

# CARACTÉRISATION PÉTROGRAPHIQUE ET GÉOCHIMIQUE DE LA PYROXÉNITE DE BAIE CHAPUS, BAIE-JAMES: UN EXEMPLE DE MINÉRALISATION EN FE-TI-V DANS LA PROVINCE DU SUPÉRIEUR

Anne-Aurélié Sappin, Michel G. Houllé, (CGC-Q), Jean Goutier (MERN) et Vicki McNicoll (CGC-O)

## INTRODUCTION

La Pyroxénite de baie Chapus (feuille SNRC 33F06) a été découverte en 1996 durant les travaux de cartographie régionale effectués par le ministère des Ressources naturelles du Québec dans le secteur du réservoir Robert-Bourassa à la Baie-James. Elle appartient à une série d'intrusions ultramafiques situées dans la Sous-province de La Grande dans la Province du Supérieur (Fig. 1). Malgré la présence de minéralisation de type Fe-Ti-V dans cette intrusion, ces caractéristiques pétrologiques, minéralogiques et géochimiques restent mal connues.

Cette contribution fait partie intégrante du sous-projet "systèmes magmatiques ultramafiques à mafiques minéralisés riches en magnésium" du programme Initiative Géoscientifique Ciblée 4 de la Commission géologique du Canada. Elle vise à présenter les principaux lithofaciès de la Pyroxénite de baie Chapus et leur composition minéralogique et chimique afin de comprendre la mise en place de cette intrusion et établir son intérêt économique.

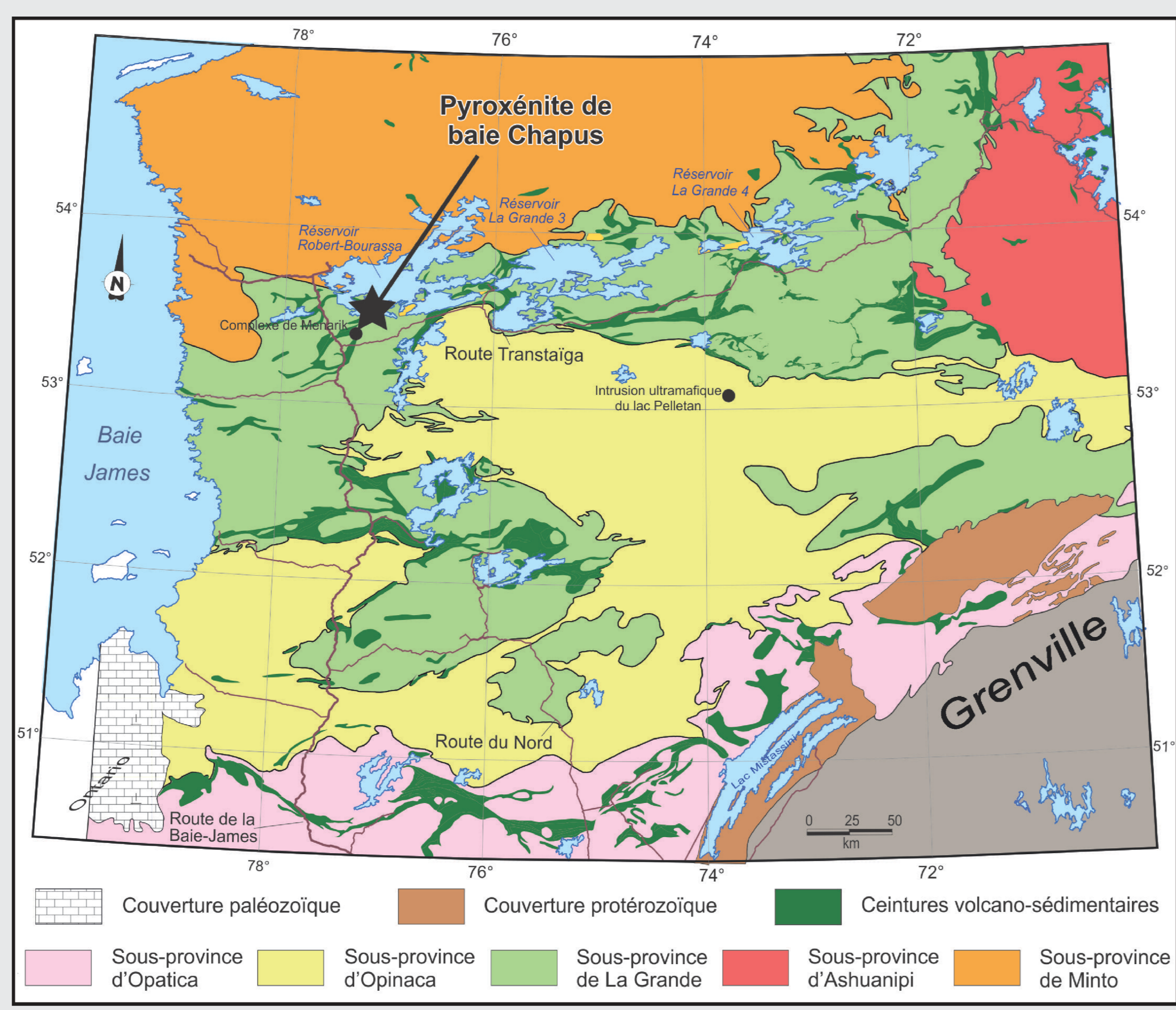


Fig. 1. Géologie simplifiée de la Province du Supérieur dans la région de la Baie-James et localisation de la Pyroxénite de baie Chapus (modifiée d'après Thériault et Beauséjour, 2012)

## GÉOLOGIE RÉGIONALE

La Sous-province de La Grande est essentiellement composée d'un socle de gneiss tonalitique (2,79 à 3,45 Ga), de séquences volcano-sédimentaires et de plusieurs intrusions de composition dioritique, tonalitique, granodioritique, granitique, ainsi que mafique et ultramafique (Houllé, 2000; Goutier *et al.*, 2002; Bandyayera *et al.*, 2010; Davis inédit 2014). Dans l'ensemble, les roches constituant la Sous-province de La Grande sont similaires à celles présentes dans la zone noyau du terrane de Caribou Nord, le domaine de Uchi et le terrane de Wabigoon dans la partie nord-ouest de l'Ontario (Goutier *et al.*, 2002; Thurston, 2002; Houllé *et al.*, 2013). Les roches de La Grande ont subi un métamorphisme régional du faciès des schistes verts au faciès des amphibolites (Goutier *et al.*, 1998).

## GÉOLOGIE LOCALE

La Pyroxénite de baie Chapus est une intrusion à composition ultramafique-mafique (Cimon *et al.*, 1997) d'environ 1 x 3 km<sup>2</sup> qui s'est mise en place dans les tonalites du Duncan à proximité des volcanites du Groupe de Yasinski (Fig. 2). Les différents lithofaciès de cette intrusion sont grossièrement orientés selon une direction SO-NE (Fig. 2). La Pyroxénite de baie Chapus est composée principalement de pyroxénite, de pyroxénite à plagioclase et de pyroxénite à olivine (Fig. 2). Elle contient également quelques niveaux et amas (métriques à décimétriques) de péridotite, de dunite et de gabbro (*sensu lato*) et est recoupée par des dykes de gabbro et de pyroxénite. Une zone de magnétite semi-massive à massive qui s'étend sur au moins 70 mètres et dont l'épaisseur est estimée à quelques mètres a également été identifiée dans le secteur ouest de l'intrusion (Fig. 2).

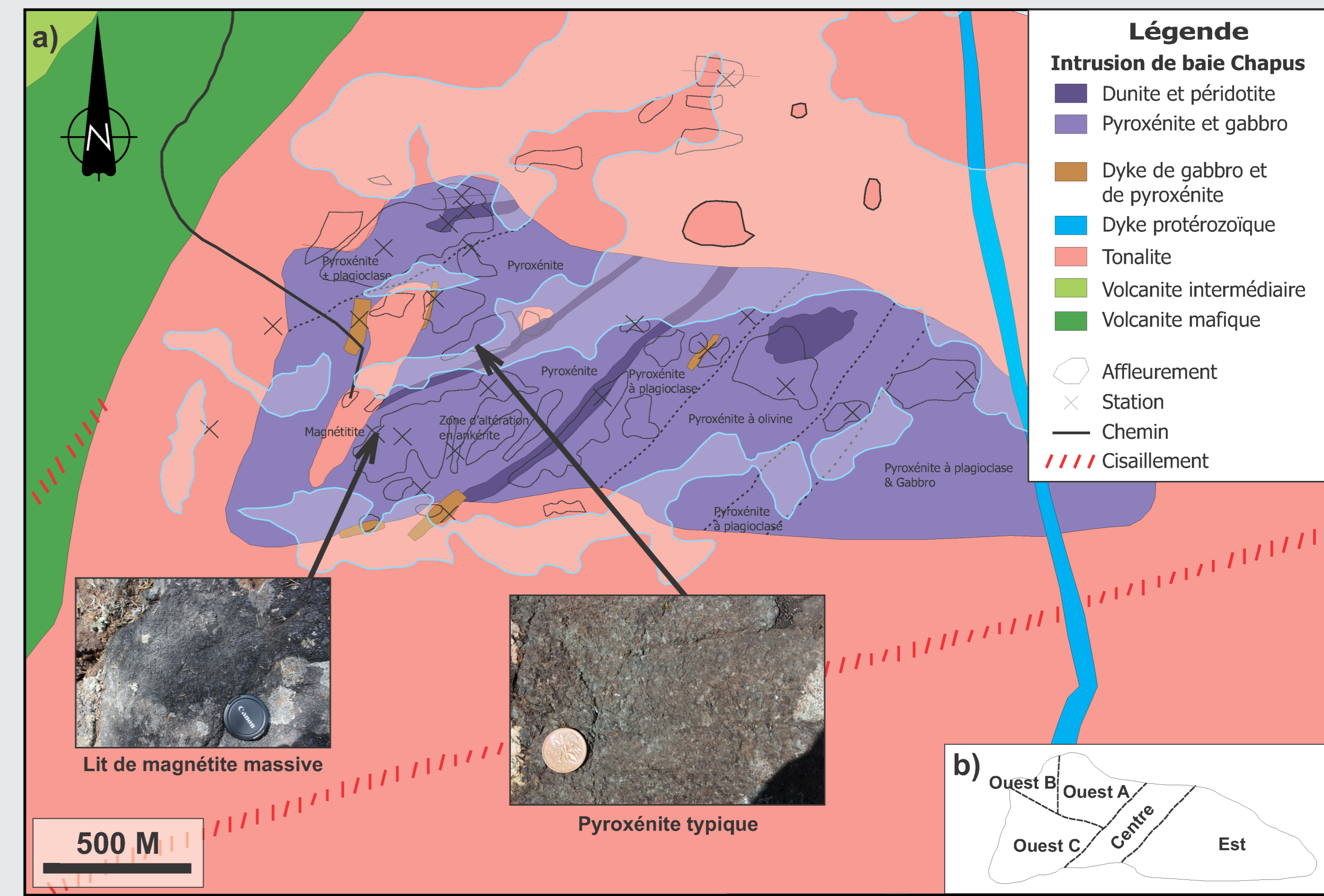


Fig. 2. a) Carte géologique (modifiée d'après Houllé et Goutier, carte non publiée) et b) principales subdivisions géographiques de la Pyroxénite de baie Chapus.

## PÉTROGRAPHIE

### Pyroxénites et pyroxénites à plagioclase

Les pyroxénites sont des clinopyroxénites et des clinopyroxénites à plagioclase (Photos 1 et 2). Elles sont massives à litées, vert foncé à vert bleuté et finement à grossièrement grenues. Plus rarement, elles peuvent être pegmatitiques. Ces roches ultramafiques présentent des textures cumulatives (ortho- à mésocumulats) plus ou moins bien préservées dans lesquelles les clinopyroxènes constituent les phases cumulus et la plagioclase la phase intercumulus. Les pyroxènes sont xénomorphes et localement remplacés par des amphiboles. Ces amphiboles peuvent former de petits poeciloblastes. Lorsque présent, le plagioclase est totalement altéré en chlorite ou en carbonate. Les pyroxénites contiennent également de la magnétite avec dans plusieurs cas de fines exsolutions d'ilménite, de l'ilménite contenant de rares grains de magnétite, de la pyrite, de l'épidote et de la titanite. Dans le partie nord-ouest de l'intrusion, on observe aussi des traces d'apatite.

### Pyroxénites à olivine

Les pyroxénites à olivine sont des clinopyroxénites à olivine (Photo 3) qui présentent une structure massive à litée et une granulométrie allant de fine à grossière. Elles sont vert foncé à vert bleuté. Localement, les textures primaires sont bien préservées. Ces pyroxénites sont des orthocumulats à olivine avec des cristaux de clinopyroxènes interstitiels. Les olivines sont complètement serpentinisées. Les pyroxènes sont xénomorphes et par endroits en cours d'altération par les amphiboles. La magnétite, qui présente de fines exsolutions d'ilménite, représente une phase accessoire.

### Péridotites

Les péridotites sont des wehrilites (Photo 4). Elles sont massives à litées, noires, et se distinguent par une patine d'altération brun-orangé et par la présence de filonets de magnétite en relief positif. Leur granulométrie varie de finement à moyennement grenue. Les wehrilites sont des orthocumulats à olivine avec des clinopyroxènes en position intercumulus. Les olivines sont altérées en serpentine et magnétite, alors que les pyroxènes xénomorphes sont bien préservés. De rares grains de pyrite sont également présents.

### Dunites

Les dunites (Photo 5) sont massives, noires et finement à moyennement grenues. À l'échelle macroscopique, elles présentent une patine d'altération brun-orangé et des filonets de magnétite en relief positif. Les dunites forment des adcumulats à olivine. Le matériel interstitiel, lorsque présent, comprend un mélange de talc et de carbonate. Les olivines sont généralement idiomorphes. Elles sont totalement remplacées par de la serpentine et de la magnétite, mais leurs formes cristallines ont été préservées. Les minéraux accessoires comprennent de la chromite.

### Gabbros

Les gabbros (Photo 6) sont mésocratés, massifs et peuvent présenter un rubanement primaire. Ils sont verts et finement à grossièrement grenus. Ces roches sont très altérées. Elles montrent des textures néoblastiques avec des reliques de textures primaires hydiomorphes à allotriomorphes. Les plagioclases sont remplacés presque totalement par de la chlorite et les pyroxènes sont amphibolitisés. Les minéraux accessoires incluent la titanite, l'ilménite, la pyrite et la chalcopyrite.

### Magnétites semi-massives à massives

Les magnétites semi-massives (40-80 % d'oxydes de Fe-Ti; Photo 7) à massives (> 80 % d'oxydes de Fe-Ti; Photo 8) forment des lits noirs en contact graduel avec les niveaux de pyroxénites. La taille des grains de magnétite est comprise entre 0,2 et 3 mm. Les magnétites semi-massives et magnétitites sont des ortho- à mésocumulats de magnétite. Ces oxydes se présentent sous la forme de grains hydiomorphes à xénomorphes, contenant de nombreuses et fines exsolutions d'ilménite (textures en treillis couramment observées). La matrice de ces roches est composée de chlorite, de talc, d'amphibole et de rutile.

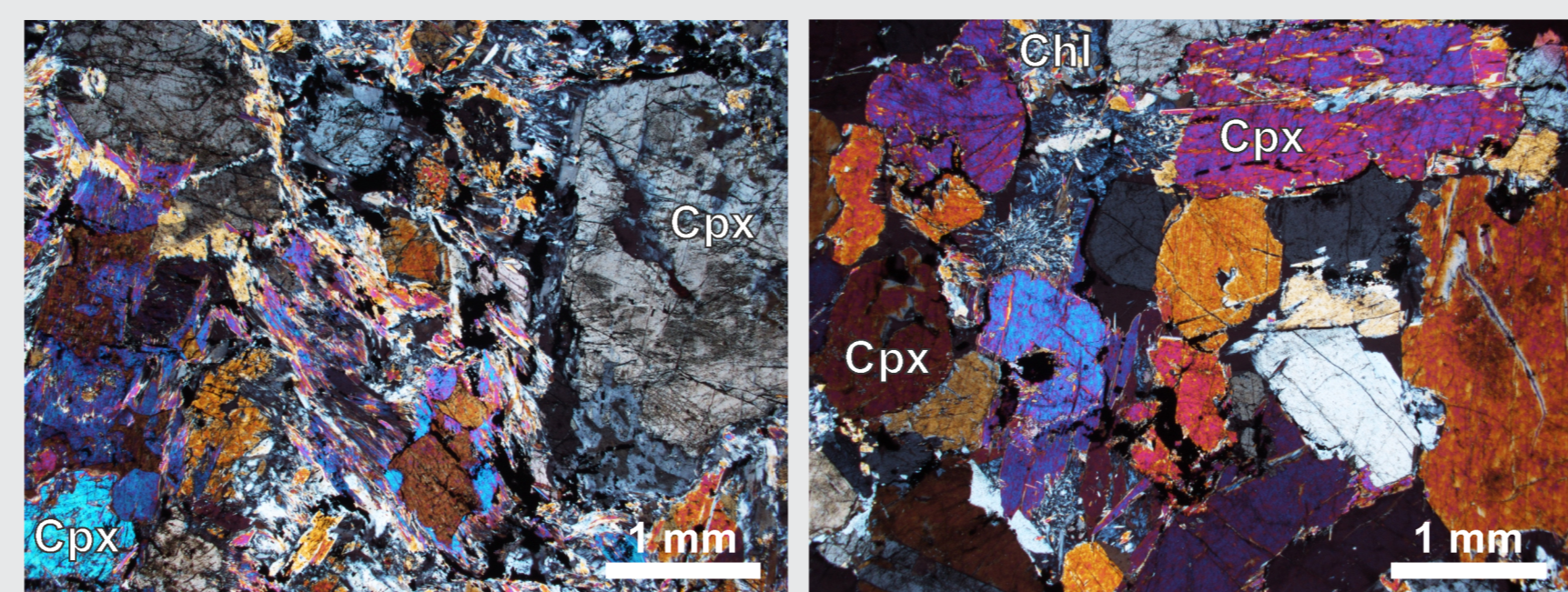


Photo 1. Clinopyroxénite avec clinopyroxènes (Cpx) xénomorphes et finement à grossièrement grenues. Plus rarement, elles peuvent être pegmatitiques. Ces roches ultramafiques présentent des textures cumulatives (ortho- à mésocumulats) plus ou moins bien préservées dans lesquelles les clinopyroxènes constituent les phases cumulus et la plagioclase la phase intercumulus. Les pyroxènes sont xénomorphes et localement remplacés par des amphiboles. Ces amphiboles peuvent former de petits poeciloblastes. Lorsque présent, le plagioclase est totalement altéré en chlorite ou en carbonate. Les pyroxénites contiennent également de la magnétite avec dans plusieurs cas de fines exsolutions d'ilménite, de l'ilménite contenant de rares grains de magnétite, de la pyrite, de l'épidote et de la titanite. Dans le partie nord-ouest de l'intrusion, on observe aussi des traces d'apatite.

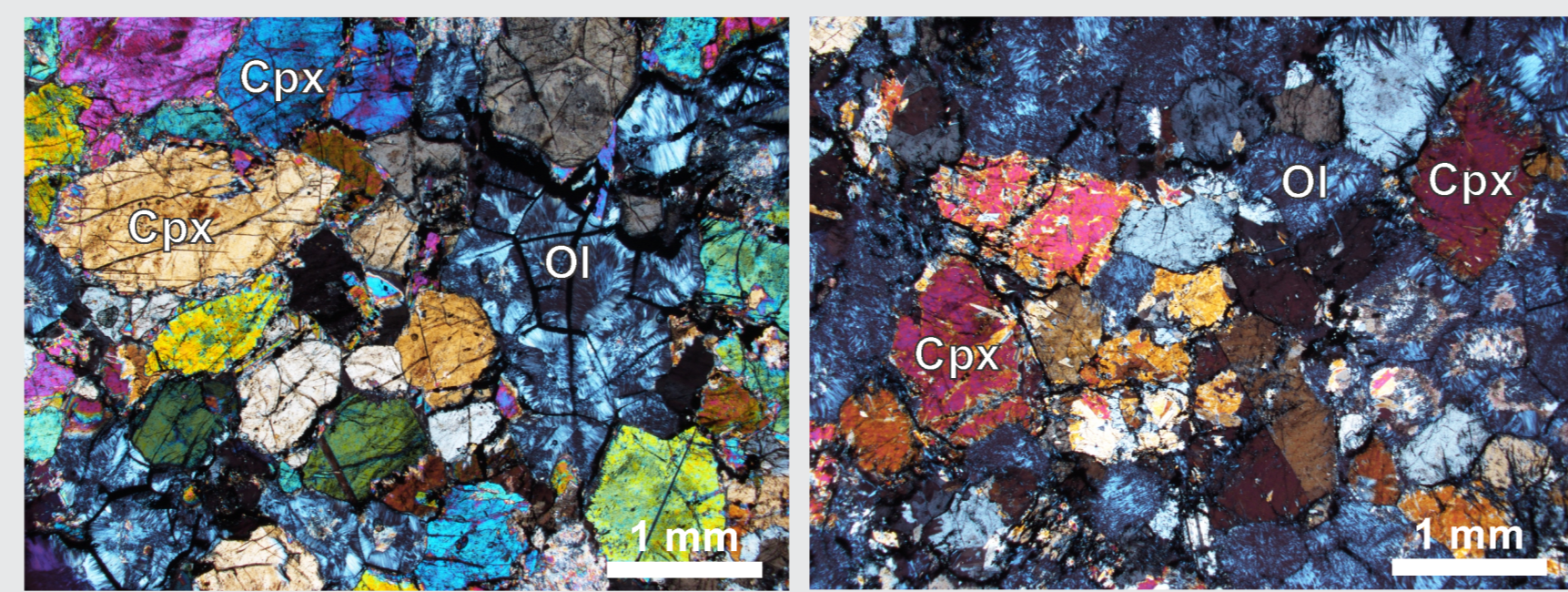


Photo 2. Clinopyroxénite à plagioclase. Orthocumulat à olivine (Ol) olivine (Ol) serpentinisée avec clinopyroxènes (Cpx) avec chlorite (Chl) interstitielle (LPA)

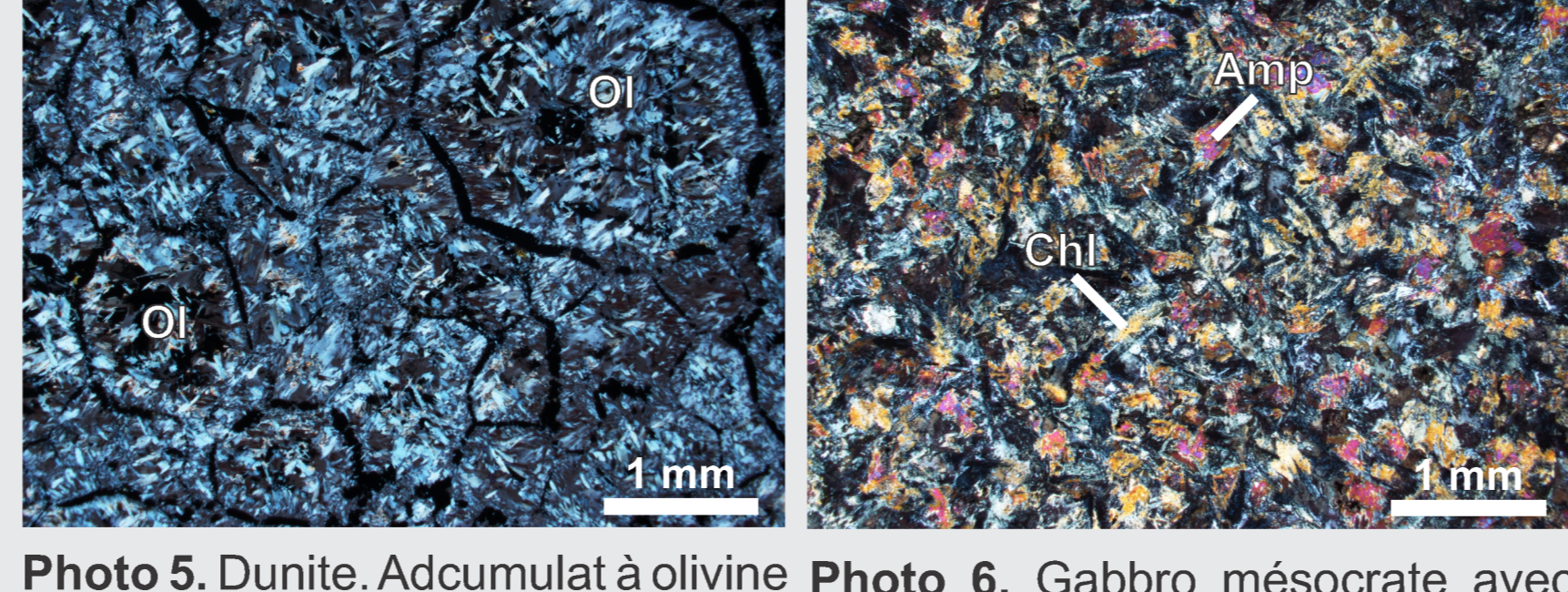


Photo 3. Clinopyroxénite à olivine. Orthocumulat à olivine (Ol) olivine (Ol) serpentinisée avec clinopyroxènes (Cpx) interstitiels (LPA)

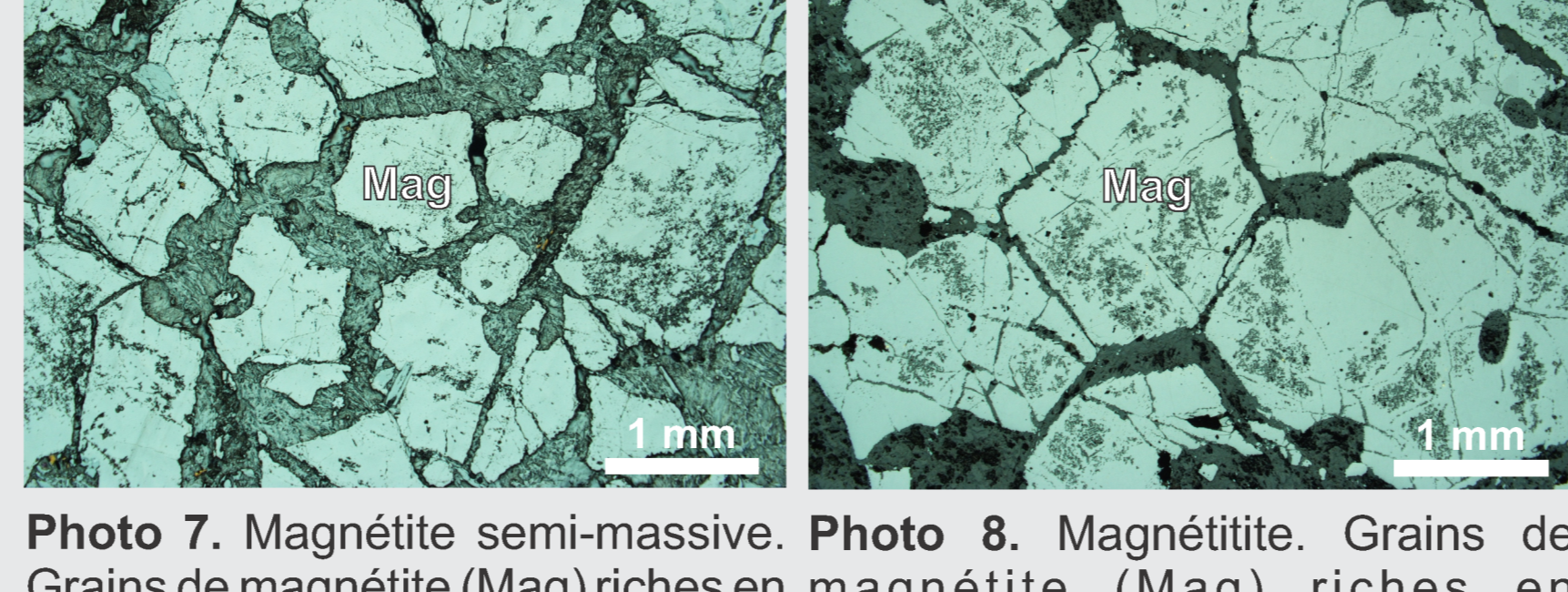


Photo 4. Wehrilite. Orthocumulat à olivine (Ol) olivine (Ol) serpentinisée avec clinopyroxènes (Cpx) interstitiels (LPA)

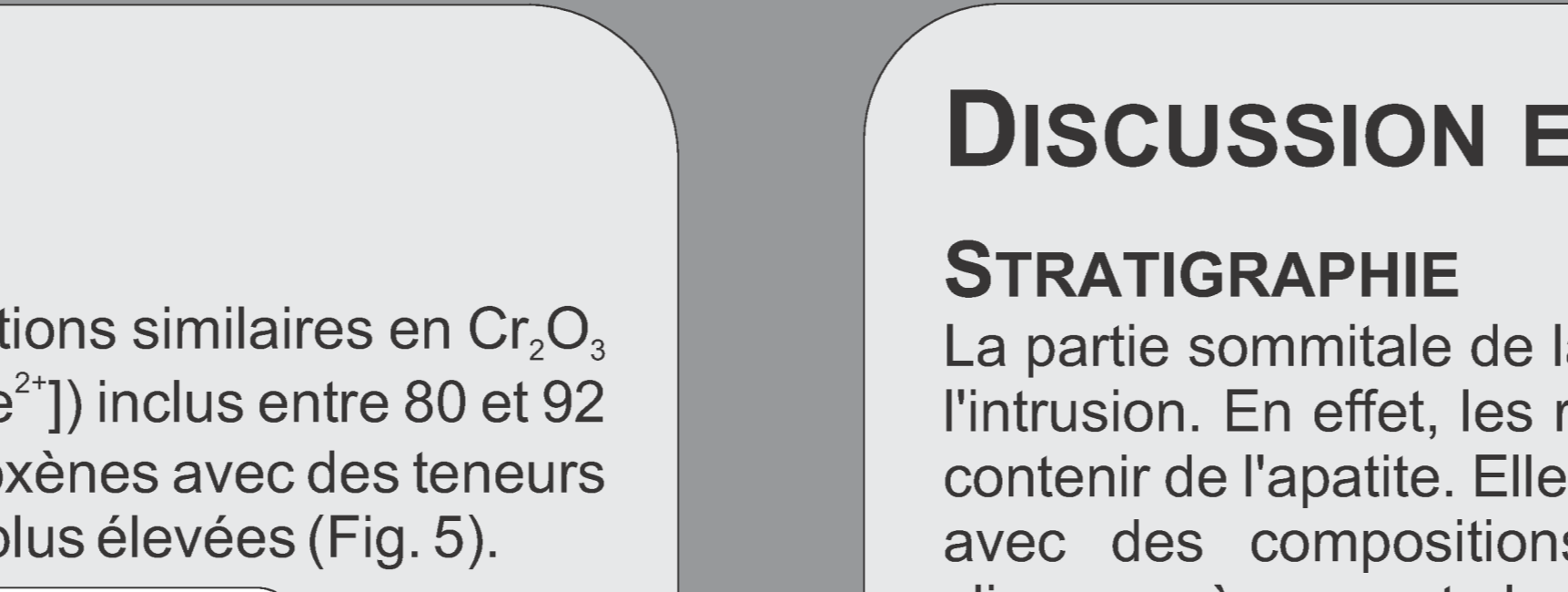


Photo 5. Dunite. Adcumulat à olivine (Ol) totalement serpentinisée (LPA)



Photo 6. Gabbro mésocrate avec plagioclase chloritise (Chl) interstitiel aux pyroxènes amphibolitisés (Amp) (LPA)



Photo 7. Magnétite semi-massive. Grains de magnétite (Mag) riches en exsolutions lamellaires d'ilménite (lumière réfléchie = LR)

## LITHOGÉOCHIMIE

### ÉLÉMENTS MAJEURS

Les roches intrusives identifiées dans la Proxénite de baie Chapus sont mafiques (SiO<sub>2</sub> = 48.49 % poids, MgO = 7.9 % poids; Fig. 3) à ultramafiques (SiO<sub>2</sub> = 42.52 % poids, MgO = 12.40 % poids; Fig. 3). Globalement, leurs contenus en SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et alcalis augmentent et leurs contenus en FeO<sub>T</sub> diminuent à mesure que les teneurs en MgO diminuent (Fig. 3). Les contenus en CaO augmentent jusqu'à MgO = 18 % poids puis diminuent avec la diminution des teneurs en MgO (Fig. 3e).

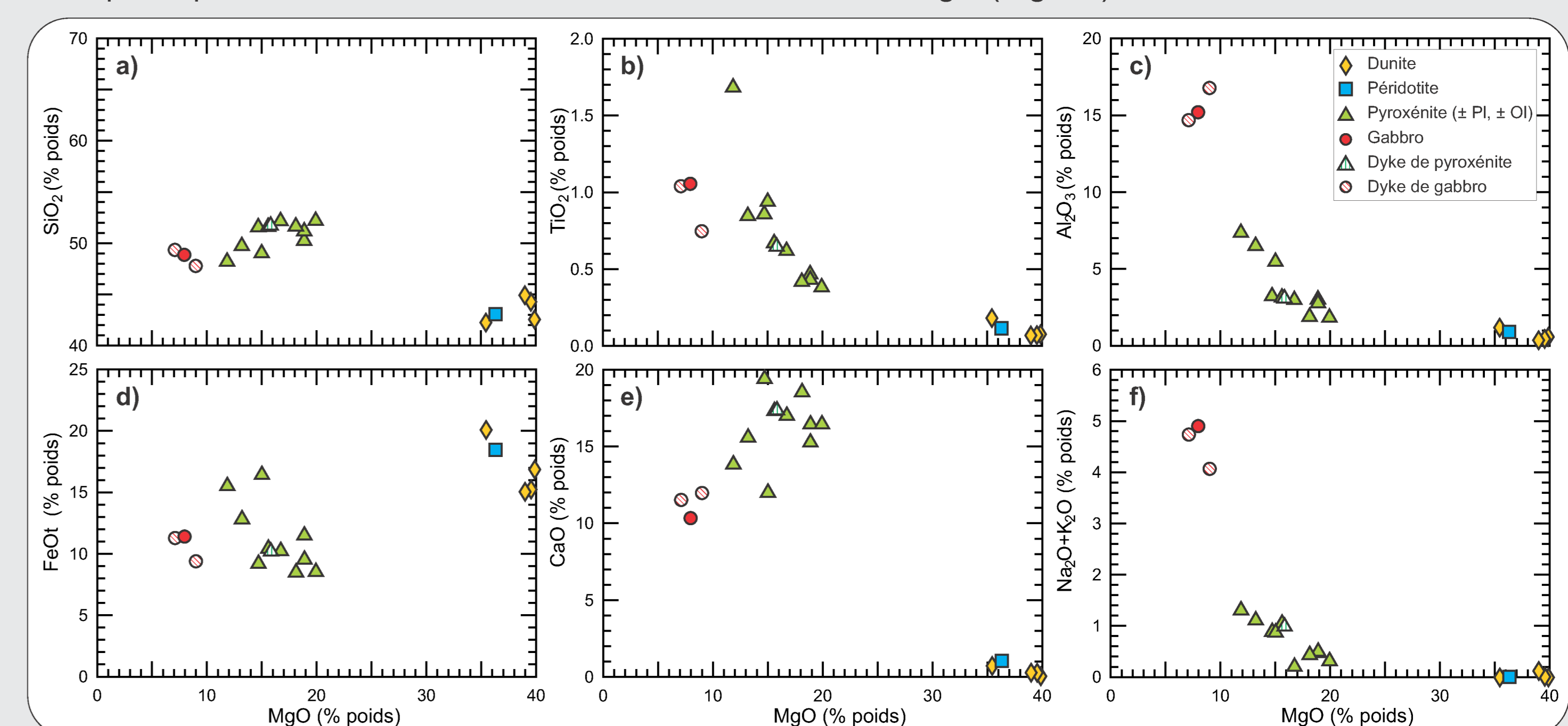


Fig. 3. Contenus en a) SiO<sub>2</sub>, b) TiO<sub>2</sub>, c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, d) FeO, e) CaO et f) Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O vs MgO des roches intrusives de la Pyroxénite de baie Chapus. Les éléments majeurs ont été recalculés sur une base anhydre.

### ÉLÉMENTS EN TRACES

Les pyroxénites, gabbros, péridotites et dunites composant la Pyroxénite de baie Chapus montrent un enrichissement en terres rares légères (LREE) par rapport aux terres rares lourdes (HREE, Fig. 4a), ainsi qu'un enrichissement en éléments lithophiles fortement incompatibles (HILE) comparativement aux éléments lithophiles modérément incompatibles (MILE) (Fig. 4b). Dans l'ensemble, elles sont également moins riches en Nb et, localement, Ta par rapport aux autres HILE, ainsi que moins riches en Hf-Zr-Ti par rapport aux autres MILE (Fig. 4b). Les pyroxénites et les gabbros sont cependant caractérisés par des concentrations en éléments en traces plus élevées que celles des péridotites et des dunites (Fig. 4).

Les dykes de gabbro et de pyroxénite identifiés dans la Pyroxénite de baie Chapus présentent des signatures en éléments en traces bien distinctes. Les spectres de terres rares normalisés aux chondrites de même que les spectres multiéléments normalisés au manteau primitif sont plats, hormis la présence de légères et rares anomalies positives en Ta et anomalies négatives en Ti (Fig. 4).

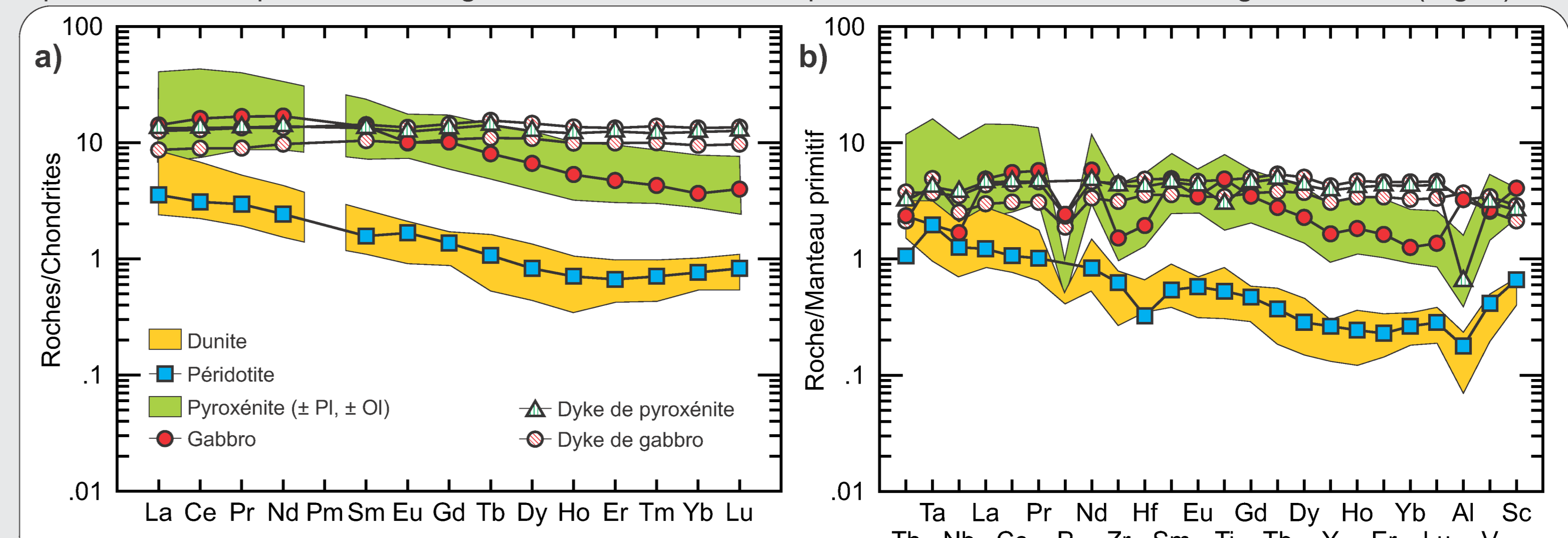


Fig. 4. Diagrammes d'éléments en traces normalisés a) aux chondrites, b) au manteau primitif pour les roches intrusives de la Pyroxénite de baie Chapus. Valeurs des chondrites C1 d'après Sun et McDonough (1989). Valeurs du manteau primitif d'après Sun et McDonough (1989) et McDonough (2003).

## CHIMIE MINÉRALE

### PYROXÈNES

Les clinopyroxènes sont des augites et, plus rarement, des diopsides. Globalement, ils présentent des compositions similaires en Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,00–0,41 % poids) et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,04–2,02 % poids), ainsi que des nombres de magnésium (Mg# = 100 × Mg / (Mg + Fe<sup>2+</sup>)) inclus entre 80 et 92 (Fig. 5). Cependant, les pyroxénites situées dans la partie la plus à l'ouest de l'intrusion contiennent des clinopyroxènes avec des teneurs en Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,00–0,10 % poids) et des Mg# (73–84) plus faibles, ainsi que des teneurs en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,04–2,81 % poids) plus élevées (Fig. 5).

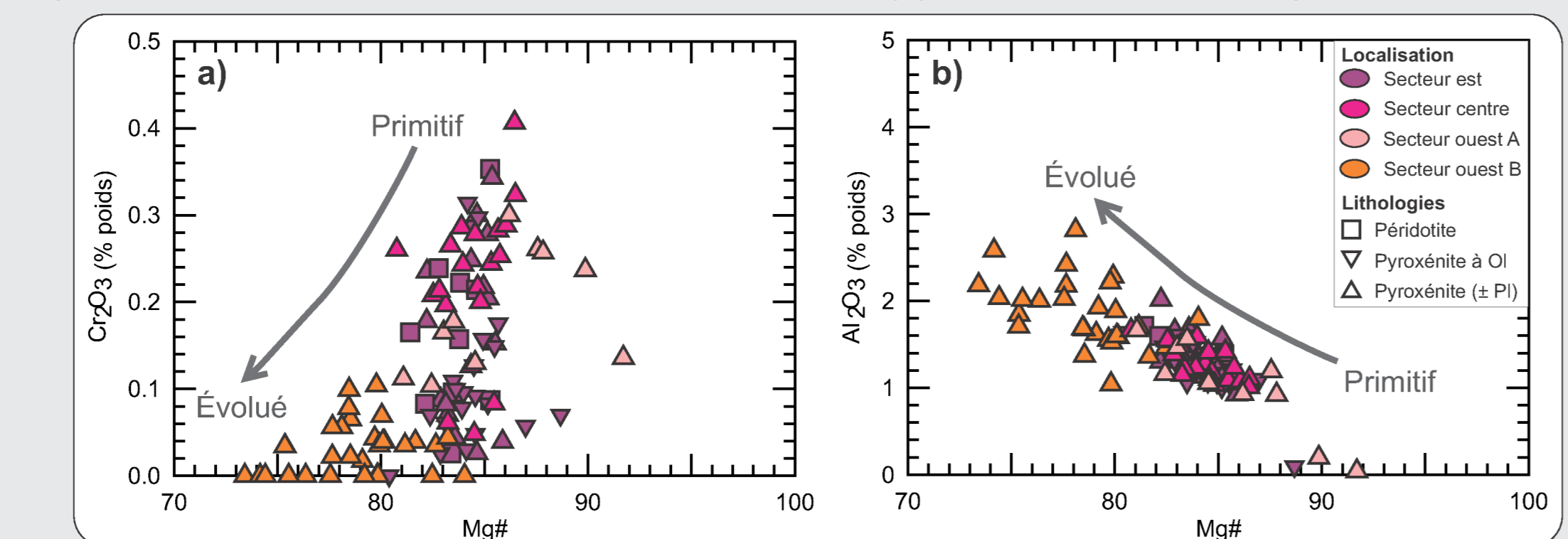


Fig. 5. Contenus en a) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs Mg# des clinopyroxènes (analyses individuelles) en fonction des principales subdivisions géographiques de la Pyroxénite de baie Chapus (voir Fig. 2b).

### PLAGIOCLASE

Les plagioclases sont uniquement préservés dans les dykes de gabbro où ils présentent une composition albitique (Ab<sub>92-99</sub>).

### MAGNÉTITES

La composition des magnétites varie géographiquement. Dans l'ensemble, les teneurs en Al, Mg, Cr et Ni de ces oxydes diminuent d'est en ouest, alors que les teneurs en Ti augmentent (Fig. 6). Ainsi, les lits de magnétite situés à l'ouest de l'intrusion sont composés de magnétites pauvres en Al (< 140 ppm), Mg (< 260 ppm), Cr (< 300 ppm) et Ni (< 620 ppm) et riches en Ti (340-49860 ppm). Ces magnétites sont également riches en V (1310-7440 ppm) (Fig. 6).

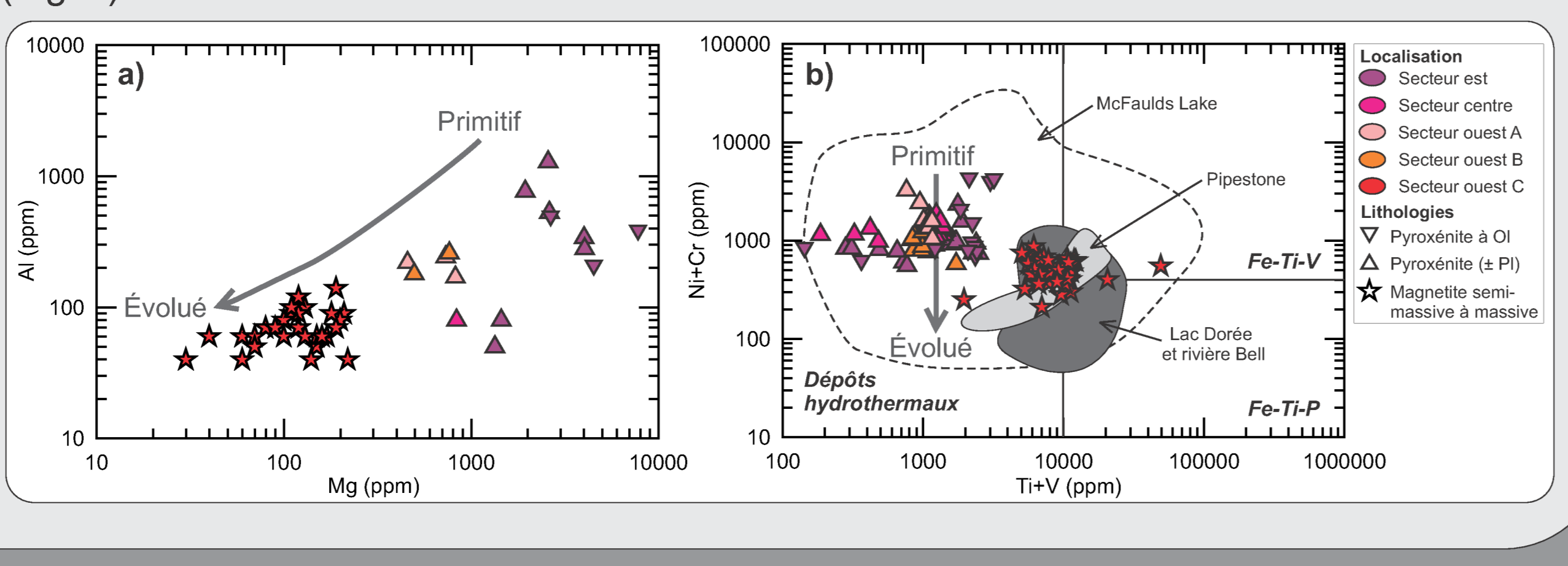


Fig. 6. Compositions des magnétites (analyses individuelles) en fonction des principales subdivisions géographiques de la Pyroxénite de baie Chapus (voir Fig. 2b). a) Al vs Mg et b) Ni+Cr vs Ti+V (diagramme d'après Méric, 2011). Champs des magnétites dans les intrusions de McFaulds Lake (ON) et des complexes du lac Doré et de la rivière Bell (QC) définis d'après des données non publiées (Kuznick, 2014; Sappin, 2014). Champ des magnétites dans Complexe anorthositique de Pipestone Lake (MA) défini d'après Jobin-Bevans (1997).

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

### STRATIGRAPHIE

La partie sommitale de la Pyroxénite de baie Chapus semble se situer vers l'ouest de l'intrusion. En effet, les roches intrusives affleurant dans ce secteur sont les seules à contenir de l'apatite. Elles présentent également des clinopyroxènes et de la magnétite avec des compositions plus évoluées que dans le reste de l'intrusion. Les clinopyroxènes sont plus pauvres en Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, plus riches en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, et présentent des Mg# plus faibles (Fig. 5) et les magnétites sont plus pauvres en Al, Mg, Cr, Ni et plus riches en Ti (Fig. 6).

### MAGMA PARENT

Les roches intrusives de la Pyroxénite de baie Chapus présentent une affinité tholéitique caractérisée par un enrichissement en fer. Ces roches montrent également des teneurs élevées en MgO (Fig. 3), en Cr (≤ 2053 ppm) et en Ni (≤ 2600 ppm). De plus, elles contiennent des clinopyroxènes avec une composition primitive (Mg# = 73-92) et elles incluent localement des olivines. Il semble donc que cette intrusion soit issue de la cristallisation de magmas parents mantelliques, tholéitiques et relativement primitifs.

### CONTAMINATION CRUSTALE

Les magmas à l'origine de cette intrusion auraient été contaminés par la croûte continentale au cours de leur remontée, comme le suggèrent la présence d'enclaves felsiques et la signature géochimique des éléments en traces (roches intrusives riches en LREE par rapport aux HREE, riches en HILE par rapport aux MILE, et présentant des anomalies négatives en Nb, Ta, Hf, Zr et Ti par rapport aux terres rares; Fig. 4).

### POTENTIEL ÉCONOMIQUE

Le niveau de magnétite titanifère et vanadifère situé dans le secteur ouest de la Pyroxénite de baie Chapus contient jusqu'à 66,0 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 9,19 % TiO<sub>2</sub> et 0,74 % V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De plus, les magnétites de cette intrusion présentent des contenus en éléments en traces similaires à ceux des magnétites provenant d'autres intrusions vanadifères archéennes (p. ex. McFaulds Lake en Ontario, Pipestone au Manitoba, complexes du lac Doré et de la rivière Bell au Québec; Fig. 6b). À la lumière de ces résultats, on peut suggérer que ce secteur de la Baie-James possède un potentiel pour contenir ce type de minéralisation et que celui-ci devrait certainement être pris en considération lors d'un programme d'exploration relié aux intrusions mafiques et ultramafiques dans le secteur.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Dr. Marc Choquette (Université Laval) pour son assistance lors des analyses à la microsonde électronique. Ces travaux ont bénéficié du soutien financier du sous-projet sur les minéralisations en Ni-Cu-EGP-Cr du programme Initiative géoscientifique ciblée 4 de la Commission géologique du Canada (CGC). A.-A. Sappin a également profité du soutien du programme de bourses de recherche scientifique dans les laboratoires du gouvernement canadien du CRNSG-CGC.

## RÉFÉRENCES

Bandyayera, D., Rhéaume, P., Maurice, C., Bédard, É., Morfin, S., Sawyer, E.W., 2010. Synthèse géologique du secteur du réservoir Opinaca, Baie-James. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, RG 2010-02, 43 p.

Cimon, J., Goutier, J., Houllé, M.G., 1997. Caractérisation de corps ultramafiques dans la région du lac Yasinski, Baie-James. Dans: Séminaire d'information sur la recherche géologique. Programme et résumés, 1997. Ministère des Ressources naturelles, Québec, DV 97-03, p. 42.

Goutier, J., Doucet, P., Dion, C., Beauséjour, C., David, J., Parent, M., Dion, D.-J., 1998. Géologie de la région du lac Kowksatehikakow (SNRC 33F/06). Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 98-16, 48 p.

Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M.-C., Davis, D.W., David, J., Parent, M., 2002. Géologie de la région du lac Gayer (33G/05, 33G/06 et 33G/11). Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 2001-15, 53 p.

Houllé, M.G., 2000. Pétrologie et métallogénie du Complexe de Mánarik, Baie-James, Québec. Canada. Université Laval, mémoire de maîtrise, 515 p.

Houllé, M.G., Leshar, C.M., Mearsanta, R.T., Goutier, J., Gilbert, H.P., McNicoll, V., 2013. Temporal and spatial distribution of magmatic Ni-Cu-PGE, Cr, and Fe-Ti-V deposits in the Bird River-Uchi-Oxford-Stull-La Grande-Eastmain superdomain: a new metallogenic within the Superior Province. In: Jonsson, E. *et al.* (eds), Mineral deposit research for a high-tech world. Proceedings of the 12th biennial SGA meeting, 12-15 August 2013, Uppsala, Sweden, p. 1009-1012.

Jobin-Bevans, L.S., 1997. Geology, mineral chemistry and petrogenesis of the Pipestone Lake Anorthositic Complex. University of Manitoba, Master thesis, 261 p.

McDonough, W.F., 2003. Compositional model for the Earth's core. In: Carlson, R.W. (Ed.), Treatise on Geochemistry—the Mantle and Core, 2, p. 547-568.

Méric, J., 2011. Caractérisation géochimique des magnétites de la zone critique de l'intrusion magmatique de Sept-Îles (Québec, Canada) et intégration à une base de données utilisant la signature géochimique des oxydes de fer comme outil d'exploration. Université du Québec à Chicoutimi, rapport de stage, 48 p.

Sun, S.-S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Nory, M.J. (Eds), Magmatism in the ocean basins. Geological Society of London, Special Publications 42, p. 313-345.

Thériault, R., Beauséjour, S., 2012. Carte géologique du Québec – Édition 2012. Ministère des Ressources naturelles, Québec, DV 2012-06, B, 1 plan, données numériques.

Thurston, P.C., 2002. Autochthonous development of Superior Province greenstone belts? Precambrian Research 115, p. 11-36.