient donc préexistantes.

Cependant, comme la calcite apparaît au cœur des cavités drusiques post-métamorphiques (Figs. 11 et 29c), ce autant dans les gîtes de cuivre du Nasigon que dans la faille de Manville, structure reconnue comme recoupant toutes les roches de la région y compris celles de la suite alcaline de Lesueur (Nantel et al., 2004, p. 24), nous envisageons que l'essentiel des roches calco-silicatées cuprifères résulte d'un métasomatisme postérieure à la fenitisation des gneiss. C'est ainsi que, sur le gîte de cuivre du lac Hispana (Fig. 4), nous avons observé un front de remplacement dans les gneiss avec destruction des amphiboles métamorphiques, formation de diopside, puis remplacement de celui-ci par de l'olivine (forstérite) par suite d'une sous-saturation en silice concourante au développement de calcite rose dans ces roches. Par ailleurs, rappelons ici que, dans le secteur Nord-Est du lac Nasigon, nous avons observé (Fig. 32), en bordure d'une glimmerite cuprifère, une zone tampon à magnétite au contact de roche calco-silicatée à calcite rose et bornite-chalcocite (digenite)-covellite. Cette roche passe ensuite à une syénite à néphéline gneissique. Ce passage progressif nous suggère que le front calco-silicatée et carbonaté constitue une étape intermédiaire entre la fenitisation et le développement de la glimmerite cuprifère.

Glimmerite :

Le développement de glimmerite est donc postérieur à l'altération potassique et à la fenitisation. Par ailleurs, il est généralement précédé par un halo calco-silicaté et carbonaté, comme nous venons de le voir, et/ou par un halo d'altération sodique à scapolite et wilsonite (le produit d'une hydratation hypogène subséquente de la scapolite).

Minéralisation cuprifère :

Cette minéralisation est remarquablement peu sulfurée comme l'indique la paragenèse à bornite-chalcocite (digenite)-covellite plutôt que de la simple chalcopyrite. Elle est postérieure à l'altération potassique et à la fenitisation (Fig. 11). Ces sulfures tapissent la scapolite des cavités drusiques à remplissage de calcite (Figs. 9 et 10). Donc, la phase cuprifère serait synchrone sinon même postérieure à la phase sodique. Par ailleurs, le paroxysme de la minéralisation cuprifère correspond au développement de la glimmerite (Fig. 31).

NATURE ALCALINE, SOUS-SATURÉE EN SILICE, DU MÉTASOMATISME ET LIEN AVEC DES ROCHES DE MÊME COMPOSITION DANS LA PARTIE OUEST DE LA PROVINCE DE GRENVILLE

La région, sous étude, se situe à la limite de terrains MésoProtérozoïques qui chevauchent, à l'Ouest, des terrains PaléoProtérozoïques et Archéens (Martignole et Friedman, 1998). En Ontario, cette zone bordière est connue pour ces gneiss alcalins de grande extension latérale (Currie, 1976). S'y trouve le plus grand gisement de néphéline d'Amérique du Nord : Blue Mountain. L'origine de ces gneiss alcalins est incertaine. Contrairement aux roches des complexes alcalins, d'origine nettement magmatique, ces

gneiss à néphéline sont pauvres en terres rares et en uranium tout comme le sont les fenites du secteur du lac Nasigon.

Par contre, nulle part dans le Sud-Est de l'Ontario, et même tout le long de la limite Méso- et Paléo-Protérozoïque dans la Gatineau, on ne connaît un essaim d'indices de cuivre tel qu'il en existe un dans la région sous étude (Fig. 4). Or, au lac Lesueur, dans le cœur de cet essaim cuprifère, on retrouve, non seulement l'affleurement le plus important de la suite alcaline de Lesueur mais également des minéralisations de cuivre, d'or et d'uranium associées à celle-ci. Par ailleurs, le professeur Michel Cuney, du CREGU, consultant d'Areva, a confirmé l'existence d'un dyke de carbonatite au lac Lesueur en y identifiant formellement du pyrochlore (M.Belisle, comm. pers, 2015). Tout ceci donne à penser qu'il puisse exister un lien distal entre la minéralisation cuprifère du lac Nasigon et ce magmatisme alcalin.

Ceci nous amène enfin à rappeler l'âge $\leq 1,0$ Ga de la suite alcaline de Lesueur. Il est à rapprocher de l'âge d'autres appareils tardi-orogéniques particulièrement minéralisés dans la province de Grenville : celui à tantale de Crevier (0,9575 Ga), au lac Saint-Jean, et celui à cuivre et terres rares de Kwijibo (0,972 Ga) sur la Côte-Nord.

PROFONDEUR DE MISE EN PLACE DE LA MINÉRALISATION CUPRIFÈRE ET RELATION AVEC L'EXTENSION SUBSÉQUENTE À LA PHASE RIGOLET DE L'OROGÈNE DE GRENVILLE.

Nantel et al. (2004) observe que tous les types de roches de la région sont affectés par les failles NE-SW (Fig. 4), y compris la syénite alcaline de Lesueur. Ces auteurs mentionnent également des brèches hydrauliques à encroutement drusique de scapolite ainsi que des amas de calcite blanche et une forte hématisation le long de ces failles tardives, dont celle de Manville. Nous pensons que la paragenèse tardive à scapolite-calcite-phlogopite, des gîtes cuprifères de Nasigon, s'apparente à ces venues minérales observées le long des failles tardives. Par ailleurs, la présence des espaces ouverts des cavités drusiques minéralisées (Figs. 9 et 10) indique un niveau de mise en place dans l'épizone. Cette remontée des gneiss de la catazone jusqu'à l'épizone est dû à la tectonique d'extension post-Rigolet, dernière phase de l'orogène de Grenville (Martignole et Calvert, 1996).

Les failles d'extension NE-SW, de la région sous-étude, se situent dans l'extension de celles reconnues à l'ouest de la Gatineau par Sharma (Fig. 34). En outre, celles-ci prennent le relais, au Québec, de failles d'extension en Ontario. L'une d'entre elles, la Robertson Mylonite Zone est connue pour ces gîtes d'or-antimoine épizonaux (Gleeson et al., 1984; Sangster et al., 1992).

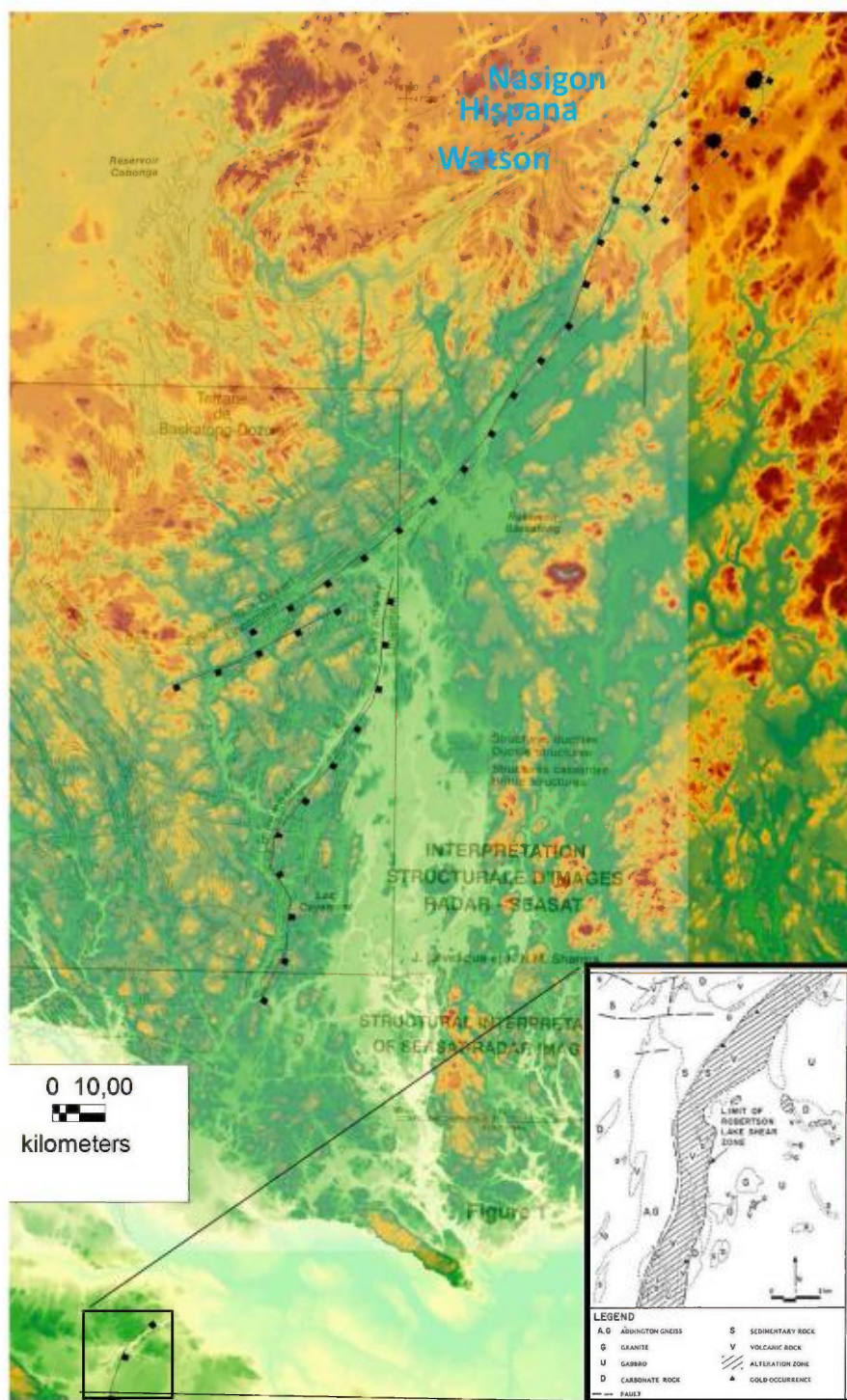


Fig. 34. Localisation des indices de cuivre des lacs Nasigon, Hispana et de Watson par rapport à la faille de Manville et aux autres résultant de l'extension tardi-grenvillienne d'après Levesque et Sharma, 1995, ainsi que Nantel et al., 2004. L'encart montre la distribution des gîtes d'or-antimoine épizonaux le long de la zone d'altération de la Robertson Lake Shear zone (Source: Gleeson et al., 1984).

CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Les minéralisations cuprifères du lac Nasigon sont disséminées. Les phases cuprifères, la bornite, la chalcocite-digénite et la covellite, sont plus riches en cuivre que la chalcopyrite, sulfure de cuivre prédominant des exploitations du XXIème siècle au Québec. Il y a localement de l'or dans le gîte du Nasigon, la meilleure teneur obtenue étant de 0,3 g/t (cf. tableau 1).

Le gîte du lac Nasigon présente plusieurs avantages logistiques. Il est à une courte distance, par la route de Parent, du chemin de fer transcontinental qui donne accès à la fonderie Horne, à Rouyn-Noranda, et au port minéralier de Québec (Fig. 2). Par ailleurs, le poste La Vérendrye (Fig.3), de l'Hydro-Québec, pourrait fournir l'électricité nécessaire à une mine de cuivre d'envergure.

Cependant, cette éventuelle exploitation doit être compétitive par rapport aux grandes mines récemment mises en production au Congo et au Chili. Il s'agit de gisements dont la teneur est supérieure à 1% et les tonnages voisins, sinon supérieurs, au milliard de tonnes. Dans l'optique d'une exploitation en carrière d'un gisement de cuivre au lac Nasigon, on doit donc y rechercher un tonnage supérieur à 0,2 milliard de tonnes et une teneur en cuivre (ou en équivalent cuivre en tenant compte d'un éventuel crédit pour l'or) de 1%.

Ceci définit donc des balises pour le gisement à rechercher au lac Nasigon. Ainsi, un gisement de 0,2 milliard de tonnes, exploité jusqu'à une profondeur de 200m, dans un minerai d'une densité de 2,5, occuperait un rayon de 320 mètres en surface. Ce rayon minimum de la surface minéralisée et sa teneur souhaitée sont des paramètres pour nos recommandations.

CONCLUSION

RECOMMANDATIONS POUR LA SUITE DES TRAVAUX D'EXPLORATION

Nous recommandons :

A court terme

-pour le cuivre-

- Tout d'abord, un levé pédogéochimique (i.e. horizon B du sol, Fig. 35) sur l'ensemble de la propriété. A l'intérieur et en périphérie du secteur des indices du lac Nasigon, cet échantillonnage devait être fait à une maille de 100m. A l'extérieur, cette maille pourra être relâchée à 250m sinon plus.
- Que les échantillons de sol, ainsi prélevés, soient analysés pour le cuivre et, accessoirement, pour le molybdène. Nous recommandons le molybdène car nous l'avons localement observé au lac Nasigon et c'est un élément indicateur ('pathfinder') nettement plus précis que le cuivre pour la recherche de gisements disséminés (Fig. 36).

- Qu'une fois une anomalie pédogéochimique cernée, nous recommandons son suivi détaillé, par un échantillonnage complémentaire à une maille de 50m, puis un décapage restreint des pics anomaux ainsi précisés.
- Nous recommandons également la prospection de toutes anomalies géochimiques détectées à une échelle de 250m ou moindre.
- Nous y recommandons également des levés magnétique et spectrométrique (rayon gamma) détaillés.
- Nous recommandons l'examen géologique des décapages qui seront faits et une caractérisation subséquente de toutes minéralisations rencontrées.

-pour la néphéline-

- Nous recommandons de vérifier, par des analyses chimiques, si la syénite à néphéline du secteur Sud-Ouest (Fig. 12) ne serait pas d'une qualité commerciale (Anonyme, 2015) comme celle du gisement de Blue Mountain en Ontario. Cependant, avant de procéder à cette analyse, il faudra éliminer la magnétite de ces échantillons, car la teneur en fer nuit considérablement à la valeur économique de la néphéline (Anonyme, 2015). Si la néphéline du Nasigon se révèle d'une qualité commerciale, il pourrait s'agir-là d'un sous-produit intéressant pour diminuer la teneur en cuivre nécessaire pour une exploitation à ciel-ouvert.

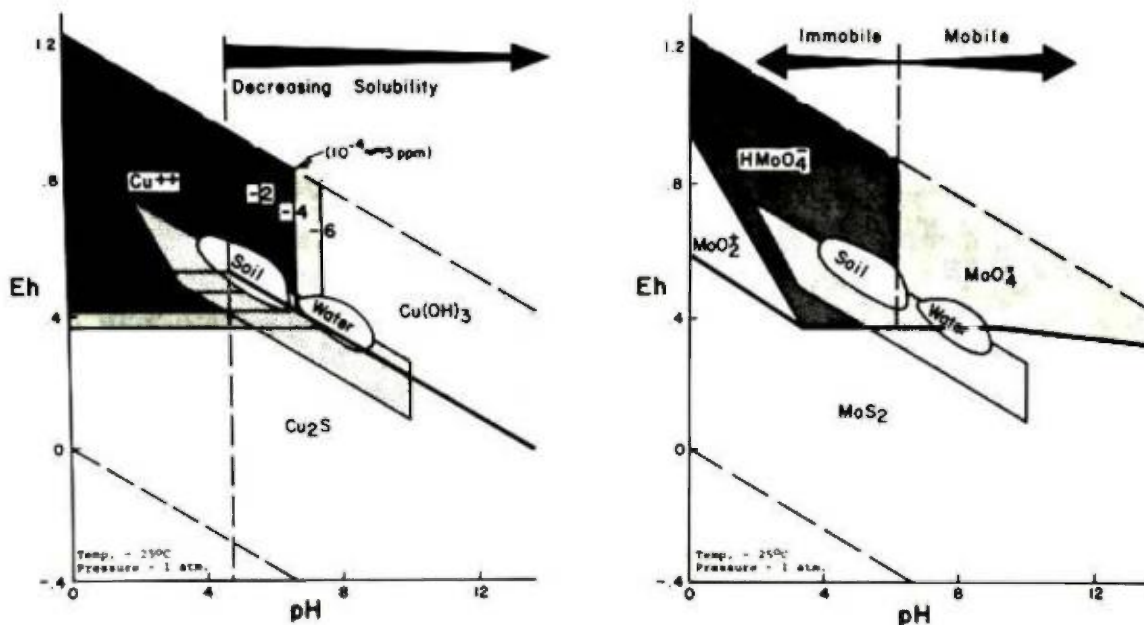
A moyen terme

- Nous recommandons que soient faits des levés de polarisation induite sur les zones minéralisées décelées par les levés à court terme.
- Nous recommandons, une première phase de forage, sur les anomalies de polarisation induite qui seront détectées sur les éventuelles zones cuprifères.
- Nous recommandons un forage profond (i.e. au moins jusqu'à 250m) sur chacune de ces cibles plutôt qu'un essaimage de forages peu profond comme Noranda l'a fait sur le gîte Watson (MacIsaac, 1971). En effet, nous pensons qu'il est important de vérifier immédiatement si la minéralisation est enracinée en profondeur et que les teneurs économiques y soient uniformément distribuées. Par ailleurs, ceci évitera le problème d'une éventuelle sous-évaluation, par dilution en surface, de la teneur en cuivre des glimmerites (Fig.33)



Fig. 35. Profil du sol développé au voisinage des indices de cuivre du secteur Nasigon Nord-Est (localité-type : 491730E / 5265057N, Nad 83, UTM 18)

Mobility in the Secondary Environment



Application of Eh-pH diagrams to an understanding of the relative mobilities of copper and molybdenum in the search for porphyry copper deposits. *Left.* Some stability relations in the chalcocite-water system. *Right.* Some stability relations in the molybdenite-water system. From Hansuld (1967). Hansuld considers the weathering environment to cover a larger pH-Eh range than that indicated on Fig. 3-15.

Fig. 36. Avantage du molybdène comme traceur de minéralisation cuprifère disséminée, autant en prospection stratégique, par géochimie des sédiments de ruisseaux, qu'en prospection tactique, par géochimie des sols.

RÉFÉRENCES

Anonyme, 2015. Exploration de la syénite à nepheline au Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. <http://www.mern.gouv.qc.ca/mines/industrie/mineraux/mineraux-exploration-syenite.jsp>

Currie, K.L., 1976. The alkaline rocks of Canada. Geological Survey of Canada, bulletin 239, 253p.

Gleeson, C.F., Rampton, V.N., Thomas, R.D., et Paradis, S., 1984. Grant 065 Development and Adaptation of Geochemical Techniques to Gold Exploration in Glacial Drift in Milne, V.G. and Barlow, R.B. (eds.), Exploration Technology Development Program of the Board of Industrial Leadership and Development, Summary of Research, 1983-84. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 120, 176 p.

Lévesque, J., et Sharma, K.N.M., 1995. Structural interpretation of Seasat-Radar images in Sharma, K.N.M., Giguère, E., Cimon, J., et Madore, L., Les roches ultramafiques dans le

Grenville de l'Outaouais: contexte tectonique et potentiel mineral. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Pro 95-08, fig. 1, p. 5.

MacIsaac, N., 1971. Diamond Drill Core Log, Watson Option-Lac Boisvert. Noranda Exploration Co. Ltd., Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Open File Report GM-27421.

Martignole, J., et Calvert, A.J., 1996. Crustal scale shortening and extension across the Grenville Province of western Québec. *Tectonics*, V. 15, No. 2, pp. 376-386.

Martignole, J., et Friedman, R., 1998. Geochronological constraints on the last stages of terrane assembly in the central part of the Grenville Province. *Precambrian Research*, V. 92, pp. 145-164.

Nantel, S., Giguère, E., et Clark, T., 2004. Géologie de la région du lac Duplessis (31O/06). Géologie Québec, rapport RG 2003-01, 51 p.

Sangster, A.L., Gauthier, M. et Gower, C.F., 1992. Metallogeny of structural zones, Grenville province, northeastern North America *in* *Precambrian Metallogeny Related to Plate Tectonics* (G. Gaal et K.J. Schulz, eds.). *Precambrian Research*, vol. 58, 401-426.

Wynne-Edwards, H.R., Gregory, A.F., Hay, P.W., Giovanella, C.A., et Reinhardt, E.W., 1966. Mont-Laurier-Kempt lake map-areas, Québec (31J and 31O). Geological Survey of Canada, paper 66-32, 32 p.