

Étude métamorphique d'un segment du Front du Grenville

Sandrine Cadéron¹, Patrice Roy¹, Daniel Bandyayera¹, Kamal Sharma¹

RP 2005-03

Mots-clés : Front du Grenville, Parautochtone grenvillien, métamorphisme, altération, métallogénie

RÉSUMÉ

En 2003-2004, le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune a entrepris un nouveau projet de synthèse du Front du Grenville comportant la réalisation annuelle de deux nouvelles cartes au 1 : 50 000, la caractérisation de tous les indices minéralisés et une synthèse tectono-métamorphique. L'objectif principal de cette synthèse multidisciplinaire est de documenter les équivalents métamorphisés des ceintures volcano-sédimentaires archéennes de la Sous-province de l'Abitibi dans le Parautochtone grenvillien.

Ce document présente les premiers résultats de l'étude métamorphique réalisée dans le cadre de ce projet. Elle comporte deux volets complémentaires qui permettront de comprendre l'évolution spatio-temporelle des minéralisations en parallèle avec l'évolution tectono-métamorphique des lithologies cartographiées. Cette étude métamorphique régionale a pour objectif de déterminer les conditions de pression et de température des ceintures de roches supracrustales de l'Abitibi métamorphisées dans le Parautochtone grenvillien. La compréhension de l'évolution thermodynamique régionale de ces ceintures est importante pour comprendre les minéralisations dans ces terrains de haut grade métamorphique (amphibolitiques à granulitiques). Historiquement, au Québec, l'industrie minière s'est surtout concentrée sur des terrains de bas grades métamorphiques (faciès des schistes verts et faciès inférieur des amphibolites). Le développement de nouveaux outils permettra de faciliter l'exploration dans des terrains métamorphiques de haut grade.

Cette étude métamorphique régionale est basée sur l'échantillonnage des metabasites et des métasédiments dans la région de Chibougamau, le long de traverses d'orientation NO-SE qui passent de la Province du Supérieur au Parautochtone grenvillien. Les indices métamorphisés déjà reconnus, ainsi que les nouveaux indices mis au jour pendant les travaux de l'été 2003, sont aussi échantillonnés. La méthodologie à suivre s'organise en quatre étapes analytiques suivies de deux méthodes de traitement des données : 1) l'étude pétrographique détaillée, 2) la chimie minérale effectuée à la microsonde électronique, 3) les analyses de roches totales et partielles (métaux usuels et précieux), 4) l'utilisation du microscope électronique à balayage (MEB) pour l'analyse des sulfures, 5) l'estimation des conditions de pression-température (P-T) et 6) la datation des différents événements métamorphiques.

Les résultats préliminaires présentés dans ce document sont basés sur les travaux de cartographie de l'été 2003 dans les régions du lac Lagacé et du lac Charron. Ils rassemblent l'interprétation des isogrades, la chimie minérale et les calculs des conditions de pression-température (P-T) subies par les metabasites. Les isogrades longent les grandes failles régionales et montrent que le gradient métamorphique augmente de la Province du Supérieur vers le Parautochtone grenvillien, passant du faciès inférieur des amphibolites, au faciès des granulites. La chimie minérale des grenats et des amphiboles présents dans les metabasites suit également cette tendance. La composition en grossulaire-almandin (Ca-Fe) des grenats indique une augmentation de la pression, tandis que la teneur en TiO₂ des amphiboles montre une augmentation de la température. Les conditions P-T évoluent de la Province du Supérieur au Parautochtone grenvillien. Au nord-ouest, les metabasites montrent des conditions maximales de 5 ± 1 kbar et de 647 ± 50 °C et minimales de 4 ± 1 kbar et de 617 ± 50 °C. Au Front du Grenville, on obtient des conditions de pressions de l'ordre de 10,3 à 5,1 ± 1 kbar et de températures comprises entre 801 et 462 ± 50 °C. La zone transitionnelle, où l'on observe encore des reliques de structures primaires, montre des conditions P-T qui s'étalent de 13,3 à 4 ± 1 kbar et de 714 à 535 ± 50 °C. Le Parautochtone grenvillien présente les conditions P-T les plus élevées avec un maximum et un minimum de 17 ± 1 kbar et 874 ± 50 °C ainsi que de 8,5 ± 1 kbar et 690 ± 50 °C respectivement.

Du point de vue économique, les résultats préliminaires de la chimie minérale des grenats et des amphiboles dans des zones d'altérations métamorphisées de type sulfures massifs volcanogènes (SMV) montrent un enrichissement marqué en manganèse dans les grenats situés à proximité des sulfures. La teneur en titane des amphiboles nous renseigne sur la nature syn ou tardi-métamorphique de la remobilisation des sulfures. Ces premiers résultats nous permettent d'émettre plusieurs hypothèses de travail sur la chronologie relative et la caractérisation des traceurs chimiques typiques des minéralisations de type SMV en terrains de haut grade métamorphique.

LOCALISATION

Cette étude métamorphique fait partie intégrante d'un projet pluridisciplinaire le long du Front du Grenville qui s'effectue en même temps que les levés de cartographie géologiques. Ce projet répond à la demande de l'industrie minière. Il est inscrit au plan d'intervention triennal 2003-2006 pour l'Abitibi – Baie-James. À l'été 2003, la phase I du projet a permis la cartographie au 1 : 50 000 des feuillets SNRC 32B/14 (Bandyayera *et al.*, 2004), 32G/09SE-SO et 32G/08NE (Roy *et al.*, 2005) (figure 1).

OBJECTIFS

La compréhension de l'évolution thermodynamique des lithologies au Front du Grenville est essentielle pour comprendre l'évolution spatio-temporelle des minéralisations au sein de ces terrains de haut grade métamorphique (amphibolite à granulite). Cette étude métamorphique s'organise donc en deux volets complémentaires : *A) une étude métamorphique régionale* visant à déterminer les conditions thermobarométriques des ceintures volcano-sédimentaires localisées de part et d'autre de la Sous-province de l'Abitibi et du Parautochtone grenvillien afin de proposer un modèle d'évolution tectono-métamorphique au Front du Grenville et *B) une étude combinant métallogénie et métamorphisme* des minéralisations de type SMV anté-grenvilliennes et métamorphosées ainsi que des dépôts aurifères de type syn-orogénique dans les terrains métamorphosés aux faciès des amphibolites et des granulites. Ce second volet permettra de caractériser ces deux types de minéralisations selon la chimie des altérations et des sulfures qui y sont associés.

PROBLÉMATIQUE

Le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune a entrepris la cartographie du Front du Grenville afin de tracer plus précisément les équivalents métamorphiques des ceintures volcano-sédimentaires de la Sous-province archéenne de l'Abitibi dans le Parautochtone grenvillien. De plus, la compréhension de l'évolution tectono-métamorphique du Front du Grenville est limitée par la difficulté à discerner l'empreinte produite par l'événement tectonique grenvillien de celle produite par l'événement kénoréen. Quelques études structurales et métamorphiques ponctuelles ont été effectuées le long du Front entre Val-d'Or et Chibougamau (Girard et Moorhead, 1996; Berclaz *et al.*, 1995; Daigneault et Allard, 1994; Girard et Moorhead, 1994; Girard *et al.*, 1993;

Madore, 1990; Indares et Martignole, 1989; Ouellet, 1988; Baker, 1980). Toutefois, ces études ne couvrent pas l'ensemble de ce territoire. Nous proposons de compléter les données sur la structure et le métamorphisme afin de proposer un modèle d'évolution tectono-métamorphique du Front à l'échelle régionale adapté à l'exploration de gîtes métallifères.

La compréhension des dépôts métallifères et de leur évolution spatio-temporelle dans les terrains de haut grade métamorphique est largement avancée en Australie (Ridley *et al.*, 1995). Au Québec, la reconnaissance des équivalents métamorphiques de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi dans le Parautochtone grenvillien ouvre une nouvelle frontière à l'exploration minière. Nos travaux permettront de proposer un nouveau modèle d'exploration adapté aux terrains de haut grade métamorphique basé sur la caractérisation de nouvelles cibles métallogéniques dans le Parautochtone grenvillien. La compréhension de la chronologie relative des minéralisations à travers l'évolution tectono-métamorphique des lithologies encaissantes passe par la compréhension du métamorphisme polyphasé qui affecte les roches du Front du Grenville. Plusieurs pistes de recherche sont à développer avant de pouvoir établir un modèle métallogénique et métamorphique. Il faut notamment faire la distinction entre les dépôts archéens métamorphosés de type SMV et les dépôts aurifères de type orogénique d'âge grenvillien et tardi-métamorphiques. Cette distinction, importante pour l'établissement de stratégies d'exploration, pourra se faire grâce à la caractérisation de traceurs minéralogiques et chimiques.

MÉTHODOLOGIE

Cette étude métamorphique régionale utilise les données provenant des travaux de cartographie en cours incluant la description systématique des indices déjà connus et travaillés antérieurement ainsi que la caractérisation des nouveaux indices découverts pendant les travaux de cartographie. La méthodologie adoptée implique une partie analytique (1 à 4) suivie du traitement des données (5 et 6).

Partie analytique

1) Un échantillonnage systématique des metabasites et des métasédiments est effectué le long de traverses de direction NO-SE qui passent de la Province du Supérieur jusqu'au Parautochtone grenvillien. Ces lithologies sont idéales pour le développement d'assemblages métamorphiques propices aux calculs thermobarométriques. Des lames minces permettent l'analyse pétrographique détaillée des assemblages minéralogiques, des textures et des microstructures diagnostiques d'un métamorphisme prograde ou rétrograde et sont essentielles pour établir si les roches montrent un métamorphisme polyphasé.

2) Des analyses à la microsonde électronique de l'Université McGill sont réalisées afin de déterminer la chimie des minéraux

silicatés (oxydes majeurs) nécessaires à la thermobarométrie. Au besoin, la composition de certains sulfures pourra également être déterminée par microsonde. Des traverses seront effectuées dans certains minéraux silicatés (grenat, pyroxène) afin de déterminer l'évolution des conditions de pression et de température (P-T) durant leur croissance. Ces analyses permettront également d'étudier les variations de composition d'un même minéral selon le contexte métallogénique dans lequel il se trouve (ex. : composition d'un grenat dans une auréole d'altération syn- à tardi-métamorphique versus la composition d'un grenat relié au métamorphisme régional des metabasites ou des métasédiments). Ces comparaisons serviront à établir s'il existe des éléments traceurs caractéristiques (ex. : Mn, Cr) dans les enveloppes d'altération.

3) Des analyses géochimiques ou économiques de chaque lithologie échantillonnée (metabasites, métasédiments) et des indices métallifères sont effectuées afin de reconnaître le protolithe de la roche et pour évaluer un potentiel économique. Ces analyses sont également utiles pour définir l'ampleur des processus métasomatiques.

4) Des analyses au microscope électronique à balayage (MEB) de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue permettront d'obtenir une analyse détaillée des sulfures provenant des indices étudiés. La chimie des sulfures est nécessaire pour établir le rôle du métamorphisme sur les processus d'enrichissement ou d'appauvrissement en métaux de base et autres éléments (Au, Ag) des indices minéralisés métamorphisés ou syn-métamorphiques.

Traitement des données

5) Des calculs thermobarométriques à partir des thermomètres grenat-amphibole et grenat-clinopyroxène basés sur l'échange Fe-Mg entre ces minéraux serviront à évaluer la température. Les baromètres grenat + amphibole + plagioclase + quartz (Kohn et Spear, 1990, 1989) et grenat + clinopyroxène + plagioclase + quartz (Newton et Perkins, 1982) seront utilisés selon les standards établis. Le logiciel *TWEEQU* de Berman (1991) servira de support pour ces calculs métamorphiques afin d'obtenir des trajectoires pression-température-temps (P-T-t) précises. Ces résultats permettront d'établir les conditions P-T des roches encaissantes, des altérations et des sulfures associés aux minéralisations polymétalliques de type SMV et aux minéralisations aurifères de type orogéniques dans le Front du Grenville.

6) Une collaboration avec le Dr Toby Rivers pour la datation des différents épisodes métamorphiques au laboratoire de l'Université Memorial à Terre-Neuve est prévue dans le cadre de ce projet. Cela permettra d'obtenir la troisième variable des trajectoires pression-température-temps (P-T-t) et, surtout, de discerner les empreintes métamorphiques respectives à l'Archéen (orogénie kénoréenne) et au Protérozoïque (orogénie Grenvillienne). Ces analyses U/Pb seront effectuées par LAM-ICP-MS et des datations Sm/Nd sur les grenats viendront renforcer notre contrôle temporel.

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Les résultats préliminaires présentés dans ce document sont obtenus à partir de l'analyse pétrographique de 419 lames minces couvertes et polies, de 1110 analyses chimiques et de 25 lames minces polies analysées à la microsonde électronique. L'estimation des conditions de pression et de température provient de 23 échantillons localisés sur deux traverses métamorphiques d'orientation NO-SE (figure 2).

Isogrades

Les régions du lac Lagacé et du lac Charron couvrent trois domaines tectono-métamorphiques : la Province du Supérieur, la zone transitionnelle du Front du Grenville et le Parautochtone grenvillien. Ces deux régions se divisent en plusieurs zones métamorphiques délimitées par des isogrades caractérisant un gradient qui augmente du nord-ouest vers le sud-est (figure 2). On observe un lien systématique entre les isogrades et les failles majeures cartographiées (Bandyayera *et al.*, 2004; Roy *et al.*, 2005). L'assemblage minéralogique de chaque isograde a été défini selon les paragenèses retrouvées dans les metabasites. Du NO vers le SE, on passe du faciès des schistes verts, caractérisé par la présence de l'albite (AB), ou du faciès inférieur des amphibolites, défini par la présence de l'épidote (EP), au faciès supérieur des amphibolites puis au faciès des granulites.

Dans la région du lac Lagacé (figure 2a), les métavolcanites de la Province du Supérieur montrent un métamorphisme régional au faciès des amphibolites à épidote puis une rétro-morphose au faciès des schistes verts. Cette rétro-morphose est relié à l'intrusion de plutons au faciès supérieur des schistes verts. La zone transitionnelle est au faciès moyen des amphibolites avec l'apparition de la hornblende verte et du grenat. L'isograde à hornblende-grenat (HB-GR) longe la Faille Buteux. Le Parautochtone grenvillien est bordé par l'isograde à clinopyroxène (CX), le long de la Faille Marceau. Cet isograde est subdivisé en trois zones reliées à une augmentation progressive du processus de migmatitisation vers le SE. Un épisode de rétro-morphose est marqué par des symplectites d'épidote autour de la hornblende, du clinopyroxène et du plagioclase dans les enclaves de metabasites encaissées dans les migmatites, au sud des failles Amiskotci et Larouche.

Dans la région du lac Charron (figure 2b), la Province du Supérieur montre deux épisodes métamorphiques caractéristiques de conditions thermobarométriques différentes. Le premier épisode marque un métamorphisme de contact relié à l'intrusion du pluton de La Dauversière. Il est souligné par l'isograde à albite-épidote-amphibole (AB-EP-AM) typique du faciès inférieur des amphibolites. Au nord du pluton de La Dauversière, la zone de déformation de Palmer – Tippecanoe entraîne une rétro-morphose des assemblages métamorphiques de l'auréole de contact. Le second épisode

métamorphique est régional et entraîne l'apparition de l'assemblage à actinote-chlorite-épidote-plagioclase (AC + CL + EP + PG) qui correspond au champ de stabilité de la chlorite typique du faciès des schistes verts. La zone transitionnelle débute dans la zone de déformation du lac Dufresne qui délimite l'isograde à hornblende-grenat (HB-GR) typique du faciès moyen des amphibolites qui évolue vers le faciès supérieur des amphibolites au sud-ouest du pluton de Boisvert. Le Parautochtone grenvillien débute à partir de l'isograde à clinopyroxène (CX), le long du linéament de La Coquille. Ce linéament marque l'apparition du faciès des amphibolites de haute pression ou encore du faciès inférieur des granulites.

Chimie minérale

Pour cette étude, 25 lames minces polies ont été confectionnées à partir des metabasites. De ces lames minces polies, plus de 1110 analyses ont été effectuées sur les grenats (399), les amphiboles (316), les clinopyroxènes (142), les biotites (37), les plagioclases (189), les spinelles et les oxydes (30) (tableau 1 et figure 2). Le traitement préliminaire de ces données permet de faire ressortir quelques points importants concernant le grenat et les amphiboles.

Grenat

Les figures 3a et 3b montrent la composition des grenats échantillonnés dans les régions du lac Lagacé et du lac Charron (tableau 1 et figure 2). En général, l'augmentation du Ca, accompagnée de la baisse en Fe, témoigne d'une augmentation progressive de la pression. Dans la région du lac Charron, on observe une évolution normale de ces deux variables (figure 3b), ce qui traduit bien l'augmentation des conditions de pression de la Province du Supérieur vers le Parautochtone grenvillien. Dans la région du lac Lagacé, les grenats de la zone transitionnelle sont plus riches en Ca que dans le Parautochtone grenvillien (figure 3a). Cette augmentation du Ca est liée à la déstabilisation progressive de l'épidote qui disparaît totalement lors de l'augmentation du grade métamorphique dans le Parautochtone grenvillien.

Les figures 3c à 3f montrent la composition des grenats des deux régions. En général, on observe une augmentation de la composante « grossulaire » accompagnée d'une diminution de la composante « almandin » de la Province du Supérieur vers le Parautochtone grenvillien. Cette évolution dans la chimie minérale caractérise également une augmentation progressive de la pression du NO vers le SE. Dans la région du lac Lagacé (figures 3c et 3e), les grenats de la Province du Supérieur ont une composition moyenne de Alm_{69,06} Grs_{8,97} Prp_{17,09} Sps_{4,88}. Les grenats du Front du Grenville montrent une augmentation de la composante « grossulaire » et une diminution de la composante « almandin » avec une composante moyenne de Alm_{62,80} Prp_{10,49} Grs_{22,67} Sps_{4,04}. La zone transitionnelle montre une augmentation de la composante « grossulaire » avec une composition moyenne de Alm_{50,20} Prp_{5,37} Grs_{39,79} Sps_{4,64}. Dans

le Parautochtone grenvillien, les grenats ont une composition moyenne de Alm_{57,25} Prp_{13,49} Grs₂₇ Sps_{2,26}. Dans la région du lac Charron (figures 3d et 3f), on observe également une augmentation de la pression de la Province du Supérieur vers le Parautochtone grenvillien. La composante « grossulaire » augmente progressivement, tandis que la composante « almandin » diminue. On passe d'une composition moyenne de Alm_{66,64} Prp_{9,47} Grs_{19,25} Sps_{4,65} dans le Front du Grenville à Alm_{57,20} Prp_{9,90} Grs_{28,01} Sps_{4,90} dans la zone transitionnelle pour atteindre une composition extrême de Alm_{49,76} Prp_{13,95} Grs_{33,05} Sps_{3,24} dans le Parautochtone grenvillien.

Amphibole

Dans les amphiboles, la teneur en titane (figure 4) caractérise l'évolution de la température dans les roches métamorphiques. Dans les régions du lac Lagacé (figure 4a) et du lac Charron (figure 4b), on passe de teneurs en TiO₂ < 0.4 wt% dans la Province du Supérieur à plus de 1.6 wt% dans le Parautochtone grenvillien. Cette évolution traduit bien l'augmentation progressive des conditions de température de la Province du Supérieur vers le Parautochtone grenvillien. Globalement, la chimie minérale semble donc traduire une augmentation des conditions P-T de la Province du Supérieur vers le Parautochtone grenvillien.

Thermobarométrie

Le traitement des données obtenues à la microsonde permet d'estimer les conditions de pression et de température au Front du Grenville (figures 2 et 5). Le logiciel *TWEEQU* utilisé dans cette étude sert à déterminer les pressions et les températures métamorphiques en calculant des courbes d'équilibre de phase à partir de données thermodynamiques des minéraux. Les marges d'erreur sont de ± 50 °C et de ±1 kbar (Essene, 1989). Les textures observées en lame mince ont permis de déterminer les assemblages progrades des assemblages rétrogrades. Certains minéraux ne sont pas à l'équilibre et les paragénèses doivent donc être traitées de façon distincte. Les lames minces contenant des assemblages à grenat + clinopyroxène + amphibole + plagioclase + biotite + quartz montrent que l'amphibole peut être prograde et rétrograde en remplacement du clinopyroxène. La biotite est souvent chloritisée et n'est alors plus en équilibre avec les autres minéraux. On a donc utilisé séparément les thermomètres grenat-amphibole et grenat-clinopyroxène basés sur les échanges Fe-Mg et les baromètres grenat + amphibole + plagioclase + quartz et grenat + clinopyroxène + plagioclase + quartz. Les résultats obtenus avec les paragénèses à amphibole sont parfois difficiles à interpréter. Cette difficulté provient du contenu en eau des amphiboles et de leur structure cristalline pluri-éléments qui réagissent facilement à toutes variations des conditions P-T du milieu. Les minéraux anhydres tels que le grenat et le clinopyroxène sont plus fiables pour la détermination des conditions P-T maximales.

Les résultats préliminaires présentés ici proviennent des cœurs et des bordures des minéraux. Nous ne tentons pas

pour le moment de les interpréter en terme de trajectoires P-T progrades ou rétrogrades. Cependant il semble déjà acquis que les conditions P-T les plus basses obtenues sont reliées aux processus d'échanges tardifs lors de la période de refroidissement.

Dans la région du lac Lagacé (figure 5a), les métabasites de la Province du Supérieur enregistrent les conditions P-T les plus basses avec un maximum de 5 ± 1 kbar et de 647 ± 50 °C ainsi qu'un minimum de 4 ± 1 kbar et de 617 ± 50 °C. La faille Buteux, qui délimite la Province du Supérieur vers l'est, montre des conditions thermobarométriques maximales et minimales de 10 à 8 ± 1 kbar et de 801 à 688 ± 50 °C respectivement. La zone transitionnelle montre une signature P-T inférieure avec des conditions maximales de $10,7 \pm 1$ kbar et de 677 ± 50 °C et minimales de 4 ± 1 kbar et de 535 ± 50 °C. Le Domaine Parautochtone peut être subdivisé en deux zones. Les paragéneses localisées au sud de la faille Larouche (figure 2a), montrent les conditions P-T les plus hautes ($14,1 \pm 1$ kbar et 861 ± 50 °C). Les roches localisées au nord de la faille Larouche et au sud de la faille Amiscotci (figure 2a) montrent des conditions P-T plus basses avec un maximum de $8,5 \pm 1$ kbar et 700 ± 50 °C.

Dans la région du lac Charron, l'évolution des conditions P-T est beaucoup plus progressive de la Province du Supérieur vers le Parautochtone grenvillien (figure 5b). La Province du Supérieur montre les conditions P-T les plus basses. Puis, le Front du Grenville, délimité par la zone de déformation du Lac Dufresne (figure 2b), montre des conditions P-T maximales et minimales de $10,3$ à $5,1 \pm 1$ kbar et de 672 à 462 ± 50 °C respectivement. La zone transitionnelle montre des conditions P-T intermédiaires entre le Front du Grenville et le Parautochtone grenvillien. La pression varie de $13,3$ à $8,4 \pm 1$ kbar pour des températures de 714 à 611 ± 50 °C. Enfin, le Parautochtone grenvillien montre des conditions P-T extrêmes variant de 17 à $11,4 \pm 1$ kbar et de 874 à 690 ± 50 °C.

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES

Cette étude métamorphique, effectuée au Front du Grenville, va permettre de préciser l'évolution des conditions P-T affectant les minéralisations archéennes de type SMV métamorphisées et les minéralisations aurifères de type orogénique et tardi-métamorphique retrouvées dans ces terrains de haut grade métamorphique. Nos résultats préliminaires permettent déjà de tirer quelques conclusions à partir des analyses à la microsonde de certains minéraux silicatés retrouvés dans des altérations alumineuses métamorphisées. Ces altérations sont associées à des anomalies polymétalliques de type SMV. Cependant, ce volet de l'étude n'en est qu'à son stade préliminaire.

La chimie minérale des grenats montre que, à l'échelle d'un même affleurement minéralisé (#3099, figure 2a), on observe une zonation dans la composition des grenats. Les

métabasites peuvent contenir jusqu'à 35% de grenat porphyroblastique. Ces roches grenatifères s'apparentent donc à des grenatites. Dans la région du lac Lagacé, les affleurements #2092 et #3099 (figure 2a) contiennent de la pyrrhotine, de la pyrite et de la chalcopyrite. L'analyse d'échantillons minéralisés n'a toutefois donné que des anomalies très faibles en métaux. À proximité des sulfures disséminés à semi-massifs, les grenats sont systématiquement enrichis en Mn avec une composition moyenne de $Alm_{52,24} Prp_{4,11} Grs_{36,16} Sps_{7,49}$ et de $Alm_{49,87} Prp_{14,35} Grs_{29,65} Sps_{6,13}$ respectivement. En s'éloignant des sulfures, les grenats montrent une composition moyenne respective de $Alm_{50,84} Prp_{6,28} Grs_{40,27} Sps_{2,61}$ et de $Alm_{55,48} Prp_{34,49} Grs_{9,13} Sps_{0,90}$. Cet enrichissement en manganèse est également reconnu dans les altérations métamorphisées du camp minier de Bousquet-Laronde en Abitibi (Dubé *et al.*, 2004; Valliant et Barnett, 1981).

Une autre observation concerne la teneur en titane dans les amphiboles retrouvées à l'intérieur des altérations métamorphisées de ces mêmes affleurements (figure 4a). Ces amphiboles sont appauvries en titane par rapport aux autres amphiboles trouvées dans les métabasites. Leur composition s'étale de 0.1 wt% à un maximum de 1 wt% TiO_2 . Cela montre une cristallisation sous des températures plus basses que les roches avoisinantes. On peut donc supposer que les sulfures visibles sur ces deux affleurements (#2092 et #3099, figure 4) ont subi une remobilisation syn-métamorphique. Au faciès des amphibolites, la phase fluide joue un rôle majeur car elle facilite le lessivage de la roche encaissante et la remobilisation des sulfures dans des zones de faiblesse telles que des failles et des contacts lithologiques. Au pic métamorphique, la pression hydraulique reliée à la quantité de fluides est maximale à ce faciès. En général, le dépôt des sulfures remobilisés peut être postérieur au pic métamorphique, lors de la diminution des conditions P-T, juste avant d'amorcer l'épisode de refroidissement final. La recristallisation de ces sulfures est alors reliée à la phase métamorphique rétrograde. Le développement d'une porosité secondaire et la formation de pièges structuraux représentent des zones idéales pour leur dépôt.

CONCLUSION

Ce projet représente la première phase d'une nouvelle synthèse métallogénique et métamorphique des roches du Front du Grenville. Les résultats préliminaires présentés dans ce document concernent les isogrades, la chimie minérale et la thermobarométrie. Ils témoignent tous d'une augmentation du grade métamorphique régional du NO vers le SE, à la limite est de la Province du Supérieur. Les résultats thermobarométriques montrent des conditions P-T plus élevées que celles reconnues antérieurement pour les roches de ces régions (Ouellet, 1988; Baker, 1980). La chimie des grenats et des amphiboles retrouvés dans les altérations métamorphisées nous permet de situer le dépôt des sulfures

pendant l'évolution thermodynamique des roches encaissantes. Des datations réalisées en collaboration avec l'Université Memorial sont en cours pour nous permettre une meilleure caractérisation spatio-temporelle des minéralisations.

RÉFÉRENCES

- BAKER, D. J., 1980 – The metamorphic and structural history of the Grenville Front near Chibougamau, Quebec. Thèse de Doctorat; Université de Géorgie, Athens, U.S.A., 335 pages.
- BANDYAYERA, D. – RHÉAUME, P. – CADÉRON, S. – GIGUÈRE, M. – SHARMA, K. N. M., 2004 – Géologie de la région du Lac Lagacé (SNRC 32B14). Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec; RG 2004-02, 30 pages.
- BERCLAZ, A. – HÉBERT, R. – ROCHELEAU, M., 1995 – La zone tectonique du front du Grenville à l'est de Louvicourt, Québec : exhumation de la croûte archéenne pendant l'orogénie grenvillienne. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 32, pages 1899-1920.
- BERMAN, R. G., 1991 – Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique with petrologic applications. *Canadian Mineralogist*; volume 29, pages 833-855.
- DAIGNEAULT, R. – ALLARD, G., 1994 – Transformation of Archean structural inheritance at the Grenville Foreland Parautochthon Transition Zone, Chibougamau, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 31, pages 47-488.
- DUBÉ, B. – MERCIER-LANGEVIN, P. – HANNINGTON, M. D. – DAVIS, D. W. – LAFRANCE, B., 2004 – Le gisement de sulfures massifs volcanogènes aurifères LaRonde, Abitibi, Québec : altération, minéralisations, genèse et implications pour l'exploration. Ministère des ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec; MB 2004-03, 112 pages.
- ESSENE, E. J., 1989 – The current status of thermobarometry in metamorphic rocks. *Dans : Evolution of Metamorphic Belts*, Geological Society of London, Special Publication; volume 43, pages 1-44.
- GIRARD, R. – MOORHEAD, J. – BIRKETT, T. C. – MARCHILDON, N., 1993 – Géologie de la région de Press-Clova. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 93-04, 54 pages.
- GIRARD, R. – MOORHEAD, J., 1994 – Géologie de la région de Press-Clova : phase 2 de 3 et 3 de 3. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 94-34, 40 pages.
- GIRARD, R. – MOORHEAD, J., 1996 – Géologie de la région du canton de Poisson, réservoir Gouin (SNRC 32B06). Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 96-32, 38 pages.
- INDARES, A. – MARTIGNOLE, J., 1989 – The Grenville Front south of Val-d'Or, Quebec. *Tectonophysics*; volume 157, pages 221-239.
- KOHN, M. J. – SPEAR, F. S., 1989 – Empirical alibration of geobarometers for the assemblage garnet+hornblende+plagioclase+quartz. *American Mineralogist*; volume 74, pages 77-84
- KOHN, M. J. – SPEAR, F. S., 1990 – Two new geobarometers for garnet amphibolites, with applications southeastern Vermont. *American Mineralogist*; volume 75, pages 89-96.
- MADORE, C., 1990 – Origin and implication of corona structures within diabase dykes intruding the Archean orthogneiss of the Central Grenville Province, East of Chibougamau, Quebec. *Mémoire de maîtrise*; Université d'Ottawa, 340 pages.
- NEWTON, R. C. – PERKINS III, D., 1982 – Thermodynamic calibration of geobarometers based on the assemblages garnet-plagioclase-orthopyroxene (clinopyroxene)-quartz. *American Mineralogist*; volume 67, pages 203-222.
- OUELLET, E., 1988 – Evolution tectono-métamorphique de la continuité lithologique des roches vertes du Supérieur dans la zone orogénique de la Province du Grenville. *Mémoire de Maîtrise*; Université du Québec à Chicoutimi, 363 pages.
- RIDLEY, J. R. – GROVES, D. I. – HAGEMANN, S. G., 1995 – Exploration and deposit models for gold deposits in amphibolite/granulite facies terrains. Minerals and Energy Research Institute of Western Australia, Project No. M154, Report No. 142; volumes 1 et 2, 150 pages.
- ROY, P. – TURCOTTE, S. – CADÉRON, S. – HOULE, P. – SHARMA, K. N. M., 2005 – Géologie de la région du Lac Charron (SNRC 32G08 et 32G09). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RG 2005-02.
- VALLIANT, R. I. – BARNETT, R. L., 1981 – Manganiferous garnet underlying the Bousquet gold orebody, Quebec: metamorphosed manganese sediment as a guide to gold ore. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 19, pages 993-1010.

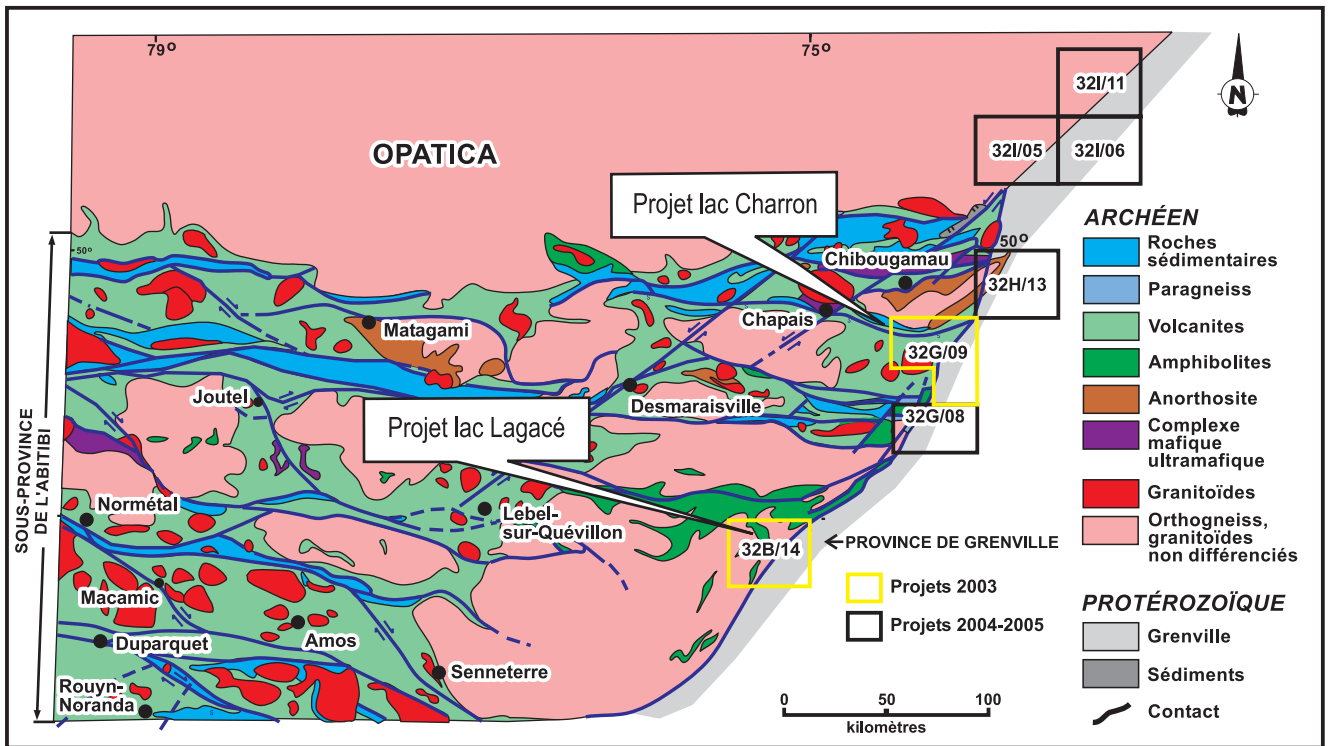


Figure 1 – Localisation des projets du Front du Grenville.

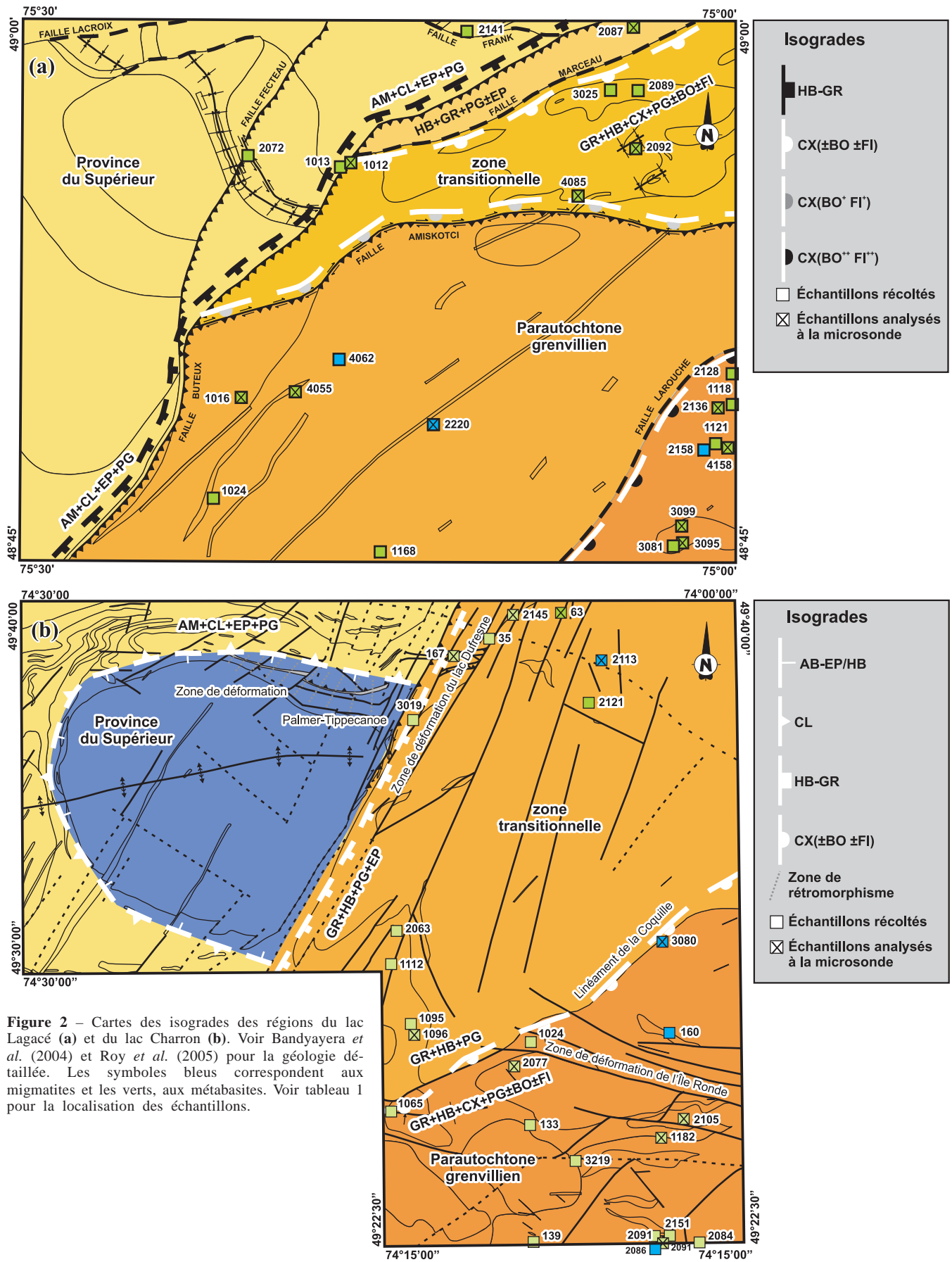


Figure 2 – Cartes des isogrades des régions du lac Lagacé (a) et du lac Charron (b). Voir Bandyayera *et al.* (2004) et Roy *et al.* (2005) pour la géologie détaillée. Les symboles bleus correspondent aux migmatites et les verts, aux metabasites. Voir tableau 1 pour la localisation des échantillons.

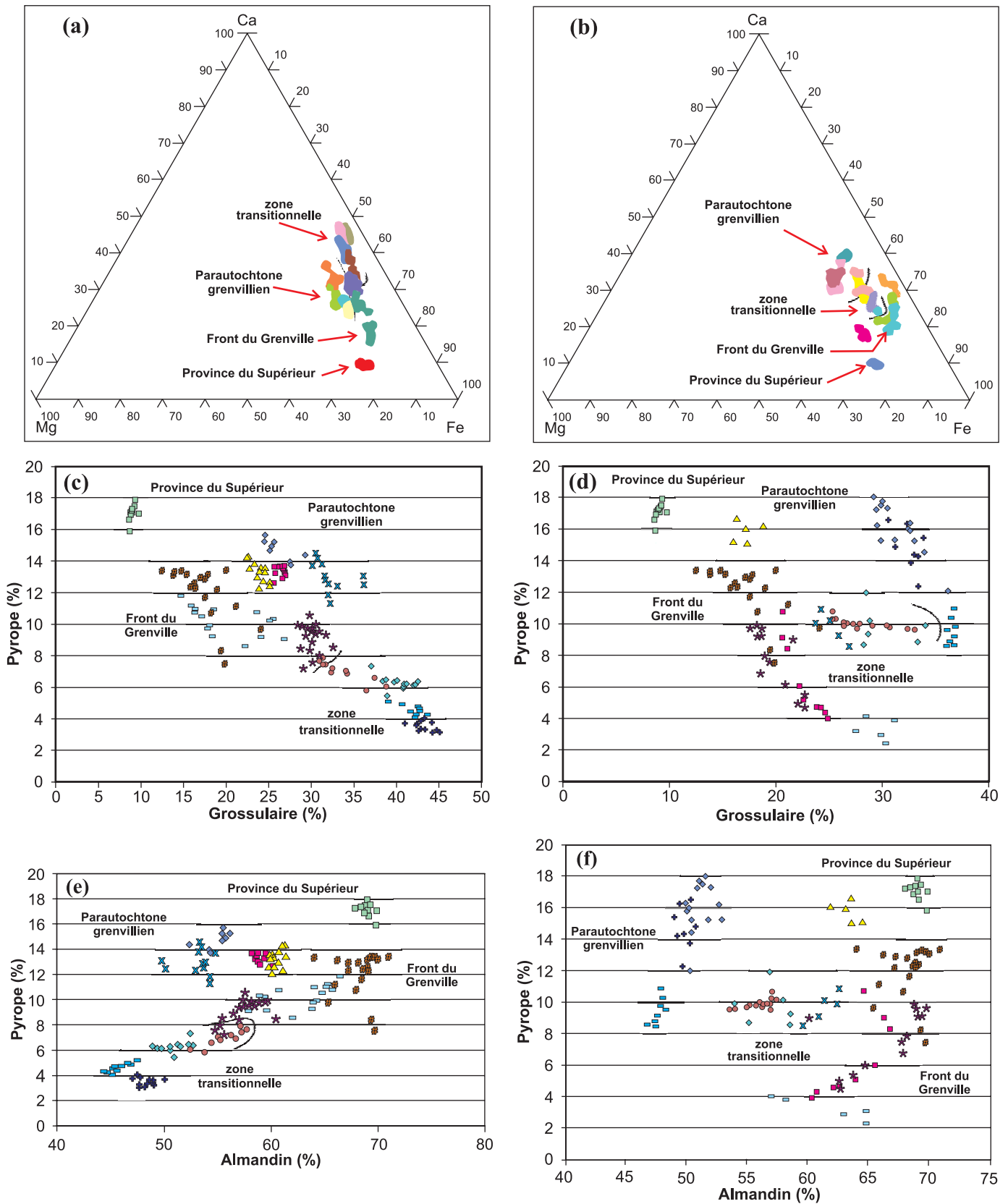


Figure 3 – (a) et (b) Diagrammes triangulaires Ca-Mg-Fe (proportion atomique) des grenats. (c) à (f) Diagrammes compositionnels pyrope versus grossulaire et pyrope versus almandin des grenats. (a), (c) et (e) Région du lac Lagacé. (b), (d) et (f) Région du lac Charron.

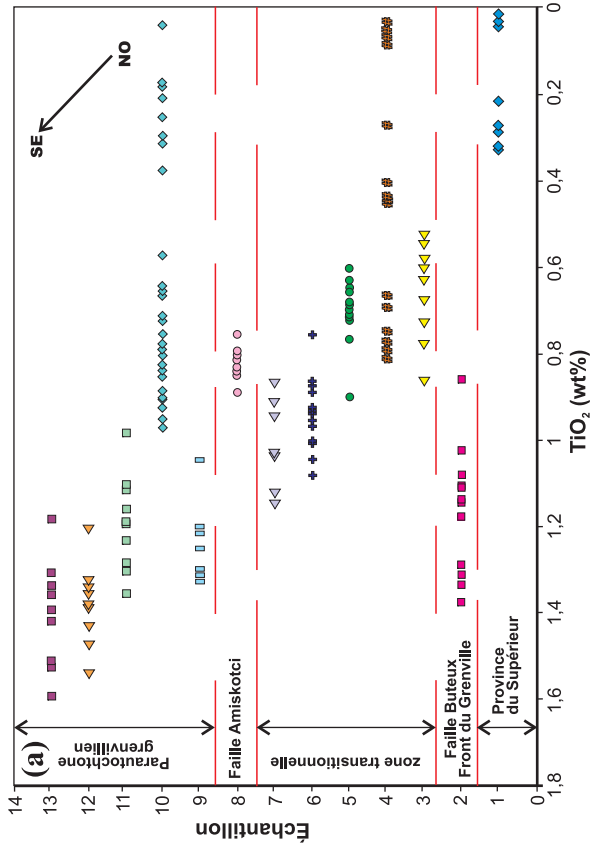
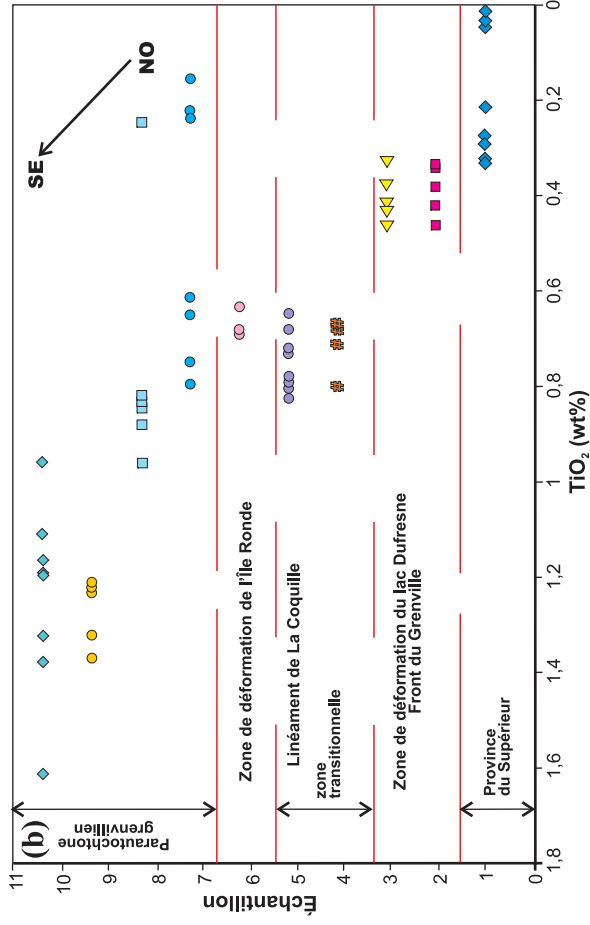


Figure 4 – Teneur en TiO_2 des amphiboles, (a) région du lac Lagacé et (b) région du lac Charron. Chaque couleur de symbole correspond à une lame mince.

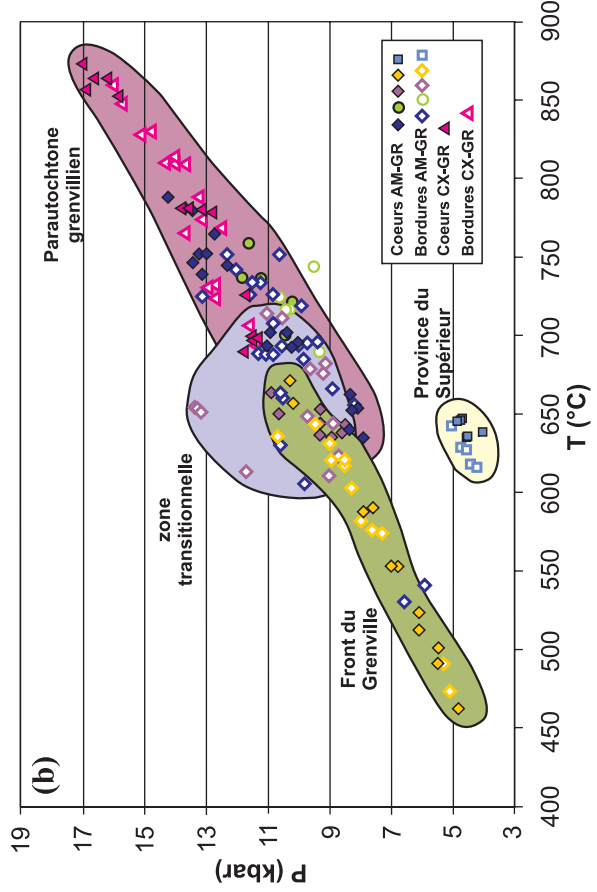
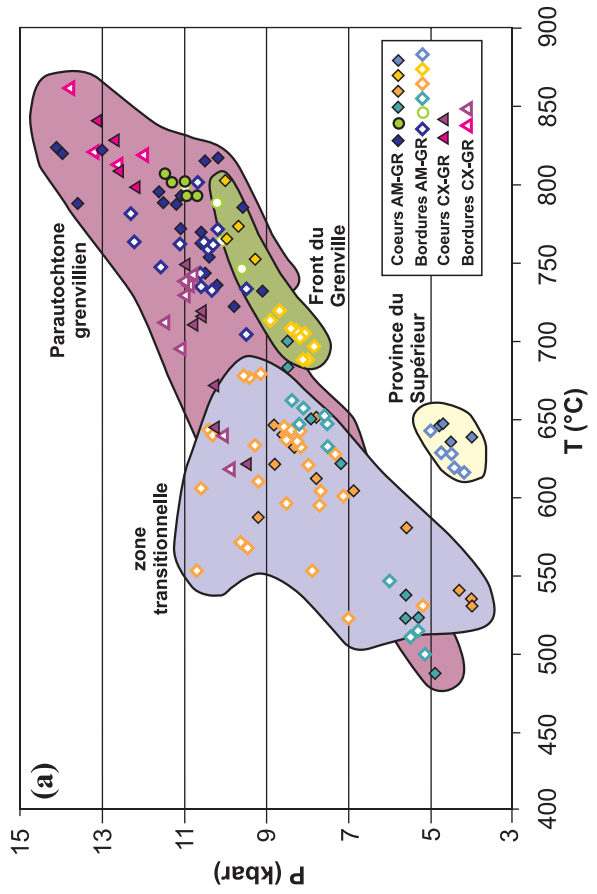


Figure 5 – Diagrammes pression-température, (a) région du lac Lagacé et (b) région du lac Charron. Chaque couleur de symbole correspond à une lame mince.

Tableau 1 – Localisation des échantillons de la figure 2.

Échantillon	SNRC	UTM NAD 83, zone 18		Lithologie	Microsonde
		Estant	Nordant		
Région du lac Lagacé					
1012	32B14	480172	5420261	Métabasite	x
1013	32B14	479802	5419928	Métabasite	
1016	32B14	474707	5408243	Métabasite	x
1024	32B14	473010	5403095	Métabasite	
1118	32B14	499895	5407785	Métabasite	
1121	32B14	498931	5405816	Métabasite	
1168	32B14	480917	5400277	Métabasite	
2072	32B14	474983	5420570	Métabasite	
2087	32B14	494945	5427177	Métabasite	x
2089	32B14	494731	5423865	Métabasite	
2092	32B14	494578	5420937	Métabasite	x
2128	32B14	499948	5409397	Métabasite	
2136	32B14	499057	5407651	Métabasite	x
2141	32B14	486195	5426928	Métabasite	
2158	32B14	498329	5405495	Migmatite tonalitique	
2220	32B14	484406	5406865	Migmatite tonalitique	x
3025	32B14	493476	5423947	Métabasite	
3081	32B14	496764	5400570	Métabasite	
3095	32B14	497238	5400743	Métabasite	x
3099	32B14	497194	5401599	Métabasite	x
4055	32B14	477312	5408586	Métabasite	x
4062	32B14	480801	5410738	Migmatite tonalitique	
4085	32B14	491991	5418350	Métabasite	x
4158	32B14	499807	5405814	Métabasite	x
Région du lac Charron					
35	32G09	559553	5500347	Métabasite	
63	32G09	563598	5501782	Métabasite	x
133	32G08	561777	5476017	Métabasite	
139	32G08	561907	5470018	Métabasite	
160	32G08	568176	5480433	Migmatite tonalitique	
167	32G09	557661	5499369	Métabasite	x
1024	32G08	561410	5480151	Métabasite	
1065	32G08	554431	5476685	Métabasite	
1095	32G08	555517	5480961	Métabasite	
1096	32G08	555619	5480436	Métabasite	x
1112	32G09	554403	5484149	Métabasite	
1182	32G08	568266	5475381	Métabasite	x
2063	32G09	554711	5485811	Métabasite	
2077	32G08	560617	5478883	Métabasite	x
2084	32G08	570960	5468612	Métabasite	
2086	32G08	568360	5469961	Migmatite tonalitique	
2091	32G08	568375	5469974	Métabasite	x
2105	32G08	569448	5476294	Métabasite	x
2113	32G09	565195	5499841	Migmatite tonalitique	x
2121	32G09	564524	5497089	Métabasite	
2145	32G09	561551	5503506	Métabasite	x
2151	32G08	568510	5470258	Métabasite	
3019	32G09	555344	5496204	Métabasite	
3080	32G09	568386	5484981	Migmatite tonalitique	x
3219	32G08	563742	5474155	Métabasite	