

RG 2018-04

Géologie de la région du lac Joubert (SNRC 23E03, 23E04, 33H01), municipalité d'Eeyou Istchee Baie-James

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 

RG 2018-04

Géologie de la région du lac Joubert (SNRC 23E03, 23E04, 33H01), municipalité d'Eeyou Istchee Baie-James

Hanafi Hammouche et Pénélope Burniaux



Diatexite du Complexe de Laguiche

2018

Québec 

DOCUMENT PUBLIÉ PAR LA DIRECTION GÉNÉRALE DE GÉOLOGIE QUÉBEC

Direction générale

Robert Giguère

Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec

Andrea Amortegui

Direction de l'information géologique du Québec

Jean-Yves Labbé

Direction de la promotion et du soutien aux opérations

Robert Thériaux, géo.

Auteurs

Hanafi Hammouche, géo. et Pénélope Burniaux, géo.

Lecture critique

Jean Goutier, géo.

Édition

Claude Dion, ing.

Assistance technique

Julie Sauvageau et Kathleen O'Brien

Graphisme

André Tremblay

Géologie de la région du lac Joubert (SNRC 23E03, 23E04, 33H01), municipalité d'Eeyou Istchee Baie-James

Hanafi Hammouche¹ et Pénélope Burniaux¹

RG 2018-04

Résumé

Un levé géologique à l'échelle 1/50 000 a été réalisé au cours de l'été 2015 dans la région du lac Joubert (feuilles SNRC 23E03, 23E04 et 33H01) située à environ 400 km au nord de la ville de Chibougamau et à 120 km au SE du réservoir La Grande 4.

La région est composée en grande partie de roches archéennes appartenant aux sous-provinces de La Grande et d'Opinaca de la Province du Supérieur.

Dans la Sous-province de La Grande, les roches les plus anciennes occupent une surface réduite dans le coin NW de la zone d'étude. Les amphibolites de la Formation de Trieste (2839,2 ± 5,6 Ma) sont associées à un épisode volcanique à dominance mafique et à un métamorphisme néoarchéen. Le plutonisme mésoarchéen est limité et se manifeste par la mise en place des roches mafiques du Métagabbro de Sarane (2820 ± 9 Ma).

Au Néoarchéen précoce, le plutonisme felsique s'est manifesté par la mise en place du Pluton de la Rivière Galinée (2750 ± 6,8 Ma). Plus tard, deux bassins sédimentaires distincts se sont développés dans chacune des deux sous-provinces. Au nord, dans la Sous-province de La Grande, les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon (<2708 Ma) sont constituées de paragneiss couramment migmatitisés dérivés de wackes arkosiques à quartzitiques associés à des métatexités issues de ces paragneiss. Dans la Sous-province d'Opinaca, le Complexe de Laguiche (>2710 Ma) est formé de paragneiss dérivés de wacke, de métatexités et de diatexités. Ces migmatites sont caractérisées par l'omniprésence de grenat et d'orthopyroxène.

Les roches plutoniques felsiques sont particulièrement abondantes dans le La Grande où elles occupent près de 30 % du terrain. Dans ce secteur, les tonalites et les granodiorites foliées de la Suite de Joubert font intrusion dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Dans la Sous-province d'Opinaca, cette même Suite de Joubert coupe les roches métasédimentaires du Laguiche. Les injections granitiques très abondantes associées à cette dernière unité viennent s'ajouter au mobilisat issu de la fusion partielle.

Quelques intrusions ultramafiques tarditectoniques à post-tectoniques sont répertoriées principalement au sein des roches métasédimentaires du La Grande. Il s'agit des suites de Dutreuil et de Lablois qui se distinguent l'une de l'autre par leurs compositions géochimiques différentes. Les unités felsiques des suites de Richardie (2693 Ma) et de Joubert (~2680 Ma), de la Pegmatite de Tilly, du Pluton de Nichicun (2592 à 2589 Ma) et de la Suite de Viau (2572 à 2571 Ma) sont présentes dans les deux sous-provinces. Les trois dernières sont nettement post-tectoniques et post-métamorphiques.

Des dykes de gabbro et de gabbronorite d'âge néoarchéen tardif à paléoproterozoïque coupent toutes les roches archéennes. Ils appartiennent à l'Essaim de dykes de Mistassini, aux Dykes de Senneterre et aux Dykes du Lac Esprit.

Le grain structural de la région d'étude est orienté grossièrement E-W à ESE. Il correspond à l'orientation des foliations tectonométamorphiques principales, des linéations minérales et d'étiement et des traces axiales. Au moins trois phases de déformation ductile ont été reconnues. La première (D1) a été oblitérée par les phases subséquentes et pourrait regrouper plus d'un événement. La seconde phase (D2) est associée à des contraintes NNE-SSW. Elle est à l'origine des foliations régionales, des structures plicatives E-W et, ultimement, des zones de cisaillement WNW-ESE. La dernière (D3) serait responsable de structures plicatives ondulantes N-S très discrètes sur le terrain. Des phases en extension plus jeunes sont soulignées par les dykes de gabbro et de gabbronorite

néoarchéens à paléoprotérozoïques et par des linéaments d'orientation NW. Quatre domaines structuraux ont été définis. Le domaine I, situé au nord, englobe les roches métasédimentaires de la Rivière Salomon et les grandes intrusions de la Suite de Joubert. Il est caractérisé par une série de plis droits serrés. Le domaine II chevauche les deux sous-provinces et représente une zone de transition marquée par des plis serrés et déversés vers le SSW. Le domaine III, au sud, est composé des roches de l'Opinaca et se distingue par des plis droits ouverts. Ces domaines sont séparés par des zones de cisaillement à composante de chevauchement vers le SSW. Le domaine IV regroupe les intrusions tardives non affectées par la déformation régionale.

La majeure partie des roches archéennes du La Grande a subi un métamorphisme prograde au faciès supérieur des amphibolites, localement au faciès des granulites, comme en témoigne la migmatitisation poussée couramment observée dans les paragneiss. Dans l'Opinaca, l'assemblage orthopyroxène-grenat démontre un métamorphisme au faciès des granulites. L'isograde de l'orthopyroxène coupe le contact des deux sous-provinces. Les intrusions tarditectoniques et post-tectoniques sont peu ou pas affectées par le métamorphisme.

La région recèle principalement des minéralisations aurifères associées à des zones de cisaillement locales ou régionales au sein des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Les zones rouillées échantillonnées ont pour la plupart donné des teneurs très faibles en métaux. Toutefois, quelques-unes montrent des valeurs anormales en Au, Cu, Ag et As. Des teneurs anormales en Ni et Cr ont été obtenues dans des intrusions ultramafiques. La plus importante de celles-ci (3 km x 0,9 km), située à l'extrême est du feuillet 23E04, constitue la cible la plus intéressante pour ce type de minéralisation.

Un indice de Ag-Cu a été mis au jour lors de nos travaux. Il est associé à une zone rouillée au sein d'une diorite. L'échantillon a donné 5 ppm Ag et 2180 ppm Cu à l'analyse.

Table des matières

Résumé.....	1
INTRODUCTION.....	5
Localisation et accès.....	5
Objectifs du projet.....	5
Méthode de travail.....	5
Travaux antérieurs.....	7
Remerciements.....	8
CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL.....	8
STRATIGRAPHIE.....	9
Mésosarchéen.....	9
Sous-province de La Grande.....	9
Formation de Trieste (mAtrt).....	9
Métagabbro de Sarane (mAsar).....	12
Néosarchéen.....	12
Sous-province de La Grande.....	12
Pluton de la Rivière Galinée (nAprg).....	12
Formation de la Rivière Salomon (nAslm).....	12
Pegmatite de Tilly (nAtly).....	14
Sous-province d’Opinaca.....	14
Complexe de Laguiche (nAlgi).....	14
Suite de Richardie (nAsri).....	16
Suite de Joubert (nAjb).....	17
Suite de Dutreuil (nAdut).....	17
Suite de Lablois (nAslb).....	18
Suite d’Ango (nAang, nouvelle unité).....	18
Pluton de Nichicun (nAnic, nouvelle unité).....	18
Suite de Viau (nAvia).....	19
Essaim de dykes de Mistassini (nAmib).....	19
Archéen.....	20
Unités lithologiques.....	20
Unité I2J.....	20
Unité I3A[ME].....	20
Unité M16a.....	20
Paléoprotérozoïque.....	20
Dykes de Senneterre (pPsen).....	20
Dykes du Lac Esprit (pPesp).....	21
GÉOCHIMIE.....	21
Intrusions felsiques.....	21
Roches métasédimentaires.....	23
Formation de la Rivière Salomon.....	23
Complexe de Laguiche.....	25
Amphibolites.....	25
Intrusions ultramafiques.....	25
Dykes de diabase.....	25
Essaim de dykes de Mistassini.....	25
Dykes du Lac Esprit.....	27
Dykes de Senneterre.....	27

MÉTAMORPHISME RÉGIONAL	27
Épisodes de métamorphisme régional	27
Domaines métamorphiques progrades et paragenèses	30
Domaine métamorphique I	30
Domaine métamorphique II	30
Domaine métamorphique III	30
Domaine métamorphique IV	30
Domaine métamorphique V	30
GÉOLOGIE STRUCTURALE	32
Phases de déformation et éléments structuraux associés	32
Structures primaires	32
Phase de déformation D1	32
Phase de déformation D2	32
Phase de déformation D3	32
Phases de déformation cassante D4 et D5	32
Domaines structuraux	32
Domaine structural I	33
Domaine structural II	33
Domaine structural III	33
Domaine structural IV	33
Zones de cisaillement	33
GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE	36
Indices connus	36
Indice Galine 135269 (Au)	36
Indice Scrou-Ten (Au, Ag)	36
Indice SE (Au,Ag)	36
Nouvel indice	37
Indice 15-CL-5126 (Ag, Cu)	37
Zones favorables à l'exploration	37
Occurrences de sillimanite	37
CONCLUSION ET DISCUSSION	37
RÉFÉRENCES	38

HORS TEXTE : Géologie de la région du lac Joubert – RG 2018-04-C01

INTRODUCTION

Localisation et accès

Le centre de la région d'étude est situé à environ 400 km au nord de la ville de Chibougamau et à 120 km au SE du réservoir La Grande 4, dans la municipalité d'Eeyou Istchee Baie-James. Les feuillets cartographiés sont 23E03 (La Grande Île), 23E04 (Lac Joubert) et 33H01 (Lac Orillat). Ils sont délimités par les longitudes 71° et 72° 30' W et par les latitudes 53° et 53° 15' N.

La route 167 relie Chibougamau à la mine Renard localisée à environ 20 km au sud de la région d'étude. Durant les travaux, l'équipe était basée dans un ancien camp de construction situé au km 594 de la route 167, à 70 km au sud de la région cartographiée. L'accès au territoire s'est effectué uniquement par hélicoptère.

La région se situe dans la sous-zone de la taïga de la zone de végétation boréale. La végétation y est relativement abondante et dominée par la forêt de conifères constituée en majorité d'épinettes noires. Le relief est modéré avec de nombreuses collines montrant des pentes généralement douces.

La densité d'affleurements est variable. Ainsi, au NW de la région, dans le feuillet 33H01, l'exposition est pauvre à cause du faible relief et des nombreux marécages et tourbières. À l'est, les affleurements rocheux sont également peu abondants en raison de l'abondance de lacs (est du feuillet 23E03). Dans le reste de la région, les conditions d'affleurements sont convenables malgré la présence ici et là de champs de blocs et de collines de dépôts quaternaires. Le réseau hydrographique de la région est bien développé avec de nombreux lacs souvent connectés les uns aux autres par de petites rivières. La dimension des lacs est variable; globalement leur taille est plus importante dans l'est de la zone d'étude avec notamment la présence du lac Nitchequon (feuillet 23E03). Les autres grands lacs présents sont les lacs Joubert (feuillet 23E04) et Orillat (feuillet 33H01). La rivière Sakami traverse les trois feuillets d'est en ouest.

Objectifs du projet

La cartographie géologique à l'échelle du 1/50 000 réalisés durant l'été 2015 représente la continuité des travaux amorcés en 2009 (Bandyayera *et al.*, 2011 et 2013; Hammouche *et al.*, 2015 et 2017; Gigon et Goutier, 2017; Burniaux *et al.*, à l'édition; Goutier *et al.*, en préparation). Ce projet vise à approfondir les connaissances géologiques et à évaluer le potentiel minéral des parties SE de la Sous-province de La Grande et NE de l'Opinaca. Le contact entre ces deux sous-provinces est considéré comme un métalloctecte majeur pour les minéralisations aurifères.

Méthode de travail

La campagne de terrain d'une durée de onze semaines a été réalisée par une équipe constituée de six géologues et six aides-géologues. La majorité des affleurements ont été décrits lors de traverses à pied. Celles-ci ont été planifiées à partir des photos aériennes qui ont permis de localiser les zones potentielles d'affleurements et de la position des affleurements de compilation provenant des travaux de l'industrie. Les traverses sont espacées approximativement de 2 km dans les zones homogènes et de 1 km dans les secteurs caractérisés par de forts gradients magnétiques. Dans la mesure du possible, les cheminements ont été orientés perpendiculairement au grain magnétique de manière à traverser le plus d'unités géologiques possible. Lorsque les affleurements sont abondants, la distance entre les sites d'observation est de 300 à 500 m. Cet espacement est réduit en présence de fortes variations lithologiques. Dans les secteurs où les affleurements sont plus rares et dispersés, la technique du « saute-mouton » en hélicoptère a été privilégiée. Un bateau a également été utilisé pour cartographier quelques portions du rivage de la rivière Sakami et de certains grands lacs.

Au total, 1277 affleurements ont été décrits dans les trois feuillets. Dans les feuillets 23E03 et 23E04, certaines géofiches rédigées en 1998 à l'occasion des travaux de Lamothe *et al.* (2000) ont été revisitées et complétées lorsque nécessaire. Des affleurements ont été repositionnés lorsqu'un décalage était constaté entre la position indiquée et la position réelle. Certains de ces affleurements ont été convertis en affleurements de compilation. De plus, un total de 388 affleurements provenant des travaux statutaires ont été compilés et intégrés au SIGÉOM.

Les cartes magnétiques du secteur (D'Amours, 2011) ont été utilisées pour l'interprétation des cartes géologiques, notamment dans les secteurs pauvres en affleurements rocheux.

La nomenclature et les codes utilisés pour les lithologies sont conformes à celles de Roy (2014).

Les trois indices déjà connus à la suite des travaux des compagnies d'exploration ont été visités dans le but de caractériser la minéralisation et de confirmer leur localisation.

Afin de mieux caractériser les lithologies du secteur, 212 lames minces et 36 lames minces polies ont été examinées. Un total de 245 échantillons ont été analysés pour les éléments majeurs et en traces. De plus, 105 échantillons de roches grenues de composition felsique à intermédiaire ont fait l'objet de coloration au cobaltinitrite de sodium afin d'évaluer les proportions de feldspath potassique, de plagioclase et de quartz et d'établir leur composition. L'évaluation du pourcentage modal de ces constituants a été réalisée selon la méthode décrite dans Goutier *et al.* (2001a).

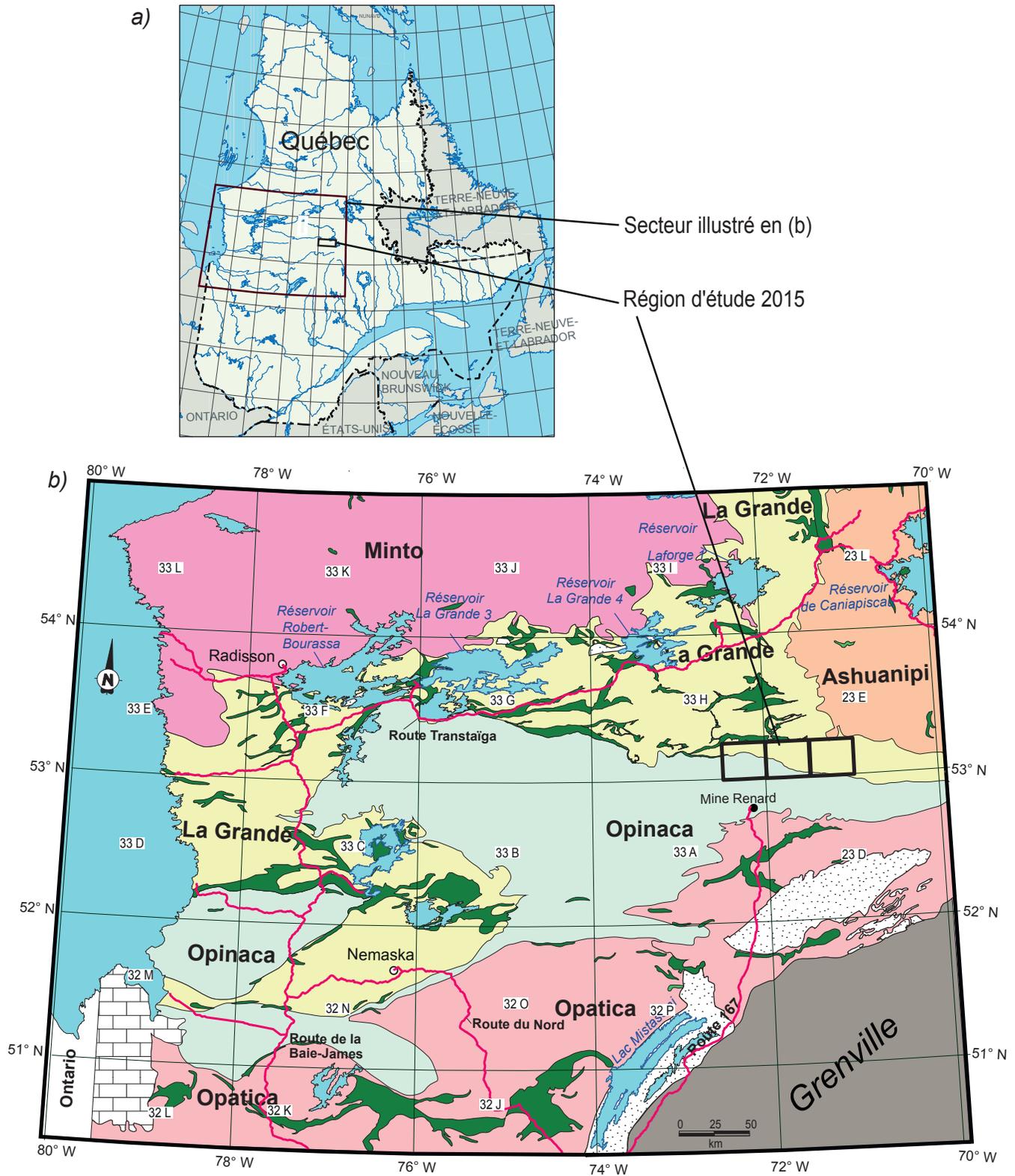


FIGURE 1 - a) localisation de la région du lac Joubert (feuilles SNRC 33H01, 23E04, 23E03); b) carte géologique simplifiée de la région d'Eeyou Istchee Baie-James (modifiée de Thériault et Beauséjour, 2012). Abréviations : BO = Bassin d'Otish; BM = Bassin de Mistassini.

Quatre échantillons de roches intrusives ont été prélevés pour des datations isotopiques U-Pb afin de déterminer l'âge de mise en place des principales intrusions de la région. Les résultats préliminaires de ces analyses sont mentionnés dans ce rapport, mais le détail et les résultats finaux de ces datations feront l'objet d'une future publication de géochronologie regroupant les échantillons des divers projets du BCGQ de l'été 2015.

Les cartes et l'ensemble des données associées à ces travaux sont offerts en version numérique ou peuvent être consultés à l'aide du produit « E-Sigéom à la carte » à l'adresse suivante : http://sigéom.mern.gouv.qc.ca/signet/classes/11102_indexAccueil. De même, la carte interactive permettant de visualiser facilement l'essentiel de l'information disponible est accessible à l'adresse : http://sigéom.mern.gouv.qc.ca/signet/classes/11108_afchCarteIntr.

Travaux antérieurs

Les premiers travaux de cartographie systématique de la grande région d'Eeyou Istchee Baie-James remontent à 1957 (Eade *et al.*, 1958; Heywood *et al.*, 1959; Eade, 1966). Il s'agit de levés géologiques de la Commission géologique du Canada à l'échelle de 1/506 880 couvrant un vaste territoire qui inclut la région d'étude. Au début des années 1970, le Ministère cartographie le secteur des lac Campan et Cadieux à des échelles variant du 1/50 000 au 1/100 000. Les résultats de ces travaux, qui touchent notamment le feuillet 33H01, ont été publiés plus tard sous la forme d'une synthèse cartographique (Hocq, 1985). Une compilation géologique des 18 feuillets SNRC à l'échelle 1/250 000 du territoire de la Baie-James (incluant 33H) a été réalisée vers la même époque (Dubé *et al.*, 1976). Toutefois, ces cartes géologiques ne présentent qu'une géologie très sommaire du secteur d'intérêt. En 1998, le territoire couvert par les feuillets 23E03 et 23E04 a fait l'objet d'un levé géologique au 1/250 000 touchant la totalité du feuillet 23E (Lamothe *et al.*, 2000).

Des travaux régionaux d'évaluation du potentiel minéral et de géochimie de l'environnement secondaire ont aussi été menés par la Société de développement de la Baie-James durant les années 1970 (Caron, Dufour, Séguin et associés, 1972; Tremblay et Marleau, 1973; Barr *et al.*, 1974; Cannuli, 1975; Bundrock *et al.*, 1975; Marleau, 1975; Martin, 1976; Martin et Cannuli., 1986) et par le Ministère en 1996 (Choinière et Leduc, 1996).

Le secteur d'étude a aussi été touché par des compilations géologiques et des gîtes minéraux du territoire de la Baie-James (Avramtchev, 1983; Beaumier *et al.*, 1994; Chartrand et Gauthier, 1995; Leclair *et al.*, 1996; Gauthier *et al.*, 1997; Thériault *et al.*, 1998), une étude métallogénique dans la région du lac Sauvolles (Gauthier, 1996) et, plus récemment, des évaluations du potentiel minéral pour les minéralisations aurifères de type orogénique, les porphyres cuprifères et les minéralisations de type IOCG (Lamothe, 2008 et 2009; Faure, 2011 et 2012; Allard *et al.*, 2015). En

1999, le Ministère publie une étude portant sur le lien entre les kimberlites et la présence de linéaments et de rifts crustaux démontrant le potentiel diamantifère de la région (Moorhead *et al.*, 1999). Les feuillets 33H01, 23E04 et 23E03 ont fait l'objet de peu de travaux d'exploration durant cette période, mais les activités menées dans les feuillets avoisinants ont entraîné la découverte de diamants dans la kimberlite de Beaver Lake (feuillet 32P16) et l'exploitation temporaire de la mine Eastmain (feuillet 33A08).

La fin des années 1990 constitue cependant le véritable point de départ de l'exploration dans le secteur d'étude. Ainsi, entre 1998 et 2001, d'importants travaux d'exploration pour les métaux usuels et précieux ont été réalisés par Mines d'Or Virginia et Cambior dans le cadre du Projet Caniapiscau dont le Bloc Est se situe dans le feuillet 33H01. Ces travaux consistaient en des levés géophysiques (St-Hilaire, 1998), cartographiques (Villeneuve, 1999 et 2000) et d'interprétation d'images satellitaires (Berger, 1999). Durant la même période, BHP Diamond a procédé à une campagne d'échantillonnage des sédiments glaciaires (St-Pierre, 1998) qui a relevé la présence d'une abondance de grains de chalcopryrite et de molybdénite dans les concentrés de minéraux lourds.

De 2003 à 2007, Ashton Mining of Canada et la SOQUEM (DIAQUEM) ont effectué de nombreux travaux dans la portion nord de la propriété Foxtrot comprenant l'échantillonnage des sédiments glaciaires, des analyses géochimiques, des études géophysiques au sol et des campagnes de prospection et de forages. De nombreuses anomalies dans les minéraux lourds ont ainsi été mises en évidence, de même que des traînées de minéraux indicateurs de kimberlite (O'Connor, 2003; Cloutier, 2004; Farquhar, 2005; Pritchard, 2005; Birkett et Ortega, 2006; Cloutier, 2006; O'Connor, 2007).

En 2007 et 2008, après l'acquisition d'Ashton Mining par Stornoway, la propriété Foxtrot a fait l'objet d'une nouvelle campagne d'échantillonnage de minéraux lourds dans les sédiments glaciaires, de géophysique au sol et de forages, ce qui a permis de découvrir une autre traînée de minéraux indicateurs de kimberlite et de nouvelles cibles géophysiques (O'Connor, 2009).

Durant cette période, au sud des feuillets 23E03 et 23E04, Ressources Dianor effectuait des levés magnétométriques et l'échantillonnage de sédiments glaciaires sur le territoire des projets Monts Otish et Queotish (Boileau, 2002, 2004 et 2005; Cloutier, 2002; Villeneuve, 2003; St-Pierre, 2003 et 2004). Dios Exploration a également mené des campagnes d'échantillonnage de till pour le projet diamantifère 33 Carats (Desbiens, 2003; Girard, 2004) dans le feuillet 33H01. Majescor Ressources exécute également un échantillonnage de till sur sa propriété Portage (dont la partie extrême est se trouve dans le feuillet 33H01; Bissonnette *et al.*, 2005).

Toujours vers cette période, Midland Exploration fait l'acquisition de la propriété Galinée au NW de 33H01 et entreprend des travaux d'exploration conjointement avec

Agnico Eagle (Larivière *et al.*, 2009a et 2009b). De 2007 à 2013, Mines Virginia s'intéresse à cette région et effectue des travaux de cartographie géologique, d'échantillonnage (roches et till) et de forages. Trois indices aurifères sont découverts à cette époque, notamment l'indice Scrou-Ten. Une série de rapports statutaires décrivant les travaux sur les propriétés Nichicun (Grenier *et al.*, 2008a) et Trieste (Grenier *et al.*, 2008b; Charbonneau, 2009 et 2013; Savard et Archer, 2009; St-Hilaire, 2011, Roy et Boivin, 2011; Roy et Bouchard, 2013; Tschimbalanga, 2012) sont disponibles dans la base documentaire EXAMINE.

La région d'étude fait partie d'un vaste secteur visé par les levés géophysiques aéroportés réalisés pour le Ministère à la Baie-James en 2008 et 2009. Ainsi, le feuillet 33H01 a été touché par le levé aéromagnétique effectué au sud des centrales hydroélectriques LG-3 et LG-4 (Goldak Airborne Surveys, 2008), tandis que les feuillets 23E03 et 23E04 ont été couverts par le levé aéromagnétique portant sur le secteur SE de la centrale LG-4 (Geo Data Solutions GDS, 2009).

À partir de 2013, les secteurs adjacents de la région d'étude ont fait l'objet de travaux de cartographie géologique au 1/50 000 par le Ministère. Les résultats de ces travaux sont consignés dans les rapports de Gigon et Goutier (2017), Burniaux *et al.* (à l'édition) et Talla Takam *et al.* (en préparation).

Remerciements

Les auteurs remercient les personnes qui ont participé à ce projet pour leur contribution et leur enthousiasme lors des travaux de terrain. On citera notamment les géologues Séverine Blouin, Nathan Richard Cleven, Antoine Rhéaume Ouellet et Charles Verrault-Lemieux, et les étudiants Florence Bédard, Simon Raymond-Antil, George Tan-Viet Ngo (UQAM), Stéphanie Beaudoin (École Polytechnique), Alexandra Germain (Université Laval) et Jean-Baptiste Giteau (France). Nous remercions également Myriam Côté-Roberge qui s'est jointe à l'équipe pour une semaine.

Mentionnons aussi les efforts de Frédéric Massei qui a contribué à synthétiser l'historique des travaux antérieurs dans la région.

Nos remerciements vont aussi au cuisinier, Yves Brisson, à l'homme de camp, Michaël Côté, ainsi qu'aux pilotes d'hélicoptère et aux mécaniciens de la compagnie Héli-Inter qui ont grandement contribué à la réalisation des travaux de cartographie.

Julie Sauvageau et Kathleen O'Brien ont produit les cartes géologiques dans le SIGÉOM. Nous leur exprimons ici notre profonde reconnaissance et notre gratitude pour leur travail de grande qualité. Nos remerciements vont aussi au lecteur critique Jean Goutier dont la contribution a grandement enrichi ce rapport. Finalement, nous remercions Claude Dion pour l'édition du manuscrit et ses efforts dans l'amélioration de sa qualité.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

La région du lac Joubert est située à cheval entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca (figure 1) qui font toutes deux partie de Province géologique du Supérieur. Cette province constitue le plus vaste craton archéen au monde. Elle comprend des roches très variées, datées entre environ 4,0 et 2,57 Ga, qui ont été affectées par plusieurs orogènes archéennes. Elle contient aussi des dykes de diabase néoarchéens et paléoprotérozoïques.

La Sous-province de La Grande représente un ensemble volcano-plutonique (Card et Ciesielski, 1986) composé d'un socle tonalitique ancien dont la plus vieille portion connue est datée à 3452 Ma (feuillet 33F03; Davis *et al.*, 2014), de plusieurs séquences volcano-sédimentaires mésoarchéennes et néoarchéennes, de multiples intrusions de composition principalement felsique, ainsi que d'intrusions intermédiaires, mafiques et ultramafiques en moindre proportion. Localement, ces ensembles sont recouverts d'unités arénitiques et conglomératiques archéennes ou paléoprotérozoïques en discordance. Dans la région d'étude, la Sous-province de La Grande est dominée par une séquence de paragneiss à biotite ou à muscovite-biotite par endroits.

La Sous-province d'Opinaca représente un ensemble métasédimentaire et plutonique (Card et Ciesielski, 1986). Dans la région d'étude et ses environs, elle est constituée de paragneiss à biotite et orthopyroxène injecté de nombreuses intrusions dont la composition varie de felsique à ultramafique. Les paragneiss sont généralement migmatitisés. D'après les travaux de Gigon et Goutier (2017) dans la région du lac Richardie plus à l'ouest, le degré de migmatitisation des paragneiss varie en fonction de leur localisation géographique et des grands plis qui affectent le secteur. Ils mentionnent que ces paragneiss sont issus de wacke arkosique, ce qui est confirmé par nos observations (en lames minces notamment). Dans le feuillet 33F, Goutier *et al.* (2001a) interprétaient les paragneiss de l'Opinaca comme plus jeunes que les roches du La Grande. Toutefois, le Pluton de la Frégate, qui coupe les paragneiss dans la région du lac Richardie, a été récemment daté à 2710 Ma (Augland *et al.*, 2016), ce qui indique que ceux-ci sont en partie contemporains des roches du La Grande (Gigon et Goutier, 2017).

À l'échelle régionale, le contact entre les deux sous-provinces est de différente nature. Il est décrit à certains endroits comme un contact normal et ailleurs comme une zone de cisaillement inclinée vers le nord. D'après Gigon et Goutier (2017), ce contact est aussi en partie cicatrisé et masqué par des intrusions de la Suite de Richardie.

Dans la Sous-province de La Grande, le style structural résulte de la superposition de plusieurs épisodes de déformation impliquant à la fois les lambeaux de socle tonalitique, la couverture volcano-sédimentaire et les roches intrusives archéennes. Cette tectonique polyphasée est responsable du

schéma structural en dômes et bassins, de la présence de plis kilométriques affectant les séquences volcano-sédimentaires et de l'exhumation de zones très métamorphisées (Percival, 1989; Goutier *et al.*, 2001b et 2002; Percival *et al.*, 2012). Des zones de cisaillement viennent régulièrement tronquer cet agencement en dômes et bassins, comme dans la région du lac Richardie plus à l'ouest (Gigon et Goutier, 2017).

L'Opinaca est constitué d'une série de grandes synformes et antiformes à traces axiales orientées ENE à ESE et un plongement vers l'ENE qui affectent à la fois les intrusions et les paragneiss (Gigon et Goutier, 2017; ce rapport).

Le métamorphisme régional à l'échelle de la Baie-James varie du faciès des schistes verts à celui des granulites. Dans la région d'étude, la majeure partie des roches de la Sous-province de La Grande est affectée par un métamorphisme au faciès des amphibolites, tandis que les roches de l'Opinaca sont toutes métamorphisées au faciès des granulites.

De point de vue métallogénique, la partie nord de la Baie-James présente plusieurs types de minéralisations. Les minéralisations aurifères disséminées associées aux zones de déformation représentent la variété la plus commune rencontrée dans la région. Les minéralisations aurifères stratiformes associées à des formations de fer au faciès des sulfures et des oxydes-silicates de type Algoma sont également nombreuses. L'intérêt pour ce secteur s'est nettement accru durant la dernière décennie à la suite de la découverte des minéralisations aurifères de type « Éléonore » dans les roches métasédimentaires près du contact entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande. Cette dernière renferme également des minéralisations de Cu-Zn-Ag ± Au volcanogènes, de Mo-Cu-Ag porphyriques, de métaux rares (Li-Cs-Nb-Ta) associées aux granitoïdes, d'uranium principalement liées à des roches sédimentaires archéennes et paléoprotérozoïques et quelques minéralisations de Cr-Ni-EGP ± Au ± Ag associés aux roches ultramafiques.

Le lecteur désirant obtenir une vue d'ensemble de la géologie et des minéralisations de la région de la Baie-James peut se référer à la carte interactive à l'adresse suivante : http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afch-CarteIntr

STRATIGRAPHIE

La stratigraphie de la région du lac Joubert est principalement basée sur les travaux de cartographie réalisés par le Ministère entre 2012 et 2015 dans les terrains adjacents à l'ouest et au nord (Hammouche *et al.*, 2015; Gigon et Goutier, 2017; Hammouche *et al.*, 2017; Burniaux *et al.*, à l'édition).

La majorité des unités stratigraphiques du secteur présente des âges mésoarchéens à néoarchéens.

Le socle tonalitique (Complexe de Langelier), reconnu à l'ouest dans les feuillettes 33F et 33G, n'a pas été observé dans la région d'étude. Les plus vieilles roches observées dans la

région du lac Joubert sont donc représentées par quelques lambeaux peu étendus de roches volcaniques mésoarchéennes de la Formation de Trieste (2839,2 ± 5,6 Ma; Jean David, communication personnelle, 2016). La région à l'étude est dominée par des roches métasédimentaires et des roches intrusives felsiques néoarchéennes. Tout comme dans la région du lac Richardie (Gigon et Goutier, 2017), la séquence stratigraphique est dominée par deux unités sédimentaires majeures. Le premier débute avant 2710 Ma et est associé au Complexe de Laguiche dans l'Opinaca. Le second, mis en place dans la Sous-province de La Grande, est représenté par la Formation de la Rivière Salomon qui se serait déposée avant 2708 Ma.

Les intrusions tonalitiques plissées de la Suite de Joubert (environ 2680 Ma) occupent une vaste superficie dans la Sous-province de La Grande et le nord de la Sous-province de Laguiche. Les intrusions granitiques moins importantes appartenant à la Pegmatite de Tilly se sont mises en place dans La Grande, au nord et au NW du terrain.

Plusieurs unités plutoniques néoarchéennes tardives ne sont assignées à aucune sous-province. Il s'agit du Pluton de Nichicun (environ 2690 Ma) appartenant à la Suite d'Ango, des suites felsiques de Richardie (2693 Ma) et de Viau (2572 à 2571 Ma) ainsi que des suites ultramafiques de Lablois et de Dutreuil.

Des dykes mafiques de gabbro-diabase d'âge néoarchéen tardif à paléoprotérozoïque coupent toutes les unités archéennes. Ils forment trois familles : Mistassini (2515 à 2503 Ma), Senneterre (2221 à 2216 Ma) et Lac Esprit (environ 2090 Ma et 2069 Ma).

La figure 2a synthétise la géologie de la région d'étude. Les relations entre les principales unités du secteur sont schématisées à la figure 2b.

Finalement, quelques petites intrusions archéennes n'ont pas été assignées à une unité stratigraphique particulière en raison de leur petite taille et de l'absence d'éléments permettant de les corrélérer avec les grandes unités mentionnées précédemment.

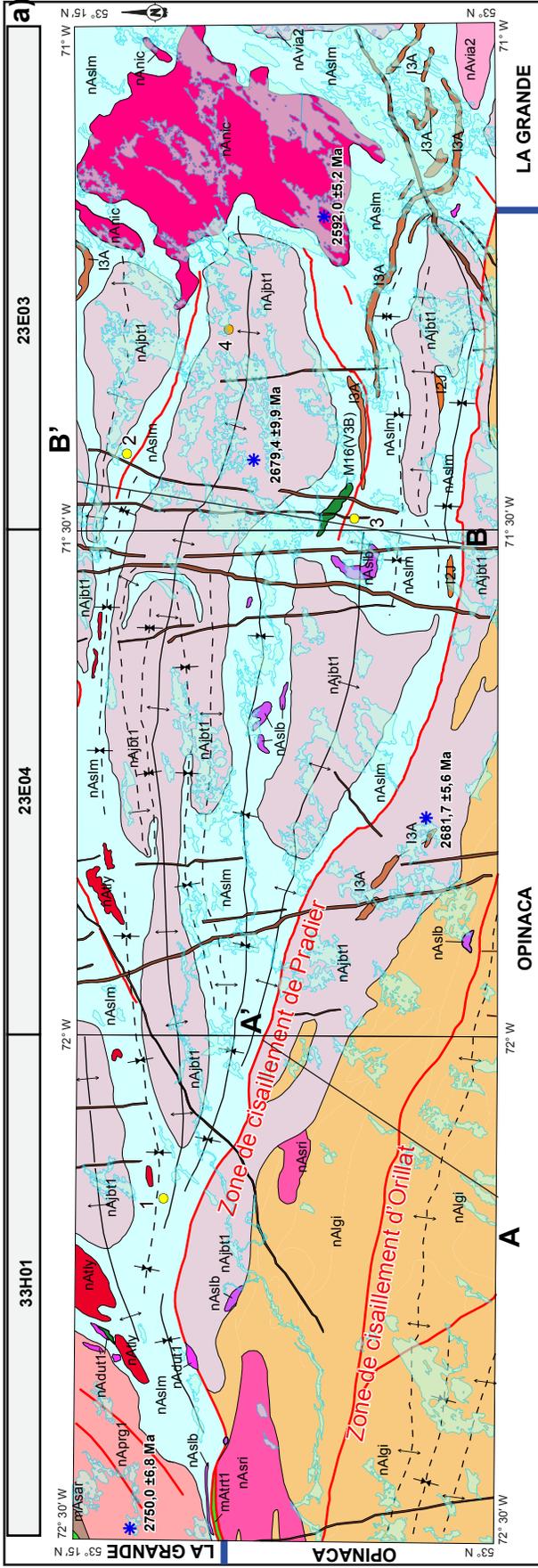
Les dépôts quaternaires sont assez répandus et sont constitués en grande partie de dépôts d'origine glaciaire et fluvioglaciaire.

Mésoarchéen

Sous-province de La Grande

Formation de Trieste (mAttr)

Le nom « Trieste » a été utilisé pour la première fois par Hocq (1985) pour désigner un ensemble hétéroclite de volcanites, d'amphibolites, de gneiss mésocrates, de tufs et de roches ultramafiques et mafiques. Gigon et Goutier (2017) ont par la suite redéfini la Formation de Trieste dans la région du lac Richardie (feuillettes 33H02 et 33H07). Burniaux *et al.* (à l'édition), l'ont également reconnue dans la région du lac Dalmas (feuilleton 33H08).



LÉGENDE STRATIGRAPHIQUE

- nAvia2 Dykes of diabase: Gabbro-norite, gabbro, norite
- nAnic **PALÉOPROTÉROZOÏQUE ET NÉOARCHÉEN**
- nAsib **NÉOARCHÉEN**
- nAduf1 **Suite de Viau** (2572 à 2571 Ma): Granite porphyrique à pegmatitique
- nAnic **Pluton de Nichicun** (2592 à 2589 Ma): Granite mégaporphyrique à phénocristaux de FK à BO-HB-MG ± GR
- nAsib **Suite de Lablois** (>2619 +1,9/-1,4 Ma): Métawebstérite à AC-TM ± BO ± PH
- nAduf1 **Suite de Dutreuil**: Métapériodite et métaproxénite à TM-SP
- nAjb1t **Suite de Joubert** (2682 à 2679 Ma): Tonalite et granodiorite, à BO-MG±HB foliées, localement rubanées et gneissiques
- nAsri **Suite de Richardie** (2693 ± 5 Ma): Granodiorite porphyrique à phénocristaux de FK à BO-MG ± HB
- nAlgi **SOUS-PROVINCE D'OPINACA**
- nAlgi **Complexe de Laguiche** (>2710 Ma): paragneiss, métatexite et diatexite dérivés de wacke arkosique à BO-OX ± HB ± GR

LÉGENDE LITHOLOGIQUE

- nAly **SOUS-PROVINCE DE LA GRANDE**
- nAsim **Pegmatite de Tilly**: Granite pegmatitique à BO-MV-TL ± MG ± GR
- nAprg1 **Formation de la Rivière Salomon** (<2708 Ma): Paragneiss, métatexite et diatexite issus de wacke arkosique à quartzique, à BO ± AM ± GR ± SM ± CD et rare OX; formation de fer
- nAsib **Pluton de la Rivière Galinée** (2750 ± 6.8 Ma): Granodiorite et tonalite peu foliées à massives à BO-MG-SN ± HB
- nAsar **MÉSARCHÉEN**
- nAtr1t **SOUS-PROVINCE DE LA GRANDE**
- nAtr1t **Métagabbro de Sarane** (2820 ± 9 Ma): Amphibolite dérivée de gabbro
- nAtr1t **Formation de Trieste** (2839 ± 5.6 Ma): Ensemble de mylonites et d'amphibolites rubanées dérivées de basalte
- nAtr1t **ARCHÉEN**
- nAtr1t **Diorite** à HB ± BO
- nAtr1t **Gabbro** à HB ± BO, localement à GR-CX
- nAtr1t **Amphibolite dérivée de basalte**

INDICES MINÉRALISÉS

- 1- Galinée 135269 (Au)
- 2- Scrou-Ten (Au, Ag)
- 3- SE (Au, Ag)
- 4- 15-CL-5126 (Ag, Cu)
- STRUCTURES**
- Zone de cisaillement
- Trace axiale: a) certaine, b) présumée
- Antiforme droite
- Synforme droite
- GÉOCHRONOLOGIE**
- Site de datation U-Pb
- 2679,4 ± 9,9 Ma Âge de cristallisation

FIGURE 2A - Carte géologique simplifiée de la région du lac Joubert indiquant la localisation des échantillons de géochronologie et des minéralisations.

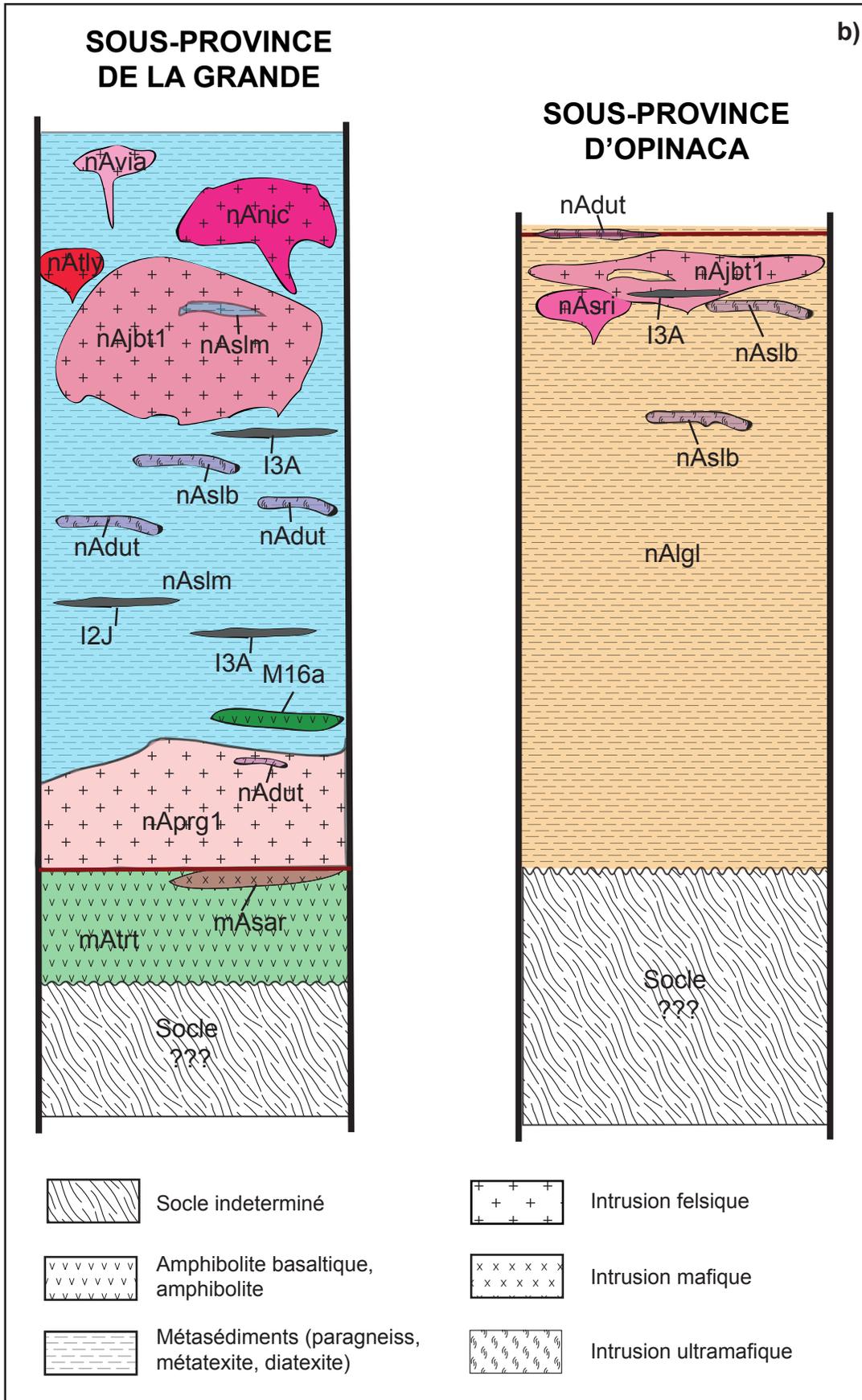


FIGURE 2B - Schéma illustrant les relations de recoupement des principales unités stratigraphiques et lithodémiques du secteur.

Gigon et Goutier (2017) ont divisé la Formation de Trieste en trois unités : 1) un ensemble d'amphibolite rubanée dérivée de basalte et d'amphibolite mylonitisée (mAtrt1), 2) une unité d'amphibolite dérivée de roche volcanique intermédiaire (mAtrt2), et 3) une unité de formation de fer au faciès des oxydes et des silicates (mAtrt3).

Burniaux *et al.* (à l'édition) ont repris la nomenclature de Gigon et Goutier (2017). Ils ont intégré à l'unité mAtrt1 des petites bandes de roches métasédimentaires, de laves et de tufs intermédiaires à felsiques, de laves mafiques magnésiennes et de rares coulées ou filons-couches ultramafiques. Une datation isotopique U-Pb d'une volcanite felsique mylonitisée de l'unité mAtrt1 a donné un âge de cristallisation de $2839,2 \pm 5,6$ Ma (Jean David, communication personnelle, 2016), ce qui confirme l'âge minimal de 2820 ± 9 Ma obtenu pour le Métagabbro de Sarane qui fait intrusion dans le Trieste.

Dans le secteur du lac Joubert, seule l'unité mAtrt1 est présente dans le coin NW du feuillet 33H01. Il s'agit du prolongement de la Formation de Trieste reconnue dans les feuillets adjacents à l'ouest et au NW (feuillets 33H02 et 33H07). Aucun affleurement de cette unité n'a été observé. Une description détaillée de cette formation est présentée dans le rapport de Gigon et Goutier (2017).

Métagabbro de Sarane (mAsar)

Le Métagabbro de Sarane a été introduit par Gigon et Goutier (2017) à la suite des travaux dans le feuillet 33H02 plus à l'ouest. Il a été aussi observé en affleurement au sud du feuillet 33H08 (Burniaux *et al.*, à l'édition). Une datation isotopique U-Pb du Métagabbro de Sarane a donné un âge de cristallisation de 2820 ± 9 Ma (Davis *et al.*, 2018).

Le Métagabbro de Sarane a été prolongé dans le coin NW du feuillet 33H01 pour faire le lien entre les deux cartes citées plus haut. Nous n'avons cependant pas observé cette unité dans ce secteur peu affleurant; le tracé du contact NW s'appuie donc en grande partie sur la signature géophysique de l'intrusion. La description de l'unité provient de Gigon et Goutier (2017). Le lecteur intéressé peut se référer à ce rapport.

Le Métagabbro de Sarane coupe la Formation de Trieste et présente aussi un contact tectonique avec cette dernière. Cette unité est principalement constituée d'amphibolite dérivée de gabbro. La roche à granulométrie fine à moyenne est peu foliée et montre une structure gabbroïque. Elle contient de la hornblende et du plagioclase associés localement à la pyrite, la magnétite, la biotite, l'épidote et l'actinotérmolite. Par endroits, l'amphibolite est leucocrate et est altérée en calcite, muscovite, chalcopyrite et malachite.

Néoarchéen

Sous-province de La Grande

Pluton de la Rivière Galinée (nAprg)

Le Pluton de la Rivière Galinée a été introduit par Gigon et Goutier (2017) pour décrire une unité de granodiorite et de tonalite foliées à biotite et magnétite reconnue en bordure de la rivière Galinée dans le feuillet 33H02. Ce pluton se poursuit dans le coin NW du feuillet 33H01. L'exposition étant faible dans ce secteur, nous avons tracé les contacts de ce pluton à l'aide de quelques affleurements et de sa signature magnétique bien contrastée par rapport aux roches métasédimentaires au SE. Le contact avec les unités adjacentes n'a cependant pas été observé.

Une datation U-Pb d'un échantillon provenant du feuillet 33H02 a donné un âge de cristallisation de $2750,0 \pm 6,8$ Ma (Jean David, communication personnelle, 2016). Les colorations au cobaltinitrite de sodium montrent que les roches du Pluton de la Rivière Galinée ont une composition se situant principalement à la limite entre les granodiorites et les tonalites, bien que quelques échantillons soient nettement granodioritiques ou tonalitiques. Ces roches gris clair et à grain moyen sont homogènes et peu foliées à massives (photo 1), alors qu'à l'ouest, elles sont plus foliées (Gigon et Goutier, 2017). Elles contiennent de la biotite (4 à 10 %), de la magnétite (1 à 2 %) et, localement, de la hornblende (jusqu'à 3 %). L'étude des lames minces montre la présence de sphène (jusqu'à 3 %) et de traces de muscovite, d'épidote et de chlorite. Les microphénocristaux de feldspath potassique (0,5 à 1,5 mm; 10 à 15 %) sont caractéristiques des granodiorites de cette unité.

L'unité est injectée de dykes décimétriques à métriques de granite rose à biotite et magnétite. On y observe aussi quelques enclaves décimétriques d'amphibolite.

Formation de la Rivière Salomon (nAslm)

La Formation de la Rivière Salomon (nAslm) a été introduite par Gigon et Goutier (2017) dans les feuillets 33H02 et 33H03 pour décrire un ensemble de métatexite mylonitisée dérivée de paragneiss à biotite, de diatexite de paragneiss à biotite et de paragneiss de wacke à biotite (unité nAslm1a). Une partie importante de ces roches était autrefois rattachée à la Formation de Mercator définie par Lamothe *et al.* (2000) dans la Sous-province d'Opinaca. Les travaux de Gigon et Goutier (2017) indiquent toutefois que la Formation de la Rivière Salomon appartient à la Sous-province de La Grande. Burniaux *et al.* (à l'édition) ont reconnu cette unité au sud des feuillets 33H08 et 23E05, au nord du secteur d'étude. Ils ont également conclu que les paragneiss du feuillet 23E05, qui avaient été assignés à la Formation de Mercator (Amk1) par Lamothe *et al.* (2000), faisaient plutôt partie de la Sous-province de La Grande.

Une datation isotopique U-Pb d'un métawacke à cailloux prélevé dans le feuillet 33H08 a donné un âge maximal de dépôt de 2708 Ma (Jean David, communication personnelle, 2016).

Lors de nos travaux, nous avons éprouvé de la difficulté à différencier les paragneiss de l'Opinaca (Complexe de Laguiche ou Formation de Mercator de Lamothe *et al.*, 2000) de ceux du La Grande (Formation de la Rivière Salomon), particulièrement lorsque le degré de migmatitisation est faible à moyen (métatexite). Toutefois, l'étude de lames minces permet de définir quelques critères distinctifs :

- la présence presque systématique d'orthopyroxène (toujours plus de 5 %) dans les paragneiss et les migmatites de l'Opinaca, alors que ce minéral est absent ou rare dans les roches métasédimentaires du La Grande;
- la microstructure fortement granoblastique des paragneiss de l'Opinaca où les minéraux clairs (quartz et plagioclase) forment des grains arrondis à subarrondis. Dans le La Grande, la recristallisation est moins forte et on distingue plutôt des minéraux clairs présentant une microstructure en mosaïque et un alignement des paillettes de biotite;
- le protolite des paragneiss du La Grande peut être arkosique ou quartzitique, alors qu'il est toujours arkosique dans l'Opinaca.

L'unité nAs l m1 définie plus au nord (Burniaux *et al.*, à l'édition) et la sous-unité nAs l m1a décrite à l'ouest (Gigon et Goutier, 2017) ont toutes deux été reconnues dans le secteur à l'étude. Dans ce rapport, nous introduisons une seconde unité (nAs l m2) qui se distingue tant par son aspect à l'échelle macroscopique que par sa minéralogie et sa géochimie.

L'unité nAs l m1 affleure principalement dans les portions nord et est du secteur d'étude. Les observations de terrain n'ont pas permis de déterminer la relation de ces paragneiss et des diverses intrusions de la Suite de Joubert. De récentes datations U-Pb (Jean David, communication personnelle, 2016) indiquent que les roches de la Suite de Joubert seraient plus jeunes (environ 2680 Ma) que les paragneiss. On doit toutefois mentionner que ce contact est fortement cisailé au sud.

L'unité nAs l m1 regroupe un ensemble de paragneiss dérivés de wacke arkosique à quartzitique pas ou peu migmatitisés (moins de 10 % de mobilisat). Les paragneiss sont gris en cassure fraîche et présentent une patine brune (photo 2). Ils sont à grain fin, granoblastiques, généralement foliés et mylonitiques dans les zones de cisaillement.

Ces paragneiss sont composés principalement de quartz (jusqu'à 65 % pour la variété quartzitique), de feldspaths plagioclase et potassique (50 % de feldspaths pour la variété arkosique), de biotite (entre 10 et 15 %) et, localement, d'un peu d'amphibole, de grenat, de sillimanite et de cordiérite. En lames minces, on observe par endroits des grains de muscovite, d'épidote, d'apatite, de magnétite et de pyrite. Les paillettes de biotite montrent généralement une forte orientation préférentielle qui définit la foliation de la roche. Une altération d'intensité variable est marquée par l'appari-

tion de séricite et de chlorite. Le mobilisat de composition tonalitique à granitique (<10 %) est blanchâtre et à grain moyen. Il se présente en amas diffus millimétriques à centimétriques. Des lisérés de biotite sont couramment présents le long des épontes au contact avec le paléosome (paragneiss). De manière globale, le degré de migmatitisation semble augmenter du nord vers le sud. En de rares endroits, la migmatitisation est complètement absente.

La staurotite et l'andalousite reconnues dans les paragneiss des feuillets adjacents au nord (Burniaux *et al.*, à l'édition) n'ont pas été observées dans le secteur d'étude. Par contre, on note la présence de paragneiss à porphyroblastes centimétriques de sillimanite qui présente un protolite différent de ceux de l'unité nAs l m1 comme le montrent la composition minéralogique et la géochimie. Nous avons convenu d'assigner cette lithologie à une nouvelle unité informelle de la Formation de la Rivière Salomon, nAs l m2, que nous décrirons plus loin.

L'unité nAs l m1a est formée en majeure partie de paragneiss qui ont subi une fusion partielle plus poussée, avec 10 % et plus de mobilisat (photo 3). Elle regroupe des métatexites dérivées de paragneiss à biotite, couramment mylonitisées, accompagnées de diatexites en plus faibles proportions. Il subsiste à l'intérieur de cette unité des portions de paragneiss dérivés de wacke à biotite peu ou pas migmatitisés similaires à ceux de l'unité nAs l m1. Tout comme l'unité nAs l m1, la composition du protolite varie d'arkosique à quartzitique. Outre la biotite (de 10 à 25 %), le paléosome contient généralement du grenat (jusqu'à 5 %) sous la forme de petits porphyroblastes millimétriques, arrondis et fracturés. En lames minces, on reconnaît des traces d'amphibole et d'épidote, ainsi que de 1 à 2 % de minéraux opaques (magnétite, pyrite). Les minéraux clairs sont fortement recristallisés et la biotite montre une forte orientation préférentielle. L'altération se manifeste par une intense séricitisation du plagioclase et par une chloritisation partielle de la biotite. On note la présence locale d'orthopyroxène (<5 %), notamment dans les portions NE et SW du feuillet 23E03.

Le mobilisat blanchâtre de composition tonalitique à granitique se présente soit en amas, soit en rubans millimétriques disposés parallèlement à la foliation et en contact diffus avec le paléosome. Cette structure stromatique est dominante dans l'unité nAs l m1a. Dans les métatexites, il est possible qu'une partie du mobilisat représente des injections granitiques syntectoniques.

L'unité nAs l m2 est beaucoup plus limitée spatialement. Elle affleure principalement dans la partie centrale du feuillet 23E03 où elle est affectée par des couloirs de cisaillement kilométriques. D'autres lentilles éparses et relativement peu étendues sont cartographiées au sein de l'unité nAs l m1 au nord du feuillet 23E04.

Les roches de cette unité se distinguent facilement en affleurement par leur forte proportion de porphyroblastes de sillimanite qui présentent généralement un aspect nodulaire (photo 4). Ce minéral forme aussi des rubans centimétriques

à décimétriques par endroits. La sillimanite représente de 20 à 30 % de la roche, localement jusqu'à 50 %. Les porphyroblastes baignent dans une matrice constituée de quartz, de plagioclase, d'orthose, de muscovite, de sillimanite fibreuse et de biotite partiellement chloritisée. En lames minces, on note la présence de magnétite, de pyrite et d'épidote et, localement, de cordiérite comme minéraux accessoires. Le fort pourcentage de sillimanite semble indiquer un protolite pélitique riche en alumine. Ces roches ne semblent pas avoir subi de fusion partielle.

La Formation de la Rivière Salomon contient des niveaux de formation de fer au faciès des oxydes et des silicates regroupés dans l'unité nAslm3. Ces niveaux présentent pour la plupart des extensions et des épaisseurs limitées et ne sont pas représentés sur la carte. Les épaisseurs varient de centimétrique à métrique. Elles contiennent généralement des traces de sulfures, notamment de la pyrite, de la pyrrhotine et de l'arsénopyrite (ce rapport; Grenier *et al.*, 2008a et 2008b).

Pegmatite de Tilly (nAtly)

Le lithodème « Pegmatite de Tilly » a été défini dans le secteur de lac Thier (33H09) par Labbé et Bélanger (1998) pour regrouper des intrusions granitiques (granite à feldspath alcalin et monzogranite), pegmatitiques et tardives. Cette unité a été aussi observée et décrite par Hammouche *et al.* (2017) dans la région du lac Carmoy et par Burniaux *et al.* (à l'édition) dans la région du lac Dalmas.

Les affleurements de la Pegmatite de Tilly forment des reliefs représentés par une série de crêtes orientées NE-SW dans la partie nord des feuillets 23E04 et 33H01, au sein des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Ces intrusions sont de dimension très variable, allant d'une centaine de mètres jusqu'à près de 4 km de longueur pour les plus étendues. La pegmatite est aussi observée en amas irréguliers et en dykes d'épaisseur décimétrique à métrique qui s'injectent dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon et les intrusions de la Suite de Joubert.

L'unité est formée de roches massives blanc rosé de composition granitique. La granulométrie varie de grossière à très grossière. Le feldspath potassique est constitué de microcline et d'orthose. Le plagioclase est fortement séricitisé par endroits. La roche contient toujours de la biotite (<3 %) partiellement chloritisée, de la muscovite (traces à 2 %), tandis que la tourmaline (jusqu'à 10 % par endroits) et le grenat (1 à 3 %) sont communs. La tourmaline, sous la forme de cristaux idiomorphes millimétriques à centimétriques, apparaît lorsque la muscovite est dominante par rapport à la biotite (photo 5). On reconnaît par endroits des cristaux millimétriques idiomorphes de béryl vert clair à bleuâtre. La roche contient également des traces de titanite et d'épidote. Les structures micrographiques et perthitiques sont communes et la microcline contient de nombreuses inclusions de muscovite.

Les grandes masses pegmatitiques contiennent de nombreuses enclaves métriques à décimétriques de paragneiss de la Formation de la Rivière Salomon.

Sous-province d'Opinaca

Complexe de Laguiche (nAlgi)

Dans le secteur d'étude, le Complexe du Laguiche occupe la moitié sud du feuillet 33H01 et s'étend jusqu'au SW du feuillet 23E04. Il représente la continuité des unités cartographiées plus à l'ouest (Goutier *et al.*, en préparation; Gigon et Goutier, 2017). Une petite zone réapparaît à la marge sud du feuillet 23E03. Gigon et Goutier (2017), s'appuyant sur l'âge du Pluton de la Frégate (2710,4 ± 2,4 Ma; Augland *et al.*, 2016) qui fait intrusion dans le Complexe de Laguiche, ont conclu que l'âge de sédimentation de cette unité était antérieur à 2710 Ma.

Le Complexe de Laguiche est bordé au nord sur une grande partie de sa longueur par des roches intrusives que nous avons assignées à la Suite de Joubert. À l'ouest du feuillet 33H01, le complexe est injecté par les granodiorites de la Suite de Richardie. Le contact entre ces unités est en partie affecté par une importante zone de cisaillement d'extension kilométrique, la Zone de cisaillement de Pradier (ZCP). Le tracé de cette structure, qui représente aussi la limite entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, s'appuie sur les observations de terrain (lithologies) et sur la présence d'un linéament géophysique marqué par un creux magnétique. Dans la région, la signature magnétique des deux sous-provinces de part et d'autre de la ZCP ne montre pas un contraste très prononcé. Contrairement aux roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon caractérisées par une susceptibilité magnétique relativement faible, bien distincte de celle des intrusions felsiques qui la coupent, la signature magnétique des roches du Complexe de Laguiche ne montre pas de différence significative avec celle des roches intrusives des suites de Joubert et de Richardie (figure 3).

Le Complexe du Laguiche est composé de roches métasédimentaires plus ou moins migmatitisées. Il comprend des paragneiss peu migmatitisés dérivés de wacke, des métatexites et des diatexites issues de paragneiss. Dans ce rapport, nous reprenons la nomenclature établie par Gigon et Goutier (2017) qui repose sur le pourcentage de mobilisat visible en affleurement : 1) nAlgi2a, qui regroupe les paragneiss contenant entre 0 et 10 % de mobilisat, 2) nAlgi3a, unité de métatexite dérivée de paragneiss qui comprend de 10 à 50 % de mobilisat, et 3) nAlgi4a, unité de diatexite dérivée de paragneiss dont le pourcentage de mobilisat dépasse 50 %. Ces divisions n'ont aucune connotation stratigraphique.

Il est courant d'observer ces différentes lithologies ensembles sur les mêmes affleurements. En général, ces roches sont injectées par des granites qui se présentent habituellement sous la forme de rubans parallèles ou sub-

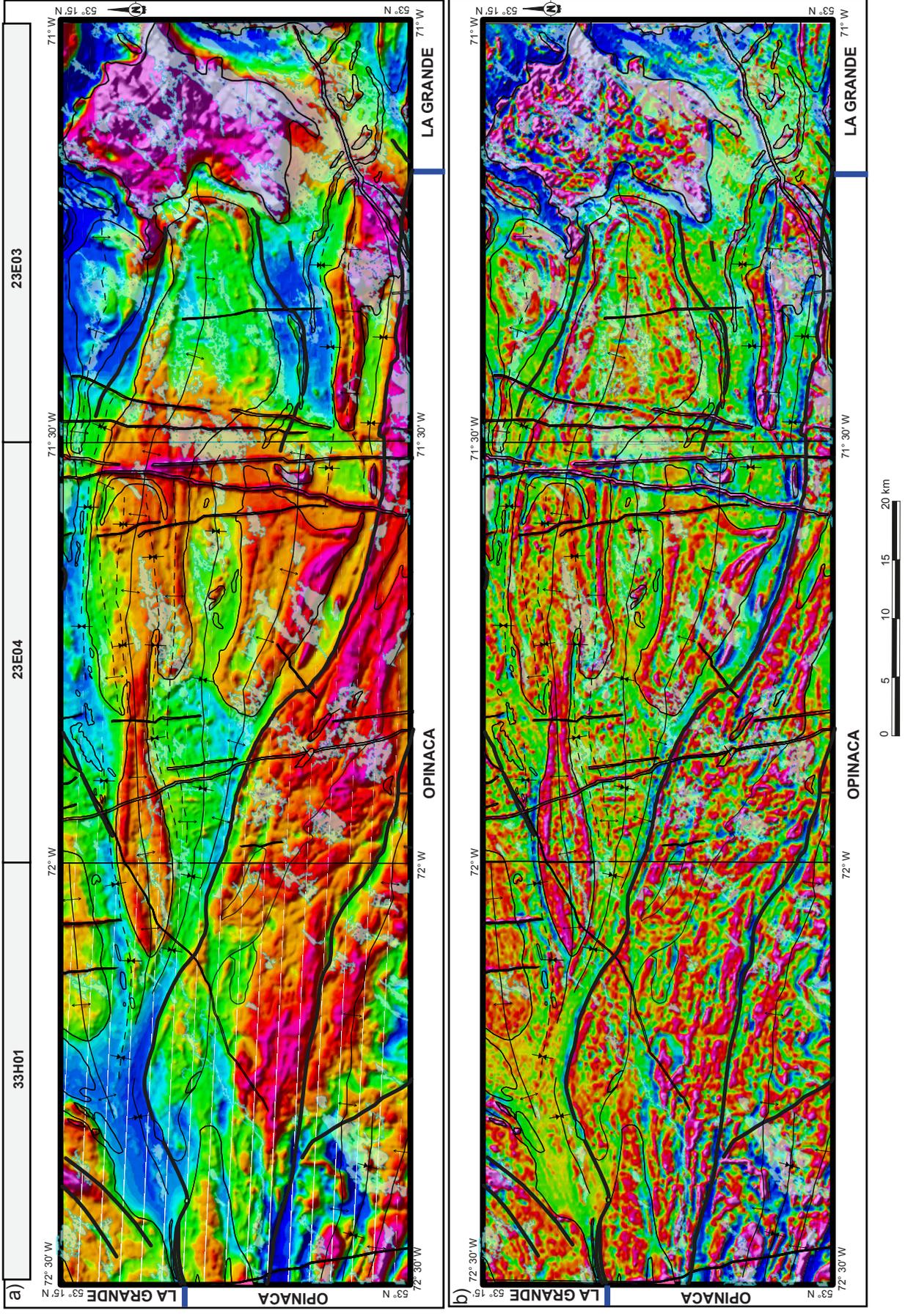


FIGURE 3 - Cartes aéro-magnétiques de la région du lac Joubert avec les principaux éléments géologiques et structuraux : a) champ magnétique total résiduel; b) gradient vertical du champ magnétique total résiduel.

parallèles au rubanement migmatitique, en amas diffus ou en dykes. En affleurement, il n'est pas toujours aisé de distinguer le mobilisat *in situ* de ces injections. Comme le proposent Morfin *et al.* (2013), le matériel felsique pourrait provenir d'un complexe granitique sous-jacent ou proximal.

L'unité nAlgi2a regroupe les roches les moins affectées par la migmatitisation (photo 6). Ces roches à structure granoblastique n'ont toutefois préservé aucune structure primaire et sont complètement recrystallisées.

Le paragneiss est à granulométrie fine avec une patine légèrement brun rouille et une cassure fraîche gris clair. Sa composition minéralogique démontre qu'il dérive d'un wacke arkosique. Les minéraux clairs sont constitués de quartz (20 à 30 %) et de plagioclase (40 à 50 %). Nous avons aussi observé une petite quantité de feldspath potassique (1 à 5 %) qui n'atteint pas les proportions (5 à 20 %) mentionnées par Trinh (2014). La biotite représente le minéral ferromagnésien principal et forme entre 10 et 35 % de la roche. En lames minces, on observe toujours 5 à 15 % d'orthopyroxène, accompagné localement de 1 à 5 % de porphyroblastes de grenat et de traces de minéraux opaques (magnétite, pyrite). Une légère séricitisation affecte le plagioclase et l'orthopyroxène est partiellement ouralitisé et serpentinisé.

Le mobilisat blanchâtre à granulométrie moyenne varie en composition de tonalitique à granitique (jusqu'à 4,7 % K₂O et 3,8 % Na₂O). Il se présente soit en rubans fins parallèles à la foliation, soit de manière envahissante, en contact diffus avec le paléosome. Ces rubans, qui confèrent une structure stromatique à la roche, sont généralement affectés par des plis serrés ou ptygmatisés. Le mobilisat contient également un peu de biotite et localement du grenat.

Les métatexites de l'unité nAlgi3a constituent la lithologie la plus répandue dans le Complexe de Laguiche dans le secteur d'étude. À part une quantité de mobilisat plus importante (10 à 50 %), ces roches présentent beaucoup de similitudes avec celles de l'unité nAlgi2a (photo 7). Cela est vrai notamment pour le paléosome formé de paragneiss fin à structure granoblastique dérivé de wacke arkosique, comme le démontre sa composition comprenant 25 à 30 % de quartz, environ 45 % de plagioclase et 10 et 15 % de biotite. Le paléosome contient également jusqu'à 15 % d'orthopyroxène, entre 2 et 3 % de porphyroblastes de grenat et localement des amphiboles (<15 %). La biotite forme généralement des schlierens, plus particulièrement au contact du mobilisat. La magnétite est présente en traces. L'altération localement très forte se manifeste par une séricitisation du plagioclase et une chloritisation de la biotite. Plus rarement, on observe une ouralisation de l'orthopyroxène associée à de la serpentine et du talc.

Le mobilisat est de composition tonalitique à granitique (jusqu'à 5,3 % K₂O et 3,6 % Na₂O). Tout comme dans l'unité nAlgi2a, il confère typiquement une structure stromatique à la roche, laquelle est soulignée par des rubans millimétriques à centimétriques parallèles transposés et plissés. Plus rarement, il envahit le paléosome et exhibe des contacts

diffus avec celle-ci. Il n'est pas exclu qu'une partie de ces rubans représentent des injections tardives, notamment dans le cas des rubans qui présentent des contacts francs avec le paragneiss.

L'unité de diatexites nAlgi4a est observée au sud du feuillet 33H01, proche du contact entre le Complexe de Laguiche et la Suite de Joubert. À l'échelle de l'affleurement, la diatexite forme des amas métriques à décimétriques à l'intérieur des métatexites de l'unité nAlgi3a. Le mobilisat, qui constitue plus de 50 % de la roche, est identique à celui décrit dans l'unité nAlgi3a, mais le rubanement est faible à absent. La fusion étant plus intense, le mobilisat se distribue de façon plus homogène et la roche présente un aspect similaire à celui des granites d'anatexie (photo 8). La composition minéralogique du paléosome est identique à celle des paragneiss de l'unité nAlgi2a et du paléosome des métatexites de l'unité nAlgi3a.

Le métamorphisme de ces roches et les processus de migmatitisation sont décrits en détail dans les travaux de Morfin *et al.* (2013) et de Morfin (2014).

Suite de Richardie (nAsri)

La Suite de Richardie a été introduite par Gigon et Goutier (2017) dans le feuillet 33H02, à l'ouest du secteur à l'étude. Cette unité se poursuit dans le feuillet 33H01, le long du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca (figure 2 et carte hors texte) où elle forme deux intrusions de forme elliptique encaissées dans les roches métasédimentaires du Complexe de Laguiche. Une datation isotopique U-Pb du Pluton de Pichi de la Suite de Richardie, défini par Gigon et Goutier (2017) dans le feuillet 33H03, a donné un âge de cristallisation de 2693 ± 5 Ma (Davis *et al.*, 2018).

La Suite de Richardie est composée de granodiorite à biotite et magnétite porphyrique à phénocristaux de feldspath potassique. Dans le secteur d'étude, la granodiorite contient localement de la hornblende. La roche est gris rosâtre en cassure fraîche avec une teinte rosâtre plus prononcée en surface altérée. La granodiorite est massive ou légèrement foliée, à grain moyen à fin localement. Les phénocristaux de feldspath potassique mesurent jusqu'à 2 cm et représentent entre 1 et 7 % de la roche (photo 9). Leur proportion diminue de l'ouest vers l'est.

La biotite (5 à 10 %) est par endroits partiellement altérée en chlorite. La magnétite (1 à 2 %) est disséminée ou forme des amas millimétriques. La hornblende est observée sporadiquement et constitue jusqu'à 3 % de la roche. Près de la limite ouest du feuillet 33H01, l'unité contient des niveaux ou des enclaves de largeur décimétrique et d'extension kilométrique de paragneiss migmatitisés du Laguiche. Ces niveaux, observés par Gigon et Goutier (2017) plus à l'ouest, ont pu être suivis dans le secteur d'étude grâce à leur signature magnétique. L'intrusion plus à l'est contient également des injections centimétriques à métriques de granite massif à biotite et grenat et des enclaves centimétriques à décimétriques de diorite et de tonalite.

Suite de Joubert (nAjbt)

Lamothe *et al.* (2000) ont introduit la Suite de Joubert lors de la cartographie du feuillet 23E. Cette suite regroupe des intrusions de tonalite et de granodiorite gneissiques contenant des enclaves dioritiques. Elle a été reconnue plus au nord par Burniaux *et al.* (à l'édition) qui l'ont divisé en deux unités informelles en fonction de la nature des gneiss : 1) l'unité nAjbt1, formée de tonalite et de granodiorite à biotite et magnétite foliées, rubanées ou gneissiques, et 2) l'unité nAjbt2, constituée de gneiss tonalitique ou dioritique à biotite et hornblende. L'unité nAjbt1 a été aussi observée dans le secteur adjacent à l'ouest par Gigon et Goutier (2017).

Dans la région du lac Joubert, nous avons assigné à cette suite plusieurs grandes intrusions de tonalite et de granodiorite de quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres d'extension en utilisant les descriptions lithologiques des travaux antérieurs et leur signature géochimique. La forme de ces intrusions lenticulaires (proportion 3 : 1 et plus) est probablement reliée à une forte compression associée à la phase de déformation D2 ou à une mise en place reliée à des zones de cisaillement. Ces intrusions n'ont pas été assignées à une sous-province en particulier. Elles sont localisées à la limite entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca et contiennent des enclaves, décimétriques à métriques, kilométriques par endroits, de roches métasédimentaires de ces deux sous-provinces.

Ces intrusions sont exposées à la faveur d'une série régulière d'antiformes allongées et de panneaux bordés de zones de cisaillement. Dans la partie nord du terrain, elles sont encaissées dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. L'intrusion la plus méridionale est en contact tectonique au nord avec les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon.

Deux datations U-Pb ont été effectuées sur les roches de l'unité nAjbt1. La première provient d'un échantillon de granodiorite prélevé dans la principale masse intrusive qui injecte les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon (figure 2). La seconde a été réalisée à partir d'une tonalite prélevée dans l'intrusion séparant les métasédiments de la Formation de la Rivière Salomon du Complexe de Laguiche. Les analyses ont fourni des âges de cristallisation à peu près semblables de 2681,7 ± 5,6 Ma et de 2679,4 ± 9,9 Ma respectivement (Jean David, communication personnelle, 2016).

L'unité nAjbt1 constitue la quasi-totalité de la Suite de Joubert dans le secteur d'étude. Seuls quelques affleurements épars exposent des gneiss qui peuvent être assignés à l'unité nAjbt2.

L'unité nAjbt1 est composée de tonalite (dominante) et de granodiorite à biotite. Ces roches leucocrates sont à grain moyen à fin et granoblastiques. Elles sont grises, gris un peu plus foncé en cassure fraîche, et présentent couramment une légère teinte rosâtre dans le faciès granodioritique ou lorsqu'elles sont affectées par une hématitisation tardive.

L'intensité de la déformation est variable. La foliation est généralement bien marquée et l'on note localement un aspect rubané ou gneissique (photo 10), notamment en bordure des plutons. Toutefois, à certains endroits, la foliation est faible et les roches présentent un aspect massif. À l'opposé, à proximité des zones de cisaillement, la structure devient protomylonitique. La tonalite et la granodiorite contiennent entre 3 et 5 % de biotite, de la magnétite (traces à 1 %) et, plus rarement, de la hornblende (jusqu'à 2 %). En lames minces, on note des traces d'épidote, de muscovite, d'apatite et de sphène. La chlorite et la séricite altèrent partiellement la biotite et le plagioclase. De l'orthopyroxène a été observé dans deux échantillons de tonalite. Lamothe *et al.* (2000) mentionnent également la présence d'orthopyroxène dans la tonalite à de rares endroits.

L'unité est couramment coupée par des amas irréguliers et des dykes métriques de granite folié ou massif. Certaines intrusions pegmatitiques pourraient appartenir à la Pegmatite de Tilly. La Suite de Joubert contient aussi des enclaves d'amphibolite, de diorite, ainsi que de roches ultramafiques de dimensions variant de centimétriques à décimétriques, rarement métriques.

Les gneiss de l'unité nAjbt2 sont rubanés et localement plissés. Le rubanement est souligné par l'alternance de rubans centimétriques à décimétriques de composition tonalitique et dioritique. Les rubans tonalitiques contiennent de la biotite, tandis que les diorites comprennent de la biotite et de la hornblende. Ces gneiss ne sont toutefois pas cartographiables à l'échelle de travail.

Suite de Dutreuil (nAdut)

La Suite de Dutreuil a été introduite par Lamothe *et al.* (2000) pour décrire des filons-couches ultramafiques et mafiques tardifs exposés dans la partie ouest du feuillet 23E. Ils ont subdivisé cette unité en deux unités informelles : 1) l'unité nAdut1, formée de métapéridotite, et 2) l'unité nAdut2, composée de métagabbro. Dans la région du lac Dalmas, Burniaux *et al.* (à l'édition) ont assigné toutes les intrusions ultramafiques à l'unité nAdut1 qui regroupe des métapéridotites et des métapyroxénites.

Dans son étude sur les intrusions ultramafiques de la région du lac Richardie, Grzela (2014) a démontré l'existence de deux types principaux d'intrusions en se basant sur leurs compositions chimiques : 1) le type 1 qui se distingue par des spectres d'éléments de terres rares plats et des teneurs élevées en Cr₂O₃, et 2) le type 2 caractérisé par un enrichissement en terres rares légères. Le type 2 peut à son tour être divisé en deux sous-types, 2.1 et 2.2, respectivement enrichi et appauvri en K₂O. Gigon et Goutier (2017) ont introduit la Suite de Lablois (décrite plus loin) pour désigner les intrusions qui correspondent au sous-type 2.1 de Grzela (2014).

Nous proposons ici de rassembler dans la Suite de Dutreuil les intrusions ultramafiques classées dans le type 1 de Grzela (2014). L'unité nAdut1 regroupe une série d'intru-

sions hectométriques à kilométriques (<2 km) situées dans le NE du feuillet 33H01. Elles sont composées de métapéri-dotites et de métapyroxénites altérées en trémolite et en serpentine. Ces roches sont massives à très légèrement foliées par endroits. Les métapéri-dotites (photo 11) contiennent des cristaux millimétriques d'olivine partiellement altérée en serpentine qui baignent dans une matrice fine riche en trémolite associée au clinopyroxène et à l'olivine. On note aussi la présence de carbonates et de grains de magnétite disséminés.

Les métapyroxénites sont à grain fin et équi-granulaires (photo 12). Elles sont constituées de clinopyroxène, d'orthopyroxène et de trémolite ainsi que d'une faible quantité d'olivine (moins de 2 %). L'altération en trémolite est localement importante avec un remplacement presque total des pyroxènes. La magnétite interstitielle représente entre 5 et 7 % de la roche.

Suite de Lablois (nAslb)

La Suite de Lablois (nAslb) a été introduite par Goutier *et al.* (en préparation) à la suite de leur campagne de cartographie dans la région du lac de la Corvette. Ils ont assigné à cette unité une série d'intrusions ultramafiques partageant plusieurs caractéristiques lithologiques et géochimiques. Les roches de la Suite de Lablois sont décrites comme des métawebstérites à olivine et à phlogopite commune qui montrent un enrichissement en terres rares légères. Ces intrusions correspondent au sous-type 2.1 défini par Grzela (2014) dans son étude des roches ultramafiques de la région du lac Richardie.

Une datation isotopique U-Pb d'une injection de pegmatite mafique coupant l'Intrusion ultramafique de Giard, qui fait partie de la Suite de Lablois, a été effectuée dans le feuillet 33B13. Cette analyse a donné un âge de 2619,6 ± 1,9/-1,4 Ma (David *et al.*, 2011) qui représente l'âge minimal pour la mise en place de cette suite.

Nous avons divisé la Suite de Lablois en deux unités informelles en fonction de l'abondance de mica dans la roche : l'unité nAslb1 regroupe les intrusions riches en phlogopite et en biotite, tandis que l'unité nAslb2 est formée d'intrusions dépourvues ou très pauvres en micas. Ces caractéristiques se reflètent clairement dans les teneurs en K₂O de ces roches (voir la section Géochimie).

Deux intrusions kilométriques (1,8 et 3 km) appartenant à l'unité nAslb1 ont été identifiées au centre du feuillet 23E04 où elles s'injectent dans les paragneiss de la Formation de la Rivière Salomon.

Les intrusions ultramafiques de l'unité nAslb2, plus répandues, sont observées tant au sein des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon (Sous-province de La Grande) que celles du Complexe de Laguiche (Sous-province d'Opinaca). De forme irrégulière, subarrondie ou allongée, leur dimension est comprise entre 500 m et 4 km. Le contenu en magnétite est variable et ces

intrusions ne montrent pas toujours une forte susceptibilité magnétique.

Les roches des unités nAslb1 et nAslb2 présentent les mêmes caractéristiques minéralogiques et structurales, à l'exception du contenu en mica plus important dans la première. La roche est massive à faiblement foliée, vert brunâtre à brune en surface altérée, verdâtre en cassure fraîche. Elle présente une granulométrie variant de fine à grossière, avec localement des structures de cumulat. En affleurement, elle présente des saillies régulières et des trous résultant de l'altération et de l'érosion préférentielle des cristaux d'orthopyroxène et d'olivine (photo 13).

Ces lithologies se composent principalement d'orthopyroxène et de trémolite associés à des quantités plus faibles d'olivine et de clinopyroxène. Les roches de l'unité nAslb1 contiennent jusqu'à 20 % de micas (biotite et phlogopite). L'orthopyroxène se présente sous la forme de cristaux atteignant 1 cm de long baignant dans une matrice riche en trémolite. La magnétite (1 % à 3 %) et le spinelle (traces à 5 % localement) forment de petits grains disséminés. L'anthophyllite-cummingtonite est présente lorsque la phlogopite est abondante. La serpentine et le talc sont aussi observés par endroits en bordure des cristaux d'orthopyroxène.

Suite d'Ango (nAang, nouvelle unité)

La Suite d'Ango est introduite dans ce rapport pour décrire des intrusions de granite mégaporphyrique à phénocristaux de feldspath potassique associées à de fortes anomalies aéromagnétiques positives. Ces intrusions sont similaires aux intrusions de la Suite de Lataignant définie par Lamothe *et al.* (2000) dont l'âge est cependant plus ancien (voir section suivante). La Suite d'Ango réunit deux grandes intrusions kilométriques de composition et d'âge similaires : le Pluton de Nichicun, décrit ci-dessous, et le Pluton d'Artigny, cartographié à l'été 2016 par Talla Takam *et al.* (en préparation).

Pluton de Nichicun (nAnic, nouvelle unité)

Située au NE du feuillet 23E03, cette grande intrusion de forme irrégulière coupe les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Lamothe *et al.* (2000) avaient assigné cette intrusion à la Suite de Lataignant dont l'âge se situe entre 2638 et 2642 (David et Parent, 1997; Parent, 1998). Une récente datation du Pluton de Nichicun indique un âge de cristallisation de 2592,0 ± 5,2 Ma (Jean David, communication personnelle, 2016), bien plus jeune que celui des intrusions de la Suite de Lataignant. Cet âge est comparable à celui obtenu pour le Pluton d'Artigny (2589 ± 4 Ma; Jean David, communication personnelle, 2016). Le Pluton de Nichicun affleure au NW du lac Nichicun et s'étend sur 12 km selon une direction E-W et 18 km en direction N-S. Deux petites intrusions dans le même secteur présentant les mêmes caractéristiques que l'intrusion principale ont été assignées à ce pluton.

Le Pluton de Nichicun est constitué de granite mégaporphyrique à phénocristaux de feldspath potassique. Les phénocristaux de 1 à 7 cm de longueur sont généralement idiomorphes et forment jusqu'à 25 % de la roche (photo 14). Le granite est massif, non folié et homogène. Sa couleur est rosâtre en surface altérée et en cassure fraîche. Localement, on note un alignement des phénocristaux qui définit une foliation magmatique. La roche contient toujours de la biotite (3 à 15 %), de la hornblende (1 à 10 %, localement jusqu'à 15 %) et de la magnétite (2 à 4 %). On y observe localement du grenat en grains submillimétriques isolés (1 à 2 %) et du sphène en traces.

L'unité contient une multitude d'enclaves centimétriques à métriques de paragneiss, de métatexite et de diatexite provenant de la Formation de la Rivière Salomon. Plus rarement, on note la présence d'enclaves décimétriques de granodiorite foliée.

Suite de Viau (nAvia)

La Suite de Viau a été introduite par Leclair *et al.* (1998) dans la région du lac Bermen pour désigner deux intrusions post-tectoniques de syénogranite à biotite, fluorine et magnétite. Plus tard, d'autres intrusions ont été assignées à la Suite de Viau dans les régions de Nitchequon (Lamothe *et al.*, 2000), du lac Hurault (Thériault et Chevé, 2001) et du réservoir de Caniapiscou (Simard *et al.*, 2009). La Suite de Viau regroupe plusieurs intrusions de granite dans la partie SW de la Sous-province d'Ashuanipi (Simard *et al.*, 2015) dont quelques-unes se signalent par de fortes anomalies aéromagnétiques positives. Nos travaux démontrent que certaines de ces intrusions coupent également les roches de la Sous-province de La Grande (figure 2 et carte hors texte). L'âge de cristallisation de la Suite de Viau a été déterminé à partir de deux échantillons provenant d'un syénogranite à fluorine au NE du lac Viau (2571 ± 2 Ma; David et Parent, 1997) et d'un granite à fluorine de la région du lac Taffanel (2572 ± 1 Ma; Parent, 1998).

La Suite de Viau a été divisée en deux unités informelles : nAvia2 et nAvia3. L'unité nAvia1 n'a jamais été définie; Simard *et al.* (2015) ont conservé cette nomenclature afin de faciliter les comparaisons entre leur carte synthèse et les cartes des différents rapports publiés antérieurement.

L'unité nAvia2 est composée de syénogranite et de monzogranite à biotite-titanite-magnétite ± hornblende rosâtres et à grain grossier. Localement, les roches en bordure des intrusions possèdent une structure pegmatitique, porphyrique ou mégaporphyrique. L'unité nAvia3 occupe le cœur des plutons. Elle est constituée de granite alcalin rougeâtre à biotite-fluorine-magnétite homogène et massif.

Seuls deux affleurements de cette suite ont été visités et décrits dans les limites du secteur d'étude (carte hors texte). Nos observations permettent de rattacher ces roches à l'unité nAvia2. Les affleurements en question exposent un granite leucocrate, porphyroïde à pegmatitique, homogène et non folié. La roche montre une patine rosâtre et une

couleur blanche en surface fraîche. Elle contient environ 2 % de hornblende, de 1 à 2 % de biotite et près de 2 % de magnétite.

Le nombre très restreint d'affleurements visités ne permet pas de fournir une description plus élaborée de cette unité. Pour plus d'informations, le lecteur pourra se référer aux descriptions présentées dans les rapports cités précédemment.

Essaim de dykes de Mistassini (nAmib)

L'Essaim de dykes de Mistassini (nAmib) a été défini et étudié en détail par Fahrig *et al.* (1986). Les dykes qui constituent cet essaim se distribuent selon un éventail NW à NNW qui converge vers un point situé à 150 km au SE du lac Mistassini. Deux datations isotopiques U-Pb donnent des âges de mise en place de 2515 ± 3 Ma (Hamilton, 2009) et 2503 ± 2 Ma (Davis *et al.*, 2018). Macroscopiquement, ces dykes sont difficiles à distinguer des dykes du Lac Esprit décrits plus loin. L'orientation de ces deux familles est sensiblement identique, de même que leurs signatures magnétiques. Nous nous sommes donc basés sur les caractéristiques géochimiques pour les différencier (voir la section « Géochimie »).

Ces dykes sont verticaux à subverticaux avec des épaisseurs difficiles à évaluer en raison de leur faible exposition. Toutefois, la signature magnétique de ces intrusions semble indiquer qu'elles ne dépasseraient pas 150 m d'épaisseur.

L'Essaim de dykes de Mistassini est divisé en trois unités informelles (MERN, 2017a). L'étiquette nAmib désignant les dykes non différenciés est utilisée pour identifier cette unité dans les cartes plus anciennes. L'unité dominante, nAmib1, est formée de diabase à grain moyen. La sous-unité nAmib1a regroupe les dykes porphyriques à phénocristaux de plagioclase. L'unité nAmib2 réunit les dykes de diabase présentant des teneurs en MgO relativement élevées (>5 %) et dont la somme de TiO₂ + K₂O + P₂O₅ est inférieure à 3,5 %. Ces intrusions sont plus abondantes près du lac Mistassini (Farhig *et al.*, 1986) avec une distribution et une extension plus restreintes que les dykes de l'unité nAmib1.

Les dykes de gabbro norite de l'unité nAmib1 sont homogènes, massifs et à grain moyen (photo 15). La granulométrie s'amenuise près du contact sur une épaisseur d'un à deux mètres. La roche est vert foncé en cassure fraîche et brunâtre en surface altérée. Elle est composée de plagioclase en baguettes millimétriques et localement en phénocristaux pouvant atteindre 1 cm, d'orthopyroxène, de clinopyroxène, de magnétite et de sphène. Le plagioclase est partiellement altéré en séricite. L'orthopyroxène et le clinopyroxène, localement ouralitisés, se présentent en microphénocristaux qui baignent dans une matrice fine complètement altérée en saussurite et en amphibole (actinote-trémolite). La magnétite est idiomorphe à hypidiomorphe.

Les dykes de l'unité nAmib2 sont plus rares. Un seul affleurement de cette unité a été observé dans le secteur d'étude. La roche est semblable à celle de l'unité nAmib1.

Les observations en lames minces indiquent une composition noritique. La roche contient entre 5 et 7 % de clinopyroxène, 2 à 3 % d'olivine, de la magnétite (2-3 %) et du sphène en traces.

Archéen

Unités lithologiques

Quelques intrusions de diverses compositions et généralement de petites dimensions ont été cartographiées dans la région, mais n'ont pas été assignées à des unités lithologiques particulières en raison du manque d'information.

Unité I2J

L'unité lithologique I2J regroupe deux intrusions lenticulaires de 2 à 3 km de long qui font intrusion dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon dans la partie sud des feuillets 23E03 et 23E04 (figure 2 et carte hors texte). Ces intrusions ont été définies à partir d'un nombre très restreint d'affleurements et leurs contours sont en grande partie interprétés des cartes aéromagnétiques.

L'unité I2J est constituée de diorite à grain fin à moyen fortement foliée présentant un aspect moucheté blanc et vert. La roche se compose de plagioclase, de hornblende, de biotite et d'un peu de magnétite. Un affleurement montre des portions fortement épidotisées. L'unité est coupée par des dykes centimétriques de granite massif.

Unité I3A[ME]

Cette unité comprend quelques filons-couches et des corps lenticulaires de métagabbro qui ont été reconnus notamment au SE du terrain. Ces intrusions se signalent par de fortes anomalies magnétiques positives orientées parallèlement au grain tectonique qui ont permis de les tracer sur la carte. La plupart d'entre elles ont été identifiées au sein des paragneiss de la Formation de la Rivière Salomon. Le métagabbro à grain moyen est folié à rubané, localement plissé. Il montre un aspect moucheté conféré par les minéraux ferromagnésiens verdâtres et le plagioclase blanchâtre. Localement, la roche montre un rubanement discret et des amas diffus blanchâtres de composition quartzofeldspathique s'apparentant à du mobilisat.

La roche est composée principalement de plagioclase, d'amphibole, de clinopyroxène et de magnétite (2 à 3 %). La biotite et le grenat, en quantités accessoires, ont été observés localement.

Unité M16a

L'unité lithologique M16a regroupe des bandes d'amphibolite formant des lambeaux au sein des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Solomon.

La bande la plus importante et la mieux décrite est située à la limite des feuillets 23E03 et 23E04. Cette bande orientée NW-SE et d'une épaisseur d'environ 700 m s'étend sur plus de 4 km. Elle contient localement des niveaux métriques de paragneiss dérivé de wacke arkosique.

L'amphibolite à granulométrie fine à très fine est vert foncé en surface fraîche et vert plus clair en surface altérée. La roche très foliée à mylonitique présente une microstructure granomatoblastique. Le rubanement, lorsque présent, est généralement discret et peu perceptible. Sur quelques affleurements de la bande principale (feuillelet 23E03), la structure coussinée est préservée (photo 16), ce qui confirme la nature extrusive de l'amphibolite. Les coussins sont très déformés et allongés selon une direction NW-SE.

La géochimie indique que ces amphibolites sont de composition basaltique (voir la section « Géochimie »). En lames minces, la roche est composée principalement de plagioclase séricitisé et de hornblende. On y observe de la biotite partiellement chloritisée et des traces d'épidote, de quartz et d'actinote-trémolite. Un affleurement de metabasalte coussiné coupé par une zone de cisaillement présente une minéralisation de sulfures disséminés et en veinules avec des teneurs anormales en Zn (numéros uniques 1998019934 et 1998021993).

Paléoprotérozoïque

Dykes de Senneterre (pPsen)

Les Dykes de Senneterre se distinguent par leur orientation NE-SW, alors la direction des dykes de Mistassini et du Lac Esprit varie de NNW à NNE.

Deux datations effectuées sur ces dykes ont donné des âges de cristallisation de 2216 +8/-4 Ma (Buchan *et al.*, 1996) et de 2221 ±4 Ma (Davis *et al.*, 2018). Cette dernière provient du feuillelet 33H12, à une centaine de kilomètres au NW du secteur d'étude.

Nous avons identifié quatre dykes appartenant à cette famille. Les deux plus importants traversent le secteur sur des dizaines de kilomètres et ont été observés sur quelques rares affleurements. Le dyke le plus étendu a été suivi sur près de 33 km depuis l'est du feuillelet 33H01 jusqu'au coin NW du feuillelet 23E04. Il se prolonge sur 20 km dans le feuillelet 23E05. Un deuxième s'étend sur 21 km au SW du feuillelet 23E03. Il se poursuit sur 29 km vers NE dans le feuillelet 23E04 et est reconnu sur près de 600 km vers le SW, de façon quasi continue, jusqu'à la région du lac Grasset (feuillelet 32E16). Deux autres dykes d'une longueur maximale de 5 km ont été interprétés à partir de leur signature magnétique. L'épaisseur maximale des Dykes de Senneterre serait d'environ 120 m (MERN, 2017b).

Ces dykes de diabase sont formés de gabbronorite et de gabbro. La roche est massive, vert foncé en cassure fraîche avec une patine gris brunâtre. Aphanitique à fine en bordures, la taille des grains augmente vers le centre des

dykes où la roche montre une granulométrie moyenne à grossière. Elle est composée de plagioclase vert translucide, d'orthopyroxène, d'amphibole, de magnétite et d'un peu de clinopyroxène, d'olivine et de pyrite.

Dykes du Lac Esprit (pPesp)

Les Dykes du Lac Esprit sont caractérisés par une orientation N-S à NNW-SSE. Les plus importants traversent complètement le secteur d'étude et coupent toutes les unités archéennes (figure 2 et carte hors texte). La plupart d'entre eux se prolongent vers le nord où ils ont été reconnus par Burniaux *et al.* (à l'édition). Ils se distinguent des dykes de l'Essaim de dykes de Mistassini par leur composition géochimique (voir la section « Géochimie »), leur signature paléomagnétique (Buchan *et al.*, 2007) et leur âge paléoprotérozoïque (2069 ± 1 Ma, Hamilton *et al.*, 2001; environ 2090 Ma, Michael Hamilton, communication personnelle, 2016).

Ces dykes sont verticaux à très abrupts. Ils affleurent généralement peu. L'un des dykes principaux, situé près de la limite est du feuillet 23E04, a été observé sur deux affleurements distants de 170 m, ce qui permet d'estimer son épaisseur. Les travaux antérieurs (Buchan *et al.*, 2007, Hammouche *et al.*, 2015; Gigon et Goutier, 2017; Burniaux *et al.*, à l'édition) mentionnent une épaisseur moyenne de 35 m et une épaisseur maximale de 100 m.

La roche est vert foncé en cassure fraîche et brunâtre en surface altérée. Elle est massive à microporphyrrique, homogène et à grain moyen. Les bordures des dykes sont aphanitiques et contiennent des phénocristaux idiomorphes de plagioclase millimétriques (2 à 3 mm). Un affleurement (2015-AR-4006) permet d'observer un dyke à grain fin d'épaisseur décimétrique coupant une intrusion à grain moyen (photo 17). Le contact net et la présence d'une bordure de trempe semblent indiquer que le dyke de seconde génération s'est mis en place après la solidification et la fracturation du dyke précoce.

Les Dykes du Lac Esprit sont de composition gabbro-noritique. La roche est composée de plagioclase fortement saussuritisé, d'augite, d'orthopyroxène et de magnétite (entre 3 et 10 %). Les dykes à grain moyen présentent une microstructure subophitique où le plagioclase et les pyroxènes forment un enchevêtrement de gros cristaux. Dans les dykes aphanitiques, les microlites de plagioclase enchevêtrés donnent à la roche une microstructure intergranulaire. Le plagioclase se présente également en phénocristaux millimétriques. Des traces d'olivine, de hornblende, de biotite et de pyrite sont reconnues par endroits. L'altération se manifeste par la présence de saussurite, d'épidote, de chlorite et, localement, d'un assemblage de trémolite et de talc-serpentine.

GÉOCHIMIE

Près de 240 échantillons de roches ont été analysés pour les éléments majeurs, les éléments en traces et les terres rares. Les analyses ont été effectuées au laboratoire ACTLABS d'Ancaster (Ontario) par les méthodes ICP-MS, ICP-AES ou par activation neutronique. Tous les échantillons ont été analysés pour les éléments suivants : Ag, Ba, Be, Bi, Co, Cs, Ga, Ge, Hf, In, Pb, Sn, Ta, Th, TL, V, V, U, W (ICP-MS ou ICP-AES); As, Au, Br, Cr, Fe, Ir, Na, Sb, Sc, Se (INAA); Cd, Cu, Mo, Ni, S, Zn (ICP-AES). Les roches ultramafiques ont également été dosées pour les éléments Au, Pt et Pd par la méthode pyroanalyse-ICP-MS.

Nous présentons dans cette section les résultats touchant les unités les plus importantes : les intrusions felsiques (figure 4), les roches métasédimentaires (figure 5), les roches métavolcaniques (figure 6), les roches ultramafiques (figure 7) et les diabases (figure 8). Le but de cette étude est de comparer ces différentes unités en mettant en évidence les caractéristiques géochimiques liées à la composition, l'affinité géochimique et le contexte géodynamique de mise en place.

Toutes les analyses sont disponibles sur le site internet du MERN par l'intermédiaire du « SIGÉOM à la carte » (http://siggeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_index).

Intrusions felsiques

La figure 4 présente les caractéristiques géochimiques des roches felsiques des suites de Joubert, d'Ango (Pluton de Nichicun) et de Viau, du Pluton de la Rivière Galinée et de la Pegmatite de Tilly.

La Suite de Joubert, composée de tonalite et de granodiorite, montre une affinité calco-alcaline sur le diagramme Zr en fonction de Y (figure 4a). Ces roches se classent parmi les granitoïdes magnésiens calciques (figure 4b), sont faiblement hyperalumineuses (figure 4c) et se projettent dans le champ des granitoïdes d'arcs volcaniques (figure 4d). Les spectres des terres rares sont caractérisés par un enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes (figure 4e). Cependant, ce fractionnement n'est pas uniforme, comme en témoigne la dispersion importante des rapports $(La/Yb)_N$ qui sont compris entre 11 à 174. Le rapport moyen, qui avoisine 48, est toutefois nettement supérieur à celui des autres unités felsiques. Le comportement de l'euporium est également variable. Il présente généralement une anomalie positive, avec un rapport moyen Eu/Eu^* de 1,3, mais on note quelques échantillons montrant une anomalie négative. Toutes ces variations sont spatialement aléatoires, ce qui semble indiquer que la Suite de Joubert résulte de l'imbrication de multiples intrusions de différentes compositions.

La chimie des granodiorites du Pluton de la Rivière Galinée présente beaucoup de similitudes avec celle des roches de la Suite de Joubert. Tout comme ces dernières,

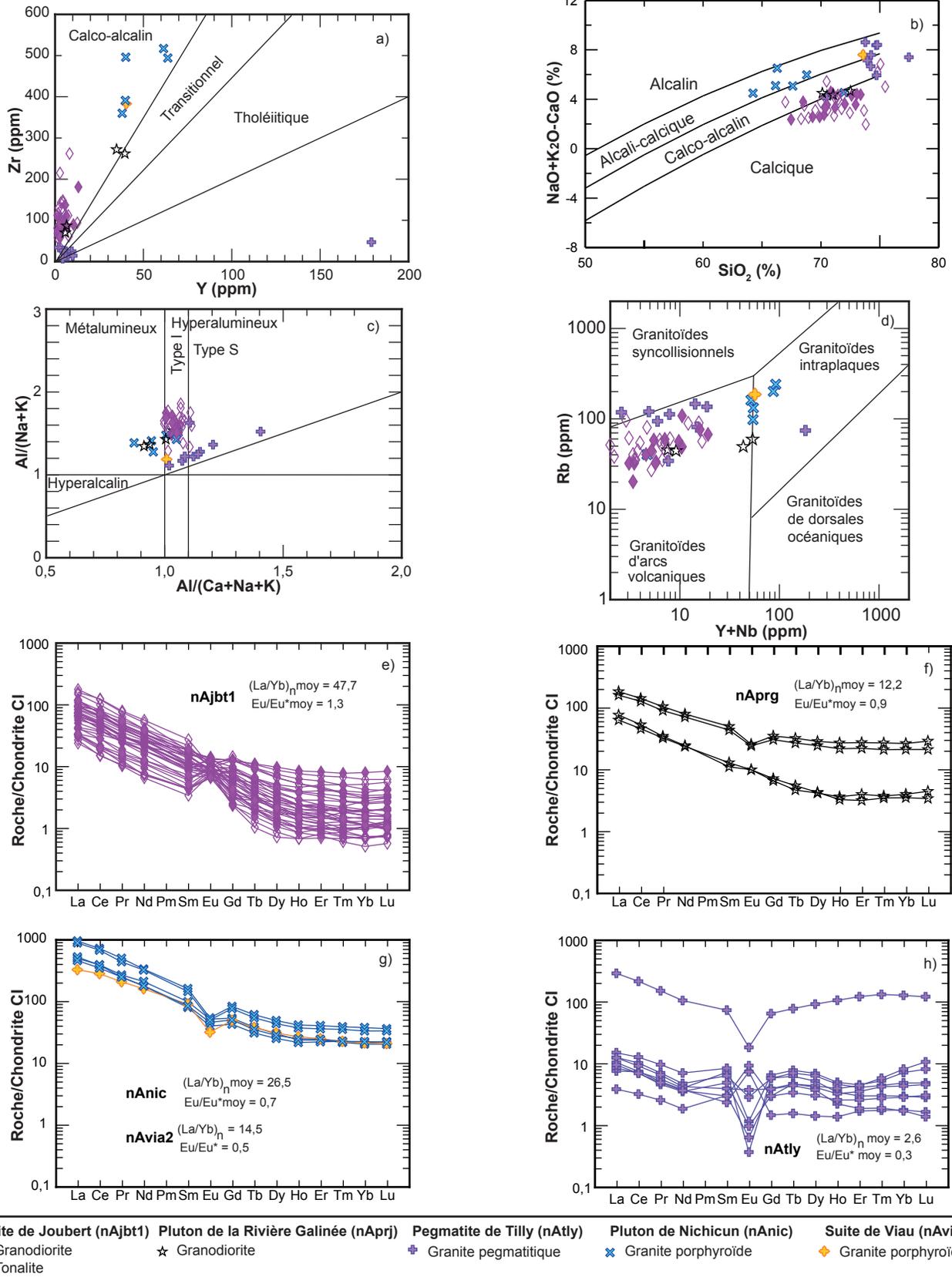


FIGURE 4 - Diagrammes géochimiques des roches intrusives felsiques de la Suite de Joubert, des plutons de la Rivière Galinée et de Nichicun, de la Pegmatite de Tilly et de la Suite de Viau : a) diagramme binaire Zr en fonction de Y de Ross et Bédard (2009); b) diagramme binaire NaO+K₂O-CaO en fonction de SiO₂ de Frost *et al.* (2001); c) diagramme de l'indice de saturation en alumine de Maniar et Piccoli (1989); d) diagramme de discrimination des contextes géodynamiques de Pearce *et al.* (1984); e, f, g et h) diagrammes des terres rares normalisées à la chondrite CI de McDonough et Sun (1995).

il s'agit de roches granitoïdes magnésiennes calciques (figure 4b) qui présentent les caractéristiques des granitoïdes d'arcs (figure 4d). Cependant, elles sont moins alumineuses (figure 4c) et montrent des spectres de terres rares moins fractionnés avec un léger enrichissement en terres rares légères (figure 4f). Le rapport $(La/Yb)_N$ moyen est de 12,2. Ces granodiorites présentent une faible anomalie négative en europium (Eu/Eu^* moyen de 0,9) qui est toutefois absente chez certains échantillons.

La signature géochimique des roches des suites d'Ango (Pluton de Nichicun) et de Viau se distingue nettement de celles des unités décrites précédemment. Ces lithologies montrent des teneurs plus élevées en Zr et Y (figure 4a), sont métalumineuses (figure 4c) et se situent dans le champ alcali-calcique du diagramme de la figure 4b. Sur le diagramme de la figure 4d, ces suites exhibent les caractéristiques des granitoïdes mis en place en contexte intraplaque (anorogénique). Les spectres de terres rares sont différenciés avec un enrichissement en terres rares légères (figure 4g) et des rapports $(La/Yb)_N$ relativement proches. Les anomalies en europium sont également de même amplitude. Comparées aux autres unités, les suites d'Ango et de Viau sont aussi plus riches en terres rares (figure 4g). Pour le lanthane, le rapport roche/chondrite CI de ces unités varie entre 250 et 1000, alors qu'il ne dépasse pas 200 dans les roches de la Suite de Joubert et du Pluton de la Rivière Galinée. Ces fortes similitudes géochimiques semblent indiquer que les suites d'Ango et de Viau sont cogénétiques.

À une exception près, les quelques échantillons provenant de la Pegmatite de Tilly montrent des compositions géochimiques relativement homogènes. Ces roches calco-alcalines à alcali-calcique (figure 4b) sont très appauvries en Zr et Y (figure 4a). Elles sont siliceuses (entre 74 et 77 % SiO_2 ; figure 4b), pauvres en CaO (entre 0,4 et 0,8 % CaO) et hyperalumineuses (figure 4c). L'indice de saturation en aluminium varie principalement en fonction de la quantité de micas dans la roche, particulièrement de la muscovite. Les analyses chevauchent les champs des granitoïdes d'arcs volcaniques et des granitoïdes syncollisionnels (figure 4d). La faible quantité de terres rares (roche/chondrite CI entre 2 et 20) et les spectres presque plats (rapport $[La/Yb]_N$ moyen de 2,6) les distinguent nettement des autres unités intrusives felsiques du secteur. Les anomalies en europium sont toujours présentes, mais peuvent être positives (plus fréquent) ou négatives avec des rapports Eu/Eu^* compris entre 0,1 à 4.

Les teneurs élevées en Y et en terres rares de l'échantillon de pegmatite 15-AR-4070-A1 (figures 4a et 4h; numéro unique 2015061413) s'expliquent probablement par la présence de monazite ou d'allanite. Cet échantillon se caractérise également par des teneurs anormales en U (22 ppm) et Th (38 ppm) qui correspondent respectivement à 6 et 13 fois les teneurs moyennes des autres échantillons de pegmatite. De plus, on note des enrichissements en Pb (116 ppm), en As (61 ppm) et en Cr (58 ppm).

Roches métasédimentaires

Dans le cas de roches métasédimentaires migmatitisées, le paléosome et le mobilisat ont été échantillonnés séparément. Ce dernier est systématiquement de composition felsique, granodioritique à granitique. Les descriptions qui suivent concernent uniquement le paléosome.

Formation de la Rivière Salomon

Les diagrammes des figures 5a et 5b illustrent la composition des protolites des paragneiss à biotite de la Formation de la Rivière Salomon. Ces diagrammes démontrent que les protolites arkosiques dominent nettement par rapport aux roches sédimentaires plus riches en quartz, ce qui confirme nos observations de terrain et en lames minces. Cependant, une bonne partie des échantillons se situent dans le champ des arkoses (classe des arénites), alors les observations pétrographiques démontraient plutôt des compositions de wacke. Cela met en relief les limitations de ces diagrammes dans le cas de roches métamorphisées qui peuvent présenter une recristallisation et/ou déformation intense.

Sur le diagramme Th/Sc en fonction de Zr/Sc (figure 5c), la ligne de variation est associée à la différenciation magmatique des roches de composition mafique à felsique qui représentent la source des détritiques à l'origine des sédiments. Dans le cas présent, les protolites sédimentaires de l'unité nAs/m1 et de son équivalent plus migmatitisé, l'unité nAs/m1a, proviendraient de l'érosion de roches felsiques à intermédiaires. Les faibles variations des teneurs en Zr signalent des sédiments relativement immatures qui n'ont pas subi de recyclage important. Les sources seraient donc proximales. Le diagramme ternaire de la figure 5d montre une source tonalitique à granodiorite, ce qui vient appuyer cette hypothèse.

Les roches de l'unité nAs/m2, très riches en aluminosilicates, proviendraient quant à elles en grande partie du métamorphisme de lithologies pélitiques riches en argile (figure 5d).

En comparaison avec les environnements géodynamiques modernes, la plupart des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon proviendraient d'un contexte d'arc continental (figure 5e). Quelques rares échantillons se projettent dans le domaine de marge continentale.

Les roches métasédimentaires des unités nAs/m1 et nAs/m1a de la Formation de la Rivière Salomon possèdent des spectres de terres rares similaires montrant un léger enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes et des anomalies en europium très faibles, avec un rapport Eu/Eu^* moyen de 0,9 (figure 5f). Le rapport $[La/Yb]_N$ moyen est de 14,3.

Les roches métasédimentaires de l'unité nAs/m2 montrent des spectres légèrement fractionnés ($[La/Yb]_N$ moyen de 38) et une légère anomalie en europium (Eu/Eu^* moyen de 1,1; figure 5g).

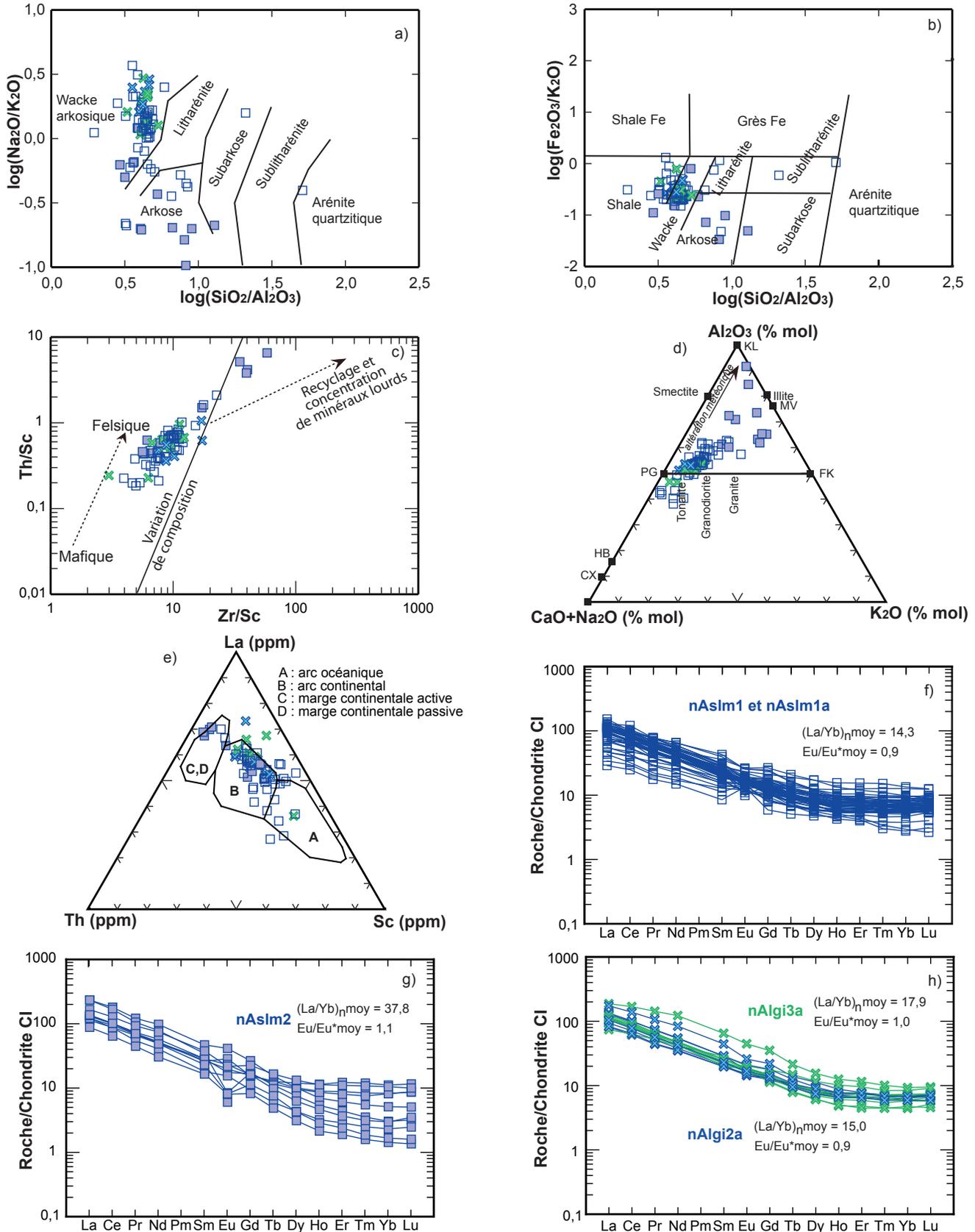


FIGURE 5 - Diagrammes géochimiques des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon et du Complexe de Laguiche : a) diagramme de classification des roches terrigènes de Heron (1988); b) diagramme de Pettijohn *et al.* (1972); c) diagramme illustrant les variations de composition des sédiments de McLennan *et al.* (1993); d) diagramme ternaire Al_2O_3 – $\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}$ – K_2O molaires de Nesbitt (2003); e) diagramme de discrimination des contextes géodynamiques de Bhatia et Crook (1986); f, g et h) diagrammes des terres rares normalisées à la chondrite CI de McDonough et Sun (1995).

Complexe de Laguiche

Le diagramme de Herron (1988; figure 5a) confirme que les paragneiss du Complexe de Laguiche sont essentiellement issus de wacke arkosique, confirmant les observations pétrographiques. Ces wackes semblent provenir de roches intrusives ou volcaniques felsiques de composition équivalente à celle de tonalites ou de granodiorites (figures 5c et 5d). La composition de la roche est relativement homogène et le recyclage des sédiments semble être assez faible (figure 5c).

Les roches métasédimentaires du Complexe de Laguiche possèdent des spectres de terres rares similaires à ceux des unités nAsl1 et nAsl1a Formation de la Rivière Salomon avec un léger enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes et des anomalies en europium nulles à très faibles, (Eu/Eu* compris entre 0,9 et 1,0; figures 5f et 5h). Le rapport (La/Yb)_N moyen varie de 15,0 à 17,9 dans les différentes unités du complexe.

Amphibolites

Ces amphibolites (unité lithologique M16a) constituent des lambeaux au sein des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon.

Les diagrammes de Winchester et Floyd (1977), de Pearce (1996) et de Ross et Bédard (2009) montrent que ces amphibolites sont principalement de composition basaltique (figures 6a et 6b) et d'affinité tholéiitique (figure 6c). Quelques échantillons sont magnésiens (10 à 12 % MgO).

D'après le diagramme de Pearce (2007), les amphibolites ont une affinité similaire aux basaltes d'arcs océaniques modernes (figure 6c). Le diagramme des terres rares normalisées à la chondrite CI (figure 6e) montrent des spectres plats typiques des basaltes tholéiitiques.

Intrusions ultramafiques

Les récents travaux touchant la géochimie des roches ultramafiques de la partie ouest de la Baie-James (Grzela, 2014; Guemache *et al.*, 2017) permettent de mieux caractériser les intrusions du secteur d'étude.

Grzela (2014) a démontré l'existence de deux grandes familles d'intrusions ultramafiques avec des profils de terres rares nettement distincts : le type 1, qui se distingue par des spectres plats et des teneurs élevées en Cr₂O₃ (chromite), et le type 2 qui est enrichi en terres rares légères. Grzela (2014) définit trois sous-types au sein du type 2 en se basant sur le contenu en K₂O (lié à la présence de phlogopite), l'enrichissement en fer dans les silicates et la concentration de certains éléments majeurs et en traces.

La Suite de Dutreuil regroupe les intrusions ultramafiques de type 1 présentant des spectres de terres rares plats ([La/Yb]_N égal à 1), tandis que les roches de la Suite de Lablois appartiennent au type 2 et sont caractérisées par un enrichissement en terres rares légères ([La/Yb]_N = 6,5; figure 6a).

La Suite de Lablois est à son tour divisée en deux unités en fonction de l'abondance des micas et du potassium. L'unité nAsl1 comprend les intrusions ultramafiques riches en K₂O, alors que l'unité nAsl2 regroupe les roches plus pauvres en cet élément (figure 6b). Les premières contiennent de la phlogopite et de la biotite (jusqu'à 15 %), tandis que les secondes en sont dépourvues.

Les diagrammes des figures 6c, 6d et 6e montrent que les roches de la Suite de Dutreuil sont plus riches en CaO (8 à 11 %) que celles de la Suite de Lablois (6 à 7,5 %) et plus pauvres en éléments en traces tels que le Zr (11 à 16 ppm versus 36 à 70 ppm) et le Nb (0,3 à 0,6 ppm versus 1 à 3,8 ppm). C'est aussi le cas pour le tantale, le thorium et l'uranium (diagrammes non présentés)

D'autre part, les analyses de la Suite de Lablois montrent que les roches de l'unité nAsl1 sont enrichies en Rb (65 à 108 ppm), en Sr (598 à 791 ppm), en Ba (195 à 659 ppm) et en Cs (10 à 16 ppm) comparativement à celles de l'unité nAsl2 (figures 5f et 5g). Ces dernières contiennent de 0,5 à 6 ppm Rb, 40 à 292 ppm Sr, 3 à 49 ppm Ba et 0,2 à 1,8 ppm Cs. Ces teneurs sont comparables à celles de la Suite de Dutreuil et indiquent que les roches de l'unité nAsl2 correspondent au type 2.2 de Grzela (2014).

Dykes de diabase

La classification des différentes familles de dykes mafiques se base sur leur orientation et leur composition géochimique. Ainsi, les Dykes de Senneterre se distinguent par une orientation NE-SW, tandis les dykes N-S à NW-SE de l'Essaim de dykes de Mistassini et du Lac Esprit sont reconnaissables par leurs compositions chimiques. L'examen des caractéristiques géochimiques des dykes de diabase s'inspire de l'étude de Bandyayera *et al.* (2014) qui touche un vaste territoire au NW de la région d'étude, dans le secteur des lacs Guyer et Nochet. De plus, le diagramme La/Yb en fonction de Zr/Y proposé par Gigon et Goutier (2017) s'avère un outil efficace pour distinguer les différentes familles de diabase.

Essaim de dykes de Mistassini

L'Essaim de dykes de Mistassini (nAmib) est composé de roches gabbroïques.

Les unités nAmib1 et nAmib2 ont été discriminées selon des critères géochimiques. L'unité nAmib2 regroupe les dykes de diabase plus riches en MgO (>5 %) avec des teneurs de TiO₂ + K₂O + P₂O₅ plus faibles (<3,5 %). Le seul échantillon provenant de cette unité, une norite à olivine, présente une teneur très élevée en MgO (15 %) et des concentrations très faibles en K₂O, en TiO₂ et en P₂O₅, nettement inférieures à celles des autres familles de dykes (figures 6a, 6b et 6c). De plus, il se caractérise par une teneur élevée en chrome (0,2 % Cr₂O₃; figure 6d) et de faibles concentrations en terres rares (figure 6i).

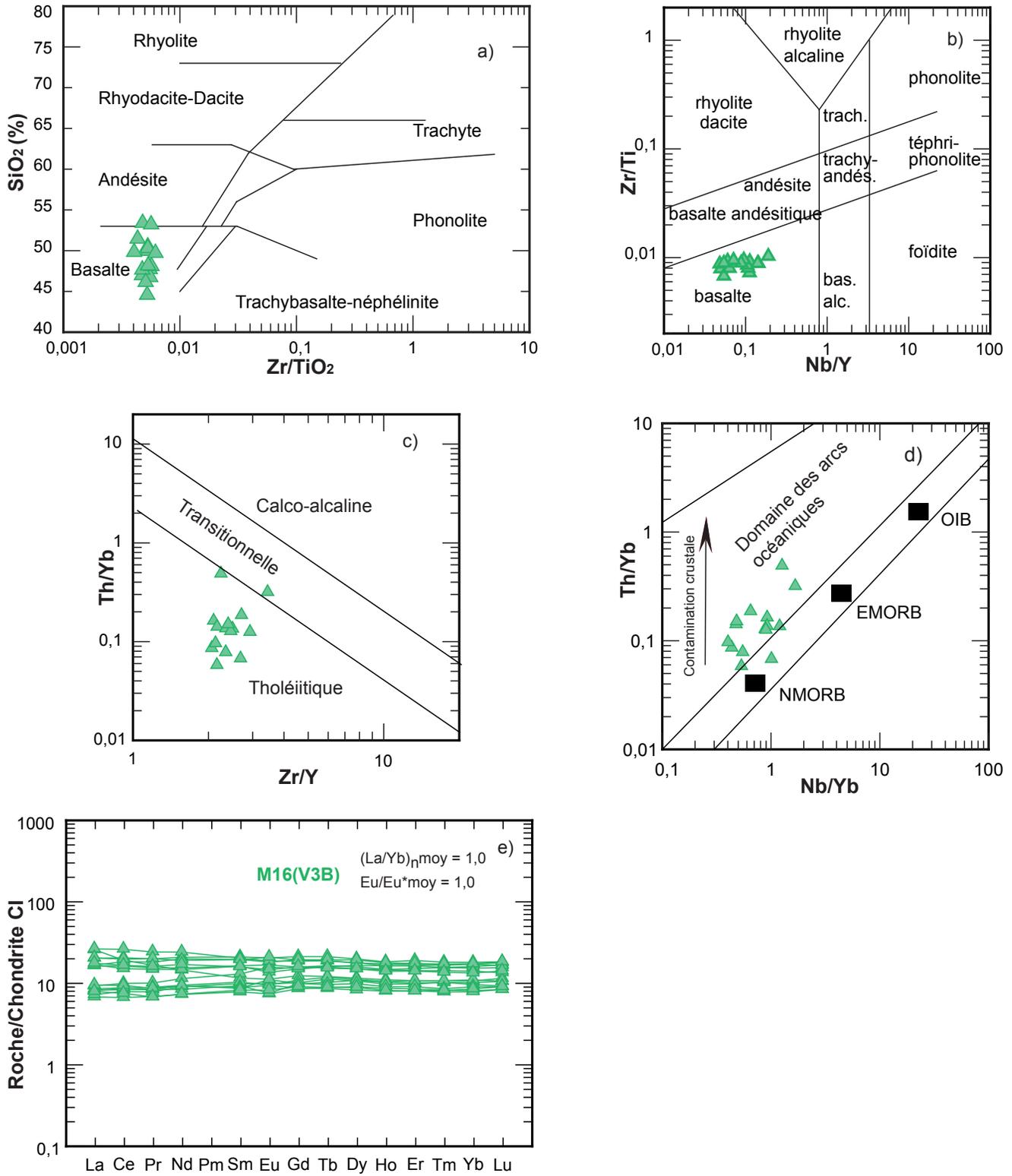


FIGURE 6 - Diagrammes géochimiques des amphibolites de l'unité lithologique M16a : a) diagramme de classification SiO_2 en fonction de Zr/TiO_2 de Winchester et Floyd (1977); b) diagramme de classification Zr/Ti en fonction de Nb/Y de Pearce (1996); c) diagramme des affinités géochimiques de Ross et Bédard (2009); d) diagramme de discrimination des contextes géodynamiques de Pearce (2007); e) diagramme des terres rares normalisées à la chondrite CI de McDonough et Sun (1995).

Inversement, l'unité nAmib1, composée de gabbro et de gabbro, se distingue par des concentrations plus faibles en MgO et Cr₂O₃ et plus élevée en TiO₂, K₂O et P₂O₅ (figures 6a à 6d), comparativement à l'unité nAmib2 et aux dykes du Lac Esprit et de Senneterre.

Sur le diagramme de Gigon et Goutier (2017), les dykes de Mistassini montrent des rapports La/Yb (entre 7 et 14) et Zr/Y (entre 5 et 7) nettement plus élevés que ceux des autres dykes (figure 6e). Cependant, sur plusieurs diagrammes d'éléments en traces (figures 6e à 6h), les dykes du Lac Esprit présentent une composition très similaire à celle des dykes de Mistassini.

Les dykes de Mistassini ont une affinité calco-alkaline (figure 6f). Sur les diagrammes des figures 6g et 6h, les analyses se projettent entre les basaltes médio-océaniques enrichis (E-MORB) et les basaltes d'îles océaniques (OIB). La contamination crustale semble plus importante dans les dykes de Mistassini que dans les Dykes du Lac Esprit et du même ordre que celle des Dykes de Senneterre. Les spectres des terres rares sont caractérisés par un fractionnement en terres rares légères avec un rapport (La/Yb)_N moyen de 8, le plus élevé parmi les trois familles de dykes. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Bandyayera *et al.* (2014) pour l'Essaim de dykes de Mistassini. L'unité nAmib1 présente une légère anomalie positive en europium (Eu/Eu* moyen de 1,2), absente dans l'unité nAmib2 et dans les deux autres familles de dykes.

Dykes du Lac Esprit

Les Dykes du Lac Esprit sont les plus communs dans la région d'étude. Ils sont formés de gabbro à affinité transitionnelle à calco-alkaline (figure 6f). La plupart des échantillons se projettent à proximité du domaine des basaltes médio-océaniques enrichis (E-MORB; figures 6g et 6h).

Ces diabases contiennent des concentrations plus faibles en terres rares que les dykes de Mistassini. De même, leurs profils montrent un enrichissement en terres rares légères moins prononcé avec un rapport La/Yb moyen de 3,5 (figure 6i). Sur le diagramme de Gigon et Goutier (2017), les analyses du Lac Esprit sont regroupées dans un champ défini par des rapports La/Yb et Zr/Y compris entre 3-7 et 2,5-5,5 respectivement (figure 6e).

Dykes de Senneterre

La composition chimique des Dykes de Senneterre présente certaines similarités avec celles des familles de dykes décrites précédemment. Les teneurs en éléments majeurs (MgO, K₂O, TiO₂, P₂O₅ et Cr₂O₃) et en terres rares sont comparables à celles des Dykes du Lac Esprit (figures 6a à 6d et 6i). Ils montrent une affinité transitionnelle à calco-alkaline (figure 6f) et se situent dans le domaine des arcs volcaniques (figures 6g et 6h) au même titre que les dykes de Mistassini. Le contenu en terres rares et le fractionnement

en terres rares légères (rapport La/Yb moyen de 5,6) sont intermédiaires entre ceux des autres familles de dykes (figure 6i).

Sur le diagramme Gigon et Goutier (2017; figure 6e), ces roches montrent des rapports La/Yb et Zr/Y qui chevauchent les enveloppes définies par les analyses des dykes de Mistassini et du Lac Esprit. Les Dykes de Senneterre montrent le plus de variations géochimiques, tant pour les éléments majeurs que pour certains éléments en traces. Ces variations seraient associées à une contamination crustale significative qui se reflète notamment par un enrichissement en Th (figures 6g et 6h).

MÉTAMORPHISME RÉGIONAL

Épisodes de métamorphisme régional

Le métamorphisme régional des secteurs adjacents a été traité par Burniaux *et al.* (à l'édition) et Gigon et Goutier (2017). Plusieurs épisodes de métamorphisme prograde archéens ont été répertoriés à l'échelle de la Baie-James à la suite des travaux de cartographie du Ministère et de diverses études thématiques (Côté-Roberge *et al.*, 2016; Rhéaume Ouellet et Guilmette, 2016).

Ces événements sont décrits dans les travaux cités. Nous en repreneons les éléments essentiels :

- Épisode M1 : cet épisode est lié à la phase de déformation qui a affecté le socle mésoarchéen et a abouti à la formation des gneiss du Complexe de Langelier et de la Suite de Brésolles. Il précède la mise en place des ceintures volcano-sédimentaires à partir de 2880 Ma. Son empreinte est perceptible plus l'ouest dans les feuillets 33F, 33G et 33H;
- Épisode M2 : cet épisode syntectonique a débuté vers 2760 Ma et a touché les séquences volcano-sédimentaires anciennes et les plutons archéens. Son influence est très mineure dans le secteur d'étude;
- Épisode M3 : cet épisode est reconnu dans l'ouest de la Sous-province de La Grande où il a marqué les roches du Groupe de Yasinski (2751 à 2725 Ma). Il précède la mise en place des Intrusions de Duncan (2716 à 2709 Ma; Goutier *et al.*, 2001a, 2001b, 2002);
- Épisode M4 : cet épisode syntectonique touche à la fois les roches des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca entre environ 2684 et 2635 Ma. Il s'agit de l'évènement métamorphique principal dans le secteur d'étude, responsable notamment du métamorphisme granulitique et de la migmatitisation des roches métasédimentaires du Complexe du Laguiche (Morfin *et al.*, 2013; Morfin, 2014);
- Épisode M5 : cet épisode compris entre environ 2630 et 2602 Ma (Goutier *et al.*, 2000 et 2002; Davis *et al.*, 2015) affecte les volcanites des groupes de Yasinski et de Guyer et de la Formation de Corvette à l'ouest du secteur d'étude.

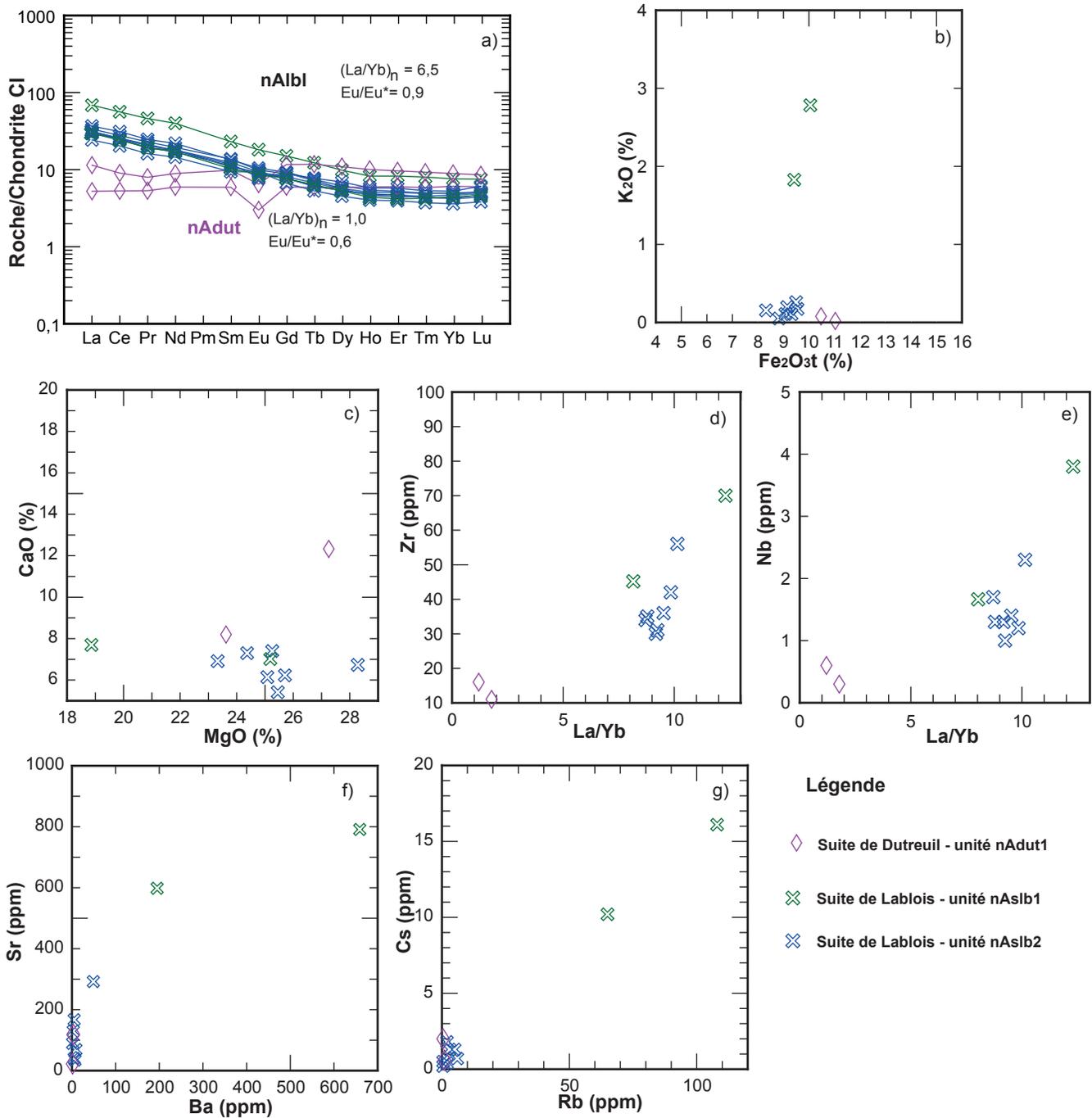


FIGURE 7 - Diagrammes géochimiques des roches ultramafiques des suites de Dutreuil et de Lablois : a) diagramme des terres rares normalisées à la chondrite CI de McDonough et Sun (1995); b) diagramme binaire K_2O en fonction de $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t}$; c) diagramme binaire CaO en fonction de MgO ; d) diagramme binaire Zr en fonction de La/Yb ; e) diagramme binaire Nb en fonction de La/Yb ; f) diagramme binaire Sr en fonction de Ba ; g) diagramme binaire Cs en fonction de Rb .

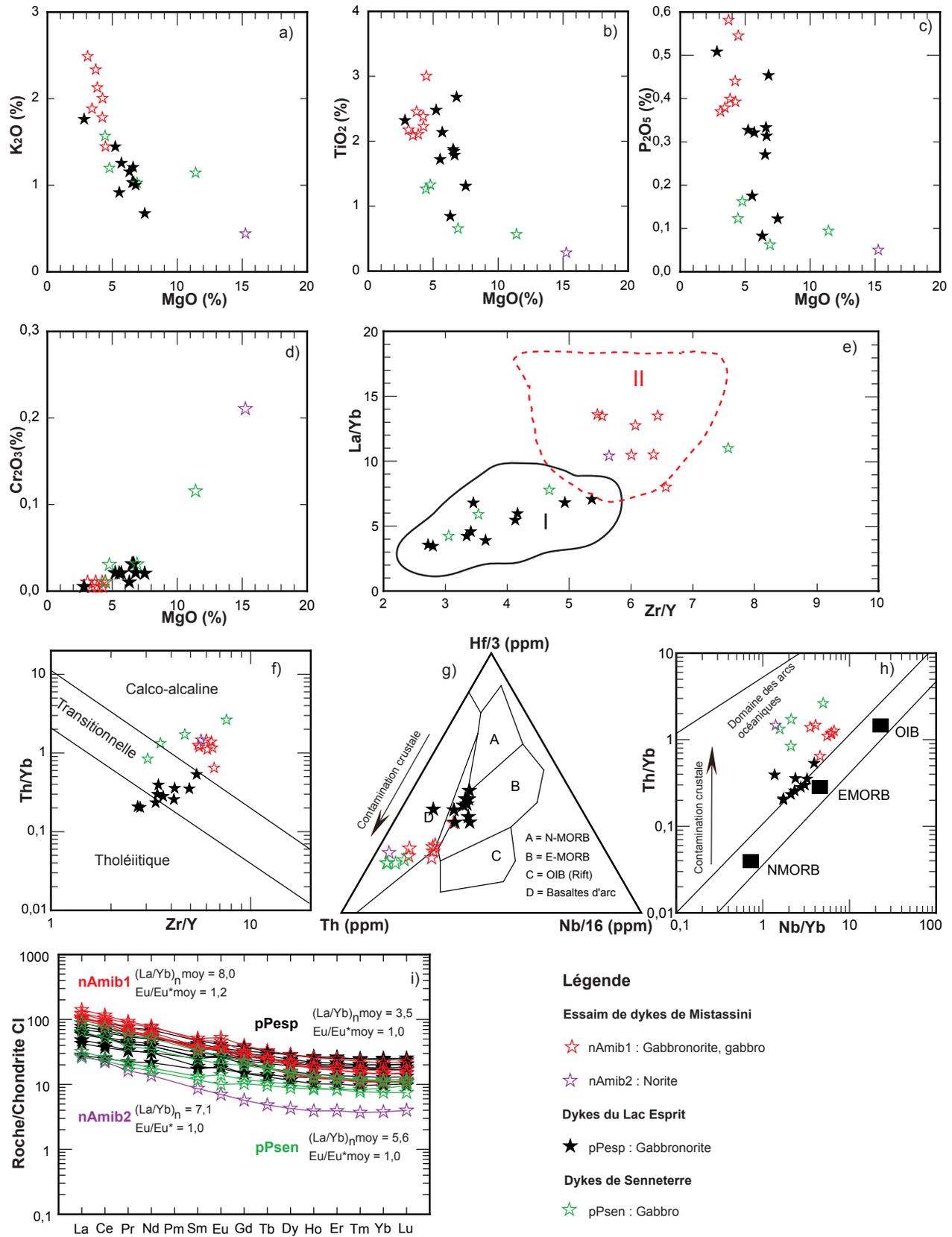


FIGURE 8 - Diagrammes géochimiques des dykes mafiques : a) diagramme binaire K_2O en fonction de MgO ; b) diagramme binaire TiO_2 en fonction de MgO ; c) diagramme binaire P_2O_5 en fonction de MgO ; d) diagramme binaire Cr_2O_3 en fonction de MgO ; e) diagramme La/Yb en fonction de Zr/Y ; f) diagramme des affinités géochimiques de Ross et Bédard (2009); g) diagramme ternaire $Th-Nb-16-Hf/3$ des contextes géodynamiques de Wood (1980); h) diagramme de discrimination des contextes géodynamiques de Pearce (2007); i) diagramme des terres rares normalisées à la chondrite CI de McDonough et Sun (1995).

Goutier *et al.* (2001a, 2001b, 2002) décrivent aussi un épisode de métamorphisme statique à l'ouest de la Sous-province de La Grande associé probablement à la mise en place des intrusions tarditectoniques de la Suite granitique du Vieux Comptoir. Cet événement, daté à environ 2605 à 2602 Ma, correspond probablement à une partie de l'épisode M5.

Des assemblages rétrogrades équivalents au faciès des schistes verts sont reconnus dans une grande partie des roches archéennes, mais aussi dans les dykes de diabase néoarchéens et paléoprotérozoïques. Ce phénomène se manifeste par le remplacement partiel de la biotite par la chlorite, du plagioclase par la séricite, de la hornblende par l'épidote et la chlorite et de l'olivine par la serpentine. Son origine est probablement liée à l'exhumation de la croûte (Goutier *et al.*, 2002) ou à une altération paléoprotérozoïque

Domaines métamorphiques progrades et paragenèses

La figure 9 illustre la répartition des minéraux indicateurs du métamorphisme dans la région étudiée. Là où elle présente, la migmatitisation des roches indique que les conditions métamorphiques atteintes correspondent ou dépassent celles du faciès supérieur des amphibolites.

Le terrain se divise en deux grands domaines métamorphiques : le domaine I, caractérisé par des roches métamorphosées au faciès des granulites, et le domaine II dominé par le métamorphisme au faciès supérieur des amphibolites. D'autres domaines de moindre importance (domaines III à V) ont aussi été reconnus.

Domaine métamorphique I

Le domaine métamorphique I est délimité au nord par l'isograde de l'orthopyroxène et regroupe les roches métasédimentaires et les roches intrusives métamorphosées au faciès des granulites. Il comprend la totalité des unités métasédimentaires de la Sous-province d'Opinaca et une mince bande du La Grande au sud des feuillettes 23E04 et 23E03 (figure 9). Dans les roches métasédimentaires, l'assemblage minéralogique peut inclure le grenat en plus de l'orthopyroxène (figure 9). Ce minéral est localement reconnu dans les tonalites et les gneiss de la Suite de Joubert. Ces observations rejoignent les conclusions de plusieurs auteurs (Morfin *et al.*, 2013; Morfin, 2014; Trinh, 2014).

Le métamorphisme au faciès des granulites est aussi présent dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon (unité nAs1m1a) dans le coin NE du feuillet 23E03. Ces migmatites peuvent contenir de 5 à 10 % d'orthopyroxène.

Domaine métamorphique II

Le domaine métamorphique II couvre plus de 60 % du terrain d'étude. Il est dominé par les roches métasédimentaires métamorphosées au faciès supérieur des amphibolites de la

Formation de la Rivière Salomon. L'assemblage minéral typique observé est plagioclase-quartz-biotite \pm amphibole \pm grenat \pm sillimanite \pm cordiérite. Dans son étude sur la thermobarométrie des paragneiss des sous-provinces d'Opinaca et de La Grande, Trinh (2014) a toutefois démontré que certains échantillons de roches métasédimentaires ont atteint le faciès des granulites même en l'absence d'orthopyroxène. C'est le cas d'une métatexite à biotite située immédiatement à l'ouest du terrain d'étude, dans le prolongement de la Formation de la Rivière Salomon, qui montre l'assemblage quartz-plagioclase-biotite-grenat-feldspath potassique. Ces roches se caractérisent par une foliation et un rubanement intenses, une structure gneissique et une forte recrystallisation impliquant une déformation importante, généralement mieux exprimée que pour la majorité des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon du secteur.

Domaine métamorphique III

Le domaine métamorphique III occupe une très petite surface dans le secteur à l'étude. Il regroupe les lentilles éparses d'amphibolite basaltique de l'unité M16a cartographiées au sein des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Ces roches sont foliées, bien recrystallisées et présentent un assemblage dominé par le plagioclase et la hornblende associés à un peu de biotite, de quartz et d'épidote.

Domaine métamorphique IV

Le domaine métamorphique IV englobe les intrusions qui présentent des structures et des paragenèses minérales qui ne permettent pas d'évaluer les conditions métamorphiques. Leur mise en place précède cependant les deux derniers épisodes métamorphiques (M4 et M5) mentionnés plus haut. Il s'agit des roches intrusives felsiques de la Suite de Richardie et du Pluton de la Rivière Galinée. Les premières, de composition granodioritique, présentent une structure porphyroïde à phénocristaux de feldspath potassique et un assemblage quartz-plagioclase-feldspath potassique-biotite-magnétite \pm hornblende. Les granodiorites et les tonalites du Pluton de la Rivière Galinée se caractérisent par l'assemblage biotite-magnétite \pm hornblende \pm sphène \pm muscovite. Dans les deux cas, la hornblende est magmatique et les roches n'ont pas subi de recrystallisation. Les assemblages minéralogiques ne sont pas diagnostiques du métamorphisme et reflètent les conditions initiales de mise en place de ces intrusions. C'est le cas également des granites de la Pegmatite de Tilly qui sont très probablement contemporains de l'épisode métamorphique M5.

Domaine métamorphique V

Le domaine métamorphique V comprend toutes les intrusions post-métamorphiques de la région, c'est-à-dire les suites Ango (Pluton de Nichicun) et de Viau.

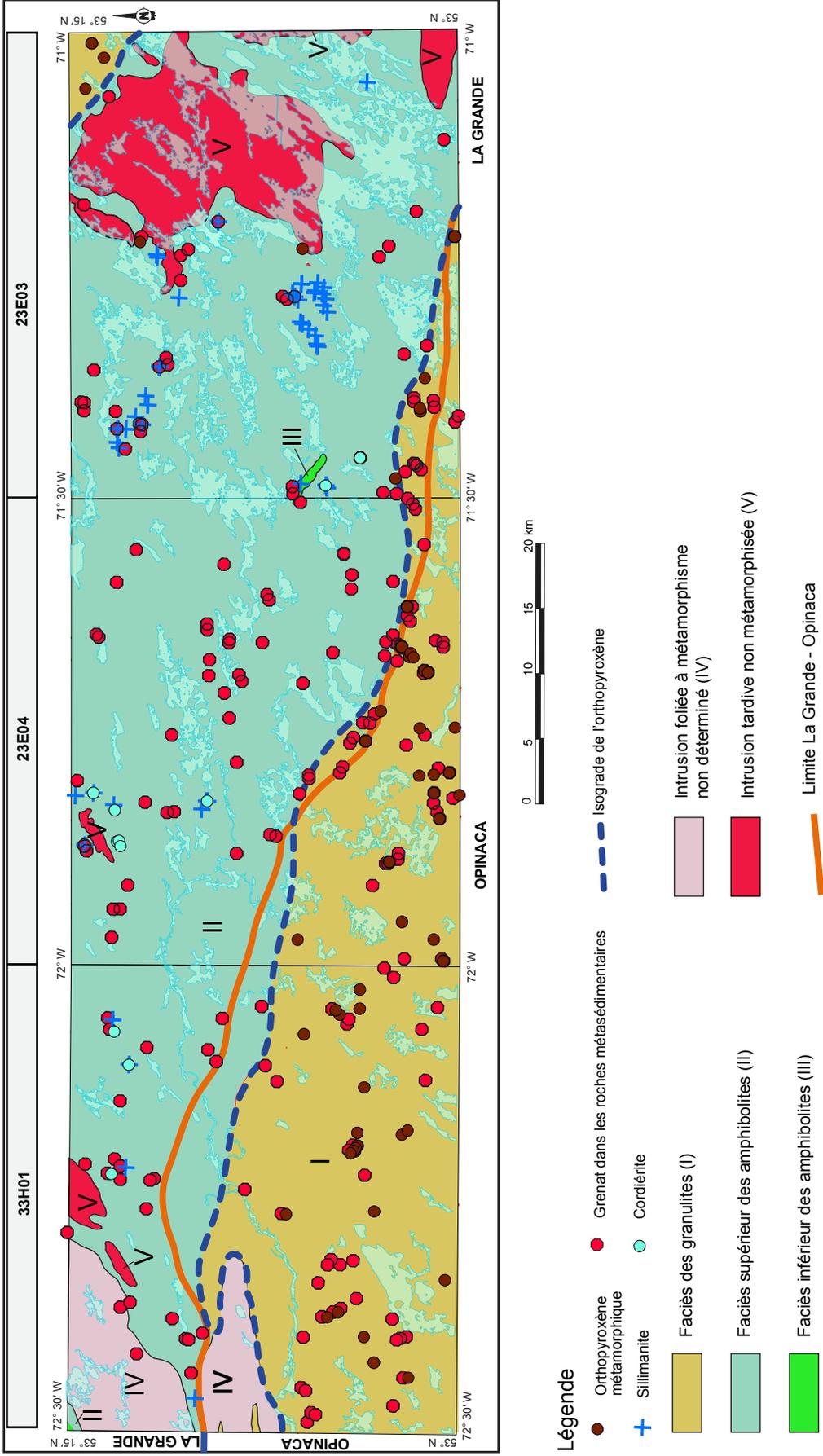


FIGURE 9 - Carte de répartition des minéraux métamorphiques indicateurs et des principaux domaines métamorphiques de la région du lac Joubert.

GÉOLOGIE STRUCTURALE

La région d'étude chevauche deux sous-provinces géologiques de la Province du Supérieur : le La Grande et l'Opinaca. Le contact entre ces entités majeures n'est pas de nature uniforme d'ouest en est (Gigon et Goutier, 2017). À certains endroits, il est décrit comme un chevauchement du La Grande sur l'Opinaca, à d'autres, comme un contact graduel sans signature structurale majeure. La nature et l'évolution de ce contact ne sont pas encore très bien comprises.

Phases de déformation et éléments structuraux associés

La région a été affectée par plusieurs phases de déformation ductiles à l'Archéen, dont au moins deux sont clairement perceptibles sur le terrain. Le secteur a également connu plusieurs épisodes de déformation cassante au Néoarchéen tardif et au Paléoprotérozoïque, mais ces événements n'ont pas fait l'objet d'un examen détaillé. L'orientation des dykes de diabase démontre toutefois l'existence d'au moins deux phases cassantes dans le secteur d'étude.

Structures primaires

Le litage primaire n'a pas été préservé dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon et du Complexe de Laguiche où il est oblitéré par le métamorphisme et la migmatitisation. Des coussins déformés et aplatis (photo 16) ont été observés dans les métavolcanites de l'unité M16a comprises dans la Formation de la Rivière Salomon, mais la polarité stratigraphique n'a pu être déterminée.

Phase de déformation D1

L'empreinte de cette phase est généralement difficile à reconnaître, même dans les roches plus anciennes comme les gneiss du Complexe de Langelier (absent du secteur à l'étude) qui représente le socle sur lequel reposent les ensembles volcano-sédimentaires. Ces structures, peut-être le résultat de plus d'une phase de déformation, sont oblitérées par l'épisode de déformation principal D2. À l'instar de Simard et Lafrance (2011) et Hammouche *et al.* (2015), nous associons à la phase de déformation D1 toutes les fabriques antérieures à la foliation tectonométamorphique principale S2, laquelle correspond au grain structural régional. Dans le terrain d'étude, cette phase n'a été reconnue dans aucune unité.

Phase de déformation D2

La phase de déformation D2 est à l'origine de l'arrangement structural actuel du secteur d'étude et du développement de la foliation principale S2 qui affecte la majorité des

roches archéennes de la région. Cette phase compressive ou transpressive associée à des contraintes grossièrement N-S affecte tant les unités volcano-sédimentaires du La Grande et de l'Opinaca que les intrusions des suites de Joubert et de Richardie. Elle est responsable de la formation des foliations tectoniques principales, des zones de chevauchement à transport vers le SSW et des plis régionaux E-W. Les plans axiaux de ces plis sont droits dans la partie nord du secteur d'étude et sont déversés vers le SSW plus au sud. Ce phénomène s'expliquerait par une plus forte contrainte au nord. La phase de déformation D2 touche aussi le rubanement migmatitique dans les métatexites formées lors de l'épisode métamorphique M4. Cela indique que cet épisode a probablement débuté vers 2684 Ma, synchrone à l'épisode métamorphique M4, pour se terminer bien avant la mise en place des plutons non déformés de Nichicun (vers 2592 Ma) et d'Artigny (vers 2589 Ma) qui sont intrusifs respectivement dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon et du Complexe de Laguiche.

Phase de déformation D3

La phase de déformation D3 se manifeste dans la Sous-province de La Grande par de plis NNE-SSW ondulants qui reprennent les plis régionaux E-W. Ces plis ont été mis en évidence par Cleven (photoprésentation à Québec Mines 2015, inédit) à partir de la réorientation des foliations S2 et des oppositions de pendage de ces foliations visibles à certains endroits. Ces plis ne figurent sur la carte, l'emplacement des traces axiales étant difficile à localiser avec certitude. D'autre part, il est possible que ces plissements soient dus à un effet de dômes et bassins, notamment sur le pourtour des intrusions de la Suite de Joubert. Les rares clivages de crénulation observés sur le terrain seraient liés à cette phase de déformation.

Phases de déformation cassante D4 et D5

Ces phases de déformation tardives sont de nature cassante. La phase D4 se manifeste dès la fin du Néoarchéen (2515 à 2503 Ma) avec le développement de cassures NNW-SSE à N-S auxquelles sont associées les diabases de l'Essaim de dykes de Mistassini et du Lac Esprit. Il est très probable que les cassures de cette dernière famille se sont mises en place plus tard, lors d'une phase distincte, puisque l'âge de ces dykes est d'environ 2090 Ma et 2069 Ma (voir la section sur la stratigraphie). La phase D5 serait à l'origine des réseaux de fractures et de dykes NE-SW assignés aux Dykes de Senneterre.

Domaines structuraux

Le secteur à l'étude est divisé en quatre domaines structuraux. Les trois premiers possèdent des styles structuraux similaires associés principalement à la phase de déformation

principale D2. Le quatrième domaine regroupe les intrusions post-tectoniques non déformées.

Un traitement statistique des foliations a été effectué à l'aide du logiciel *Spheristat*. L'attitude de la foliation principale S2 semble globalement homogène, mais est localement perturbée par les intrusions et les nombreux plissements locaux.

La figure 10a montre les différents domaines structuraux ainsi que les stéréogrammes associés, tandis que la figure 10b présente une coupe qui permet de schématiser les traits structuraux principaux des différents domaines.

Domaine structural I

Le domaine I correspond à la partie nord du terrain d'étude et couvre la presque totalité des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon et une grande partie des intrusions de la Suite de Joubert. Ce domaine se distingue par une série de structures plissées E-W droites et serrées à légèrement ouvertes.

Ce domaine montre des foliations abruptes à très abruptes orientées E-W. Le stéréogramme 10a montre une concentration de pôles correspondant à un plan moyen orienté $270^{\circ}/75^{\circ}$. La mesure théorique de l'axe moyen des plis confirme leur orientation E-W avec un plongement faible vers l'est. La dispersion des foliations en dehors de ces concentrations est attribuée à l'effet des plis locaux, des zones de cisaillement, ainsi que des fermetures périclinales.

L'attitude des linéations minérales et d'étirement reflète la complexité structurale de ce domaine. Les structures linéaires E-W sont les plus communes et forment deux familles distinctes en fonction de leur plongement vers l'est ou vers l'ouest, avec une dominance nette des plongements vers l'est. Les linéations à faible plongement sont associées principalement aux charnières des plis et aux zones de cisaillement, alors que les plus abruptes sont répandues sur les flancs des structures plicatives.

Domaine structural II

Le domaine II se situe à cheval sur les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Dans ses travaux, Cleven (photoprésentation à Québec Mines 2015, inédit) donne à ce domaine le nom de « Domaine de Boisbriand » qu'il qualifie de zone de transition entre les deux sous-provinces.

Ce domaine est séparé du domaine I par la Zone de cisaillement de Pradier. Il se distingue de celui-ci par le fait qu'il forme un panneau monoclinale dominé par les roches intrusives de la Suite de Joubert. La foliation tectonique S2 dans le domaine II est orientée généralement WNW-ESE avec un pendage modéré vers le NNE. L'orientation moyenne est $282^{\circ}/67^{\circ}$ (stéréogramme 10c). Les variations d'attitude de la foliation principale indiqueraient un plissement avec un axe moyen calculé (théorique) de $114^{\circ}/14^{\circ}$. Ces variations sont principalement reconnues dans les roches de la Suite de Joubert et reflètent plutôt des perturbations locales. Les

linéations minérales et d'étirement présentent un plongement faible principalement vers l'est et sont parallèles à subparallèles aux axes des plis locaux (stéréogramme 10d).

Domaine structural III

Le domaine III couvre la partie SW du terrain d'étude. Il est formé des roches métasédimentaires du Complexe de Laguiche et est séparé du domaine II par la Zone de cisaillement d'Orillat.

Les foliations et les linéations présentent les mêmes orientations générales que dans le domaine II. Les foliations sont toutefois moins abruptes ($290^{\circ}/38^{\circ}$; stéréogramme 10e) et les plis droits sont ouverts à serrés. Les plans axiaux sont légèrement inclinés vers le NNE. La déformation est moins intense que dans les domaines I et II. Cela pourrait indiquer que les plis deviennent plus ouverts à ondulants et les plans axiaux se rapprochent de la verticale à l'approche du centre de Sous-province d'Opinaca. Ce n'est toutefois pas toujours le cas, comme le montrent les travaux de cartographie géologique de Simard et Gosselin (1999) et Bandyayera *et al.* (2010) et la carte du gradient vertical du champ magnétique total résiduel à haute résolution (carte interactive).

Domaine structural IV

Le domaine IV regroupe les intrusions tardives non affectées par la déformation. Ce sont les intrusions des suites d'Ango (Pluton de Nichicun) et de Viau et de la Pegmatite de Tilly. Ces intrusions sont nettement post-tectoniques.

Zones de cisaillement

Dans le secteur d'étude, les zones de cisaillement sont peu exposées et se manifestent par quelques affleurements de roches plus déformées caractérisées par de très fortes linéations d'étirement et des structures mylonitiques. Le tracé de ces discontinuités a été en grande partie interprété à partir de leur signature aéromagnétique (figure 3). C'est le cas des zones de cisaillement de Pradier et d'Orillat qui séparent les domaines tectoniques définis plus haut et qui marquent le contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Ces zones de cisaillement d'épaisseur métrique à décimétrique traversent la région cartographiée sur quelques dizaines de kilomètres selon une direction WNW-ESE. La Zone de cisaillement de Pradier se connecte vers l'ouest à la Zone de cisaillement de Quentin (feuille 33H; Gigon et Goutier, 2017; Goutier *et al.*, en préparation), tandis que la Zone de cisaillement d'Orillat se prolonge vers l'est dans les feuillets 23E et 23D sur plus de 75 km (carte interactive). La zone de contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca dans les feuillets 33E à 33H se caractérise principalement par un chevauchement des unités plus anciennes du La Grande sur les roches métasédimentaires du Complexe de Laguiche. Localement, ces zones de cisaillement montrent des signes d'une réactivation

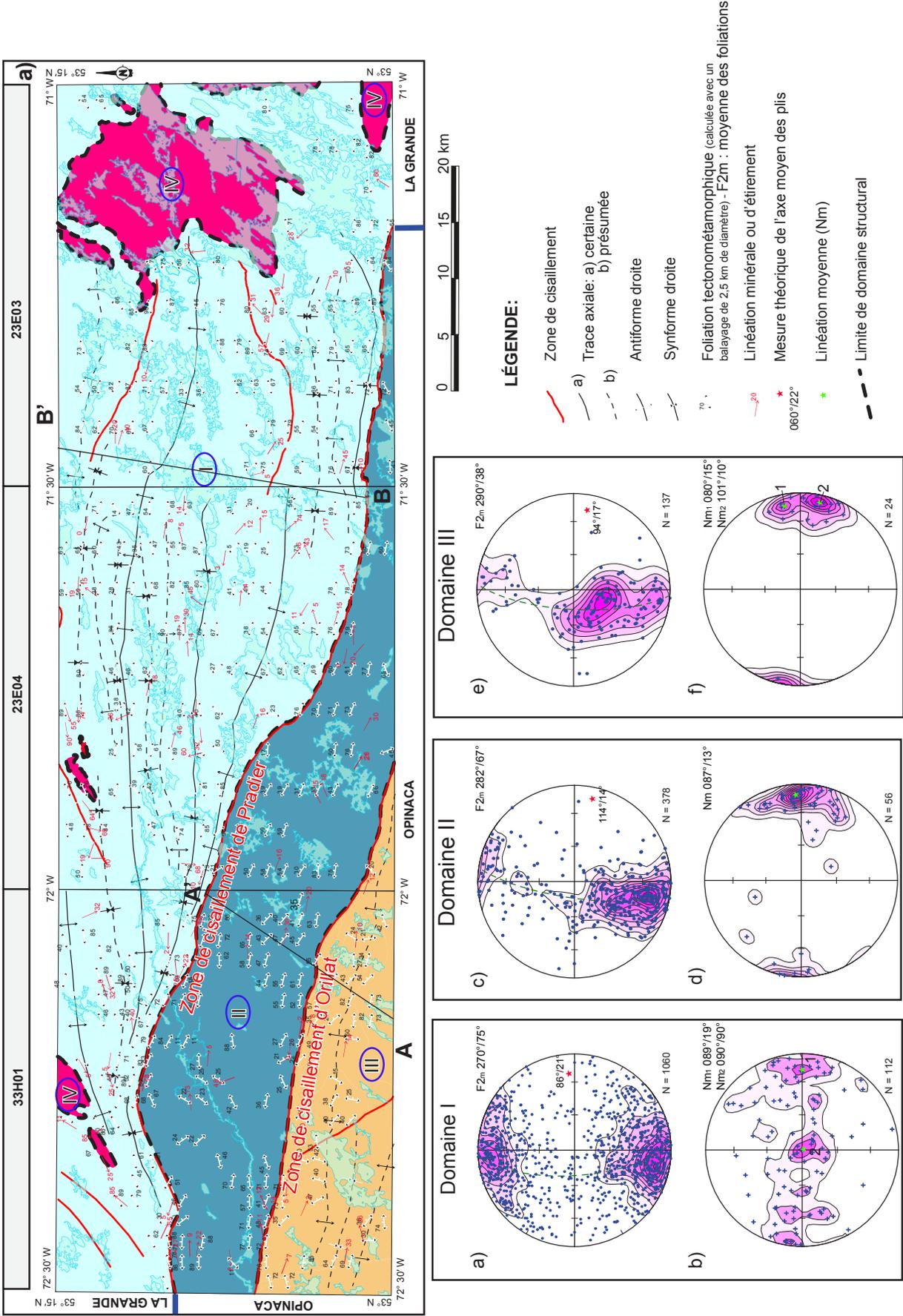


FIGURE 10A - Carte des domaines structuraux et stéréogrammes des mesures structurales de la région du lac Joubert.

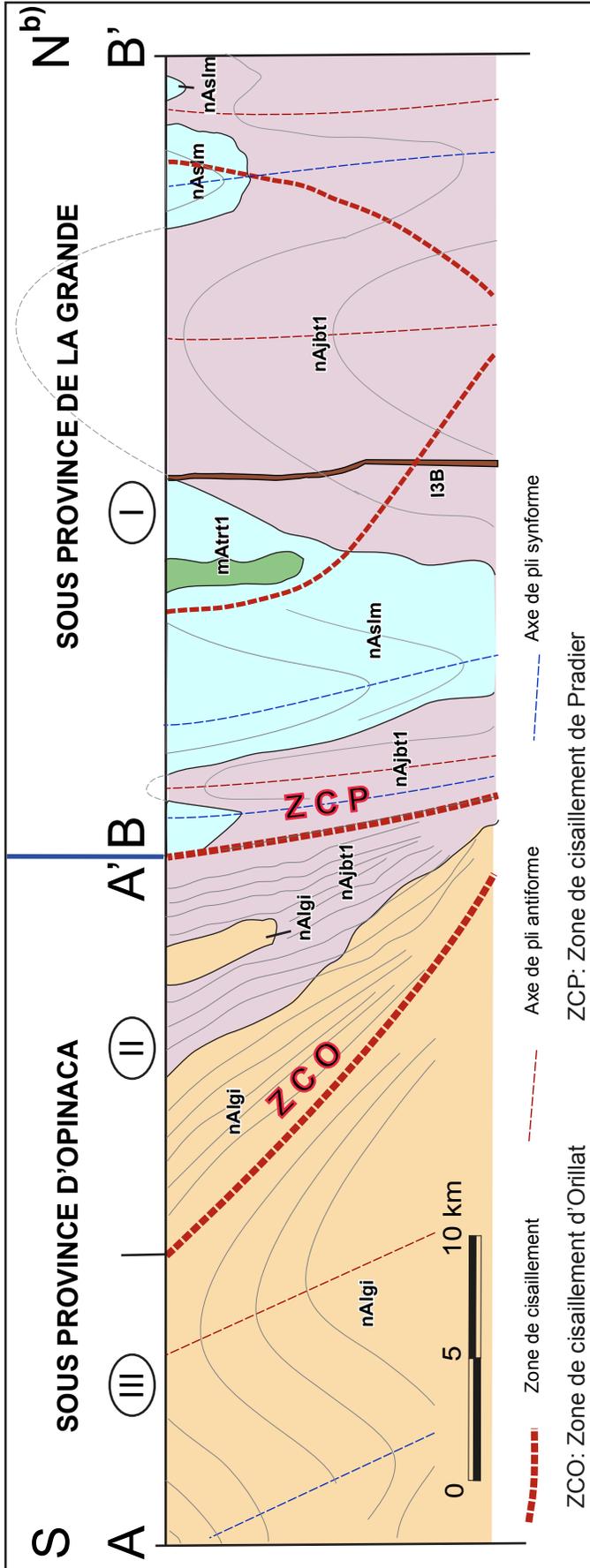


FIGURE 10B - Coupe structurale schématique selon la ligne AB présentée sur les figures 2a et 10a (échelle verticale non respectée).

par des mouvements normaux (par ex. à l'indice aurifère Quentin; Goutier *et al.*, en préparation). Les rares indicateurs cinématiques observés indiquent des mouvements dextres qui s'expriment par des plis en Z tardifs affectant la zone de contact des deux sous-provinces (secteurs de l'aéroport de La Grande-3 [feuillet 33F et 33G], ouest du gîte Orfée [feuillet 33G06 et 33G11], indice Quentin, zone Contact et gîte Marco [feuillet 33H04 et 33H03]).

Deux zones de cisaillement importantes sont présentes à l'est du terrain (feuillet 23E03) et affectent les roches métasédimentaires de la Rivière Salomon. Elles se manifestent sur près de 16 et 20 km au nord et au sud respectivement de l'intrusion principale de la Suite de Joubert. La première est orientée NW-SE, la seconde ENE-WSW à presque N-S. Leur largeur atteint quelques centaines de mètres. Ces zones sont caractérisées par des foliations très intenses et une structure protomylonitique. Dans les zones démunies d'affleurements rocheux, leur tracé a été déterminé à partir de la carte aéromagnétique. Les indices Au ± Ag de Scrou-Ten et SE (décrits plus loin dans la section sur la géologie économique) sont très probablement contrôlés par ces structures.

GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

Le potentiel minéral de la région est principalement lié à des zones de cisaillement locales ou régionales qui coupent les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon, ainsi qu'aux roches ultramafiques.

L'examen des travaux statutaires, ainsi que les visites de terrain ont permis de caractériser les trois indices déjà connus dans le secteur cartographié. Plus de 50 sites minéralisés pour la plupart en sulfures ont été échantillonnés pour l'analyse des éléments d'intérêt économique. Nos travaux ont également permis de mettre au jour un nouvel indice de Ag ± Cu. Ces indices sont répertoriés au tableau 1 et localisés à la figure 2a

Indices connus

Indice Galine 135269 (Au)

Cet indice a été découvert lors des travaux de prospection et de vérification d'anomalies électromagnétiques par Mines d'Or Virginia en 2008 (Savard et Archer, 2009) dans le feuillet 33H01 (figure 2; tableau 1). Les auteurs décrivent des veines de quartz minéralisées en pyrrhotite (1 %) et en arsénopyrite (1 %) encaissées dans un paragneiss en contact avec une formation de fer au faciès des silicates. Une teneur de 1,37 g/t Au a été obtenue dans un échantillon choisi.

Nos observations montrent qu'il s'agit d'un amas rocheux fracturé d'environ 12 m² exposé dans un champ de blocs reposant sur des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon (photo 18). Il s'agit probablement de blocs déplacés sur une faible distance. La veine de quartz la

plus importante est épaisse de 10 à 20 cm. À 20 m de celle-ci, on observe un bloc de paragneiss très rouillé (photo 19).

Le paragneiss encaissant des veines de quartz est à grain fin, granolépidoblastique et très déformé, avec une foliation nette orientée à 352°/40°. Cette orientation n'est pas conforme à la foliation régionale, ce qui renforce l'hypothèse que la minéralisation n'est pas en place. Le paragneiss contient près de 20 % de biotite et 5 % de grenat et comporte des amas d'amphibolite à grain fin.

Les analyses d'échantillon choisi ont donné jusqu'à 385 ppb Au, 100 ppm As et 100 ppm Cu (numéro unique 2015061635).

Indice Scrou-Ten (Au, Ag)

Cet indice a été découvert en 2007 lors d'une campagne de reconnaissance menée par Mines d'Or Virginia (Grenier *et al.*, 2008a) dans le feuillet 23E03 (figure 2; tableau 1).

Des teneurs de 39,2 g/t Au, 24,8 g/t Ag et 0,1 % Cu ont été obtenues à partir d'un échantillon choisi (tableau 1), mais les analyses provenant de deux rainures réalisées par la suite n'ont pas confirmé ces valeurs (LG-NC-07-055, R-1 et R-2; tableau 6 de Grenier *et al.*, 2008a). Selon Grenier *et al.* (2008a), la minéralisation est associée à de petits niveaux de paragneiss altéré ou de formation de fer contenant des lamines millimétriques riches en arsénopyrite (3 à 7 %) associée à la pyrrhotite et la pyrite (traces à 2 %) dans une gangue de quartz, d'amphibole, de grenat et de graphite. Le tout est injecté de leucosome granitique.

Une visite de cet indice montre que la minéralisation est contenue tant dans les paragneiss rouillés que dans les veines de quartz (photo 20). La roche encaissante est un paragneiss à sillimanite contenant un peu de biotite (1 %) de l'unité nAslm2 localisé près du contact avec un paragneiss à biotite et grenat. Les roches sont fortement déformées et plissées avec une foliation à 209°/37°.

Des échantillons choisis prélevés lors de cette étude ont donné jusqu'à 2,73 g/t Au, 0,52 % As et 110 ppm Cu (tableau 1), tandis qu'un échantillon situé à 67 m au sud a donné une teneur de 1,7 g/t Au (tableau 1).

Indice SE (Au,Ag)

L'indice SE est situé au SW du feuillet 23E03 (figure 2, tableau 1). Il a été mis au jour en 2007 par Mines d'Or Virginia lors d'une campagne de prospection. La minéralisation en sulfures est associée à des veines de quartz-plagioclase-grenat-sulfures-grenat-tourmaline transposées dans un important corridor de déformation qui coupe un paragneiss à biotite-grenat-muscovite-hornblende faiblement migmatitisé et un schiste à biotite altéré (figure 5 et photos 7 et 8 de Grenier *et al.*, 2008a). Ces auteurs rapportent une minéralisation de pyrrhotite (5 à 8 %), de pyrite (1 à 2 %) et d'arsénopyrite. Des teneurs de 3,7 g/t Au et de 1,3 g/t Ag ont été obtenues pour un échantillon choisi (tableau 1).

Nos observations confirment la présence d'une minéralisation associée à des veines de quartz boudinées d'épaisseur centimétrique (jusqu'à 5 cm) qui coupent un paragneiss migmatitisé (environ 6 % de mobilisat) de la Formation de la Rivière Salomon (photo 21; la couleur rouille est conférée par l'oxydation des sulfures). Les veines contiennent près de 5 % de pyrite-pyrrhotine et 1 % d'arsénopyrite. Le paragneiss à biotite (près de 15 %) est à grain fin et granoblastique. La foliation intense à 125°/88° est plissée et affectée par une crénulation NE orientée 055°/85°.

Les échantillons prélevés lors de nos travaux ont donné des valeurs comparables à celles de Virginia. Un échantillon choisi a titré 4,69 g/t Au, 290 ppm Cu et 0,3 % As (tableau 1).

Nouvel indice

Indice 15-CL-5126 (Ag, Cu)

L'indice 15-CL-5126 consiste en une zone minéralisée oxydée encaissée dans une diorite foliée de la Suite de Joubert dans le feuillet 23E03 (figure 2, tableau 1).

La zone rouillée (photo 22) est d'épaisseur variable de 0,5 à 2 m et d'une extension minimale de quelques mètres. Elle est principalement formée d'oxydes de fer, dont la magnétite, et contient de la pyrite et de la pyrrhotite disséminées. L'analyse d'un échantillon choisi a donné 5 ppm Ag, 2180 ppm Cu, 170 ppm Zn et 37 ppb Au (tableau 1).

L'affleurement présente aussi un niveau d'amphibolite de moins d'un mètre d'épaisseur orienté parallèlement à la foliation dans la diorite. L'amphibolite altérée contient de la biotite, du diopside et de la pyrrhotite disséminée et est coupée par des injections décimétriques de granite à biotite et chlorite hématitisé.

Zones favorables à l'exploration

La plupart des zones échantillonnées, notamment celles associées aux roches métavolcaniques et aux formations de fer, n'ont pas révélé de teneurs notables en métaux. Certains de ces sites, sans donner de teneurs indicelles répondant aux seuils prescrits pour la rédaction d'une fiche de substance minérale dans le SIGÉOM, ont toutefois montré des teneurs en métaux anormales et sont rapportés au tableau 2.

Deux indices de Au ± Ag connus décrits plus haut (Scrou-Ten et SE) se trouvent à proximité d'une zone de cisaillement régionale affectant les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Ces minéralisations sont probablement contrôlées par des structures subsidiaires reliées à cette zone de cisaillement. Cette structure pourrait donc représenter un métallotecte régional pour l'exploration de minéralisations de Au ± Ag.

Des teneurs anormales en Ni et Cr ont aussi été obtenues dans des intrusions ultramafiques (tableau 2). L'intrusion la plus étendue (approximativement 3 km x 0,9 km), appartenant à la Suite de Lablois et située à l'extrême est du feuillet 23E04, a fourni des teneurs de 1970 ppm Cr,

1200 ppm Ni, 2,9 ppb Pt et 3,2 ppb Pd dans un échantillon choisi (15-CL-5153-A1, tableau 2).

Enfin, comme signalé par plusieurs auteurs (Goutier et al, 2002; Bandyayera et Fliszar, 2007, Gigon et Goutier, 2017), le contact La Grande-Opinaca constitue toujours une zone de premier ordre à considérer pour les minéralisations aurifères, notamment avec la présence de la mine Éléonore.

Occurrences de sillimanite

Plusieurs affleurements de paragneiss migmatitisés au sein de l'unité nAslm2 montrent des quantités notables de sillimanite. Plusieurs niveaux contiennent plus de 20 % de sillimanite sur des épaisseurs métriques et des extensions dépassant 2 km. Les plus importants sont rapportés au tableau 3. La sillimanite forme des nodules (photos 4 et 23) ou des rubans centimétriques à décimétriques (photo 24). Les quelques analyses chimiques disponibles indiquent des teneurs atteignant 20 % Al₂O₃. L'échantillonnage réalisé dans le cadre de ces travaux visait plus à caractériser la matrice des paragneiss. Pour mieux évaluer ces occurrences, il serait nécessaire de procéder à l'échantillonnage et à l'analyse systématique des niveaux riches en porphyroblastes de sillimanite.

CONCLUSION ET DISCUSSION

Les travaux réalisés en 2015 dans la région du lac Joubert ont permis d'améliorer les connaissances géologiques de cette partie d'Eeyou Istchee Baie-James et de produire une nouvelle carte couvrant les feuillets SNRC 33H01, 23E04 et 23E03. Ces travaux s'appuient en partie sur le récent levé aéromagnétique à haute résolution du Ministère qui a contribué à identifier et à délimiter les différentes unités et structures.

La région d'étude chevauche les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca de la Province du Supérieur. Le contact entre ces deux entités est marqué par une zone de transition caractérisée par un style structural distinct. Dans la zone d'étude, la Sous-province de La Grande est dominée par les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon (<2708 Ma; Jean David, communication personnelle, 2016) qui ceinturent de vastes intrusions felsiques foliées de la Suite de Joubert (2681 à 2679 Ma, Jean David, communication personnelle, 2016). D'autres intrusions felsiques de moindre importance ont été principalement cartographiées dans la partie NW du secteur d'étude : le Pluton de la Rivière Galinée (2750 ± 6,8 Ma; Jean David, communication personnelle, 2016) et la Pegmatite de Tilly. Les tonalites et les granodiorites foliées du Pluton de la Rivière Galinée ont été relativement peu affectées par les événements tectonométamorphiques qui ont touché la région. Les pegmatites granitiques de la Pegmatite de Tilly sont des intrusions tardives d'âge néoarchéen. Des

lentilles de roches métavolcaniques reconnues au sein de la Formation de la Rivière Salomon témoignent d'un épisode volcanique d'âge inconnu. On trouve aussi une certaine quantité des roches intrusives ultramafiques et des métagabbros. Les suites ultramafiques de Dutreuil et de Lablois (>2619 ±1,9/-1,4 Ma; David *et al.*, 2011) se différencient l'une de l'autre par leur géochimie et ne sont probablement pas comagmatiques. La première coupe les unités de la Sous-province de La Grande, tandis que la seconde est présente dans les deux sous-provinces. Dans l'Opinaca, le Complexe de Laguiche est dominé par les lithologies métasédimentaires (<2710,4 ±2,4 Ma; Augland *et al.*, 2016). Ces roches ont subi une fusion partielle plus ou moins avancée avec des métatexites dominantes et des diatexites plus rares. Les paragneiss peu migmatitisés (moins de 10 % de mobilisat) et les métatexites (10 à 50 % de mobilisat) montrent généralement une structure stromatique. Ces roches sont injectées par des granites qui se présentent communément en rubans parallèles ou subparallèles au rubanement migmatitique, mais aussi sous la forme d'amas diffus et de dykes. Il n'est pas toujours aisé de déterminer si ces injections sont ou non le produit de la fusion partielle *in situ*. Une grande quantité de matériel felsique proviendrait d'un complexe granitique situé en profondeur qui résulterait de la fusion partielle des roches métasédimentaires. Le contact nord de l'Opinaca avec les unités du La Grande est injecté par les intrusions felsiques de la Suite de Joubert.

Le plutonisme felsique post-tectonique se manifeste par la mise en place de la Suite de Richardie, du Pluton de Nichicun appartenant à la Suite d'Ange (2592 à 2589 Ma; Jean David, communication personnelle, 2016) et de la Suite de Viau (2572 à 2571 Ma; David et Parent, 1997 et Parent, 1998). Ces unités intrusives coupent les diverses sous-provinces de la Baie-James.

À la fin du Néoarchéen, les dykes de diabase de composition gabbronoritique appartenant à l'Essaim de dykes de Mistassini (2515 à 2503 Ma) se sont mis en place dans des fractures NW à NNW. Finalement, des essaims de dykes de gabbro et de gabbronorite d'âge paléoproterozoïque ont injecté toutes ces roches (Dykes de Senneterre, 2221 à 2216 Ma, et Dykes du lac Esprit, environ 2090 et 2069 Ma).

Le schéma structural régional est le résultat d'au moins trois phases de déformation ductile. La première phase D1 a été reprise par les phases subséquentes et pourrait regrouper plus d'un événement. La seconde phase de déformation D2 est à l'origine de la foliation régionale, des grandes structures plicatives et des zones de cisaillement. On compte au moins deux phases distensives plus jeunes qui correspondent aux cassures injectées par les dykes de gabbro, de gabbronorite et localement de norite néoarchéens tardifs à paléoproterozoïques. Quatre domaines tectoniques ont été définis en fonction de l'intensité et de l'orientation de la fabrique principale et du style structural. Ce dernier se traduit par des variations du style de plissement : 1) un domaine I au nord, rattaché au La Grande, caractérisé par des plis droits serrés à légèrement ouverts; 2) un domaine II médian

qui forme un panneau monoclinal incliné vers le NNE et marque la transition entre les deux sous-provinces; 3) un domaine III au sud, dans l'Opinaca, où les plis sont droits, ouverts à serrés et ondulants. Le domaine IV correspond aux intrusions néoarchéennes post-tectoniques. Les grandes zones de cisaillement qui limitent les différents domaines représentent probablement des zones de chevauchement à mouvement vers le SSW. En effet, les structures sont déversées vers le SSW au sud du contact des deux sous-provinces et se redressent en s'en éloignant vers le nord. Ces zones de cisaillement montrent également de rares indicateurs cinématiques indiquant un mouvement dextre tardif

Dans le secteur d'étude, le métamorphisme prograde dans les roches archéennes de la Sous-province de La Grande atteint le faciès supérieur des amphibolites, localement des granulites. Dans la Sous-province de l'Opinaca, la présence systématique d'orthopyroxène généralement associé au grenat dans les roches métasédimentaires indique un métamorphisme au faciès des granulites.

Le potentiel minéral de la zone d'étude se manifeste principalement par des minéralisations aurifères associées aux zones de cisaillement locales ou régionales qui coupent les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Les trois indices connus ont été visités et ré-échantillonnés, ce qui a permis de confirmer les teneurs obtenues lors des travaux antérieurs. Nos travaux ont révélé un nouvel indice de Ag-Cu encaissé dans une zone rouillée au sein d'une diorite. Un échantillon choisi a donné 5 ppm Ag et 2180 ppm Cu à l'analyse.

La plupart zones rouillées échantillonnées ont donné des teneurs très faibles en métaux. Quelques-unes montrent toutefois des teneurs anormales en Au, Cu, Ag et As. Des teneurs anormales en Ni et Cr ont aussi obtenues dans les intrusions ultramafiques. L'intrusion la plus intéressante par ses dimensions (approximativement 3 km x 0,9 km) est située à l'extrême est du feuillet 23E04.

RÉFÉRENCES

- ALLARD, G. – GOUTIER, J. – LAMOTHE, D., 2015 – Évaluation du potentiel en minéralisations de type or de type orogénique, Municipalité d'Eeyou Istchee Baie-James (version 2014). Ministère de l'Énergie et des Ressources, naturelles, Québec; EP 2015-01, 41 pages, 1 plan.
- AUGLAND, L.E. – DAVID J. – PILOTE, P. – LECLERC, F. – GOUTIER, J. – HAMMOUCHE, H. – LAFRANCE, I. – TALLA TAKAM, F. – DESCHÈNES, P.-L. – GUÉMACHE, M., 2016 – Datations U-Pb dans les provinces de Churchill et du Supérieur effectuées au GEOTOP en 2012-2013. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP 2015-01, 43 pages.
- AVRAMTCHEV, L., 1983 – Catalogue des gîtes minéraux : région de la Baie-James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DPV 940, 30 pages, 16 plans.

- BANDYAYERA, D. – FLISZAR, A., 2007 – Géologie de la région de la Baie Kasipasikatch et du lac Janin. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2007-05, 15 pages, 2 plans.
- BANDYAYERA, D. – RHÉAUME, P. – MAURICE, C. – BÉDARD, E. – 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, 46 pages, 1 plan.
- BANDYAYERA, D. – BURNIAUX, P. – MORFIN, S., 2011 – Géologie de la région du lac Brune (33G07) et de la baie Gavaudan (33G10). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2011-01, 30 pages et 2 cartes.
- BANDYAYERA, D. – BURNIAUX, P. – CHAPON, B., 2013 – Géologie de la région du lac Magin (33G09), de la colline Captel (33G15) et du lac Fontay (33G16), Baie-James, Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; RP 2013-01, 32 pages, 3 plans.
- BANDYAYERA, D. – GOUTIER, J. – BURNIAUX, P., 2014 – Géochimie des roches volcaniques et intrusives de la région des lacs Guyer et Nochet, Baie-James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; RP-2014-03, 29 pages.
- BARR, W.H. – BUXBAUM, R.W. – FARKAS, M.S. – RAINEY, K.D. – LUND, R.J., 1974 – Summary report on mineral resource studies in the James Bay region. Société de Développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34002, 294 pages.
- BEAUMIER, M. – CHARTRAND, F. – SIMARD, A., 1994 – Vers une meilleure connaissance du potentiel minéral du territoire de la Baie James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 94-05, 7 pages.
- BERGER, J., 1999 – Rapport final sur la détection des chapeaux de fer à l'aide d'une image Landsat TM pour les feuillettes 23E Ouest et 33H Est, projet Minto. Mines d'Or Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 58324, 8 pages, 1 plan.
- BHATIA, M.R. – CROOK, K.A.W., 1986 – Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. Contributions to Mineralogy and Petrology; volume 92, pages 181–193.
- BIRKETT, T. – ORTEGA, J., 2006 – Ungava joint venture, exploration drilling, Foxtrot property. Ashton Mining of Canada et DIAQUEM, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 62650, 27 pages.
- BISSONNETTE, F. – CHARBONNEAU, R. – GIRARD, R., 2005 – Glacial sediment sampling campaign, Portage property. Ressources Majescor, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 61433, 604 pages, 4 plans.
- BOILEAU, P., 2002 – Levé magnétométrique sur le projet Monts Otish, Bloc OT-03, Municipalité de la Baie James. Ressources Dianor, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 60566, 7 pages, 3 plans.
- BOILEAU, P., 2004 – Levés magnétométriques effectués sur le projet Queotish. Ressources Dianor, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 61917, 32 pages, 2 plans.
- BOILEAU, P., 2005 – Levés magnétométriques effectués sur le projet Queotish. Ressources Dianor, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 62324, 45 pages, 1 plan.
- BUCHAN, K.L. – HALLS, H.C. – MORTENSEN, J.K., 1996 – Paleomagnetism, U–Pb geochronology, and geochemistry of Marathon dykes, Superior Province, and comparison with the Fort Frances swarm. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 33, pages 1583-1595.
- BUCHAN, K.L. – GOUTIER, J. – HAMILTON, M.A. – ERNST, R.E. – MATTHEWS, W.A., 2007 – Paleomagnetism, U–Pb geochronology, and geochemistry of Lac Esprit and other dyke swarms, James Bay area, Quebec, and implications for Paleoproterozoic deformation of the Superior Province. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 44, pages 643-664.
- BUNDROCK, G. – SOONAWALA, N.M. – BROPHY, J.A. – FRIER, D. – SCOTT, W.R. – MUKHERJEE, P. – MASTERMAN, P.C., 1975 – Part I, Introduction, Field season 1974, project Nitchequon. Société de Développement de la Baie-James et Urangesellschaft, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34048, 235 pages, 62 plans.
- BURNIAUX, P. – GUEMACHE, M.A. – GIGON, J. – GOUTIER, J., en édition – Géologie de la région du lac Dalmas (33H08, 33H09, 23E05, 23E12), Eeyou Istchee Baie-James, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RG 2018-02.
- CANNULI, M., 1975 – Géochimie des lacs, Été 1975. Société de Développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34036, 38 pages.
- CARD, K.D. – CIESIELSKI, A., 1986 – Subdivisions of the Superior Province of the Canadian Shield. Geoscience Canada; volume 13, pages 5-13
- CARON, DUFOUR, SÉGUIN et associés, 1972 – Évaluation du potentiel minier du bassin de la Baie-James. Société de Développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34000, 1237 pages, 40 plans.
- CHARBONNEAU, R., 2009 – Systematic till survey 2009, Trieste property. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 65025, 45 pages, 2 plans.
- CHARBONNEAU, R., 2013 – Follow-up till survey 2012, Trieste property. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 67953, 67 pages.
- CHARTRAND, F. – GAUTHIER, M., 1995 – Cadre géologique et potentiel minéral des roches archéennes du bassin de La Grande Rivière, Baie James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 95-06, 10 pages.
- CHOINIÈRE, J. – LEDUC, M., 1996 – Analyse pour l'arsenic, l'or, l'antimoine et le tungstène sur le feuillet 23E. Ministère des ressources naturelles, Québec; MB 96-29, 4 plans.
- CLOUTIER, A., 2004 – Exploration diamantifère par minéraux indicateurs et géochimie, cellules du bloc Foxtrot 3. Ashton Mining of Canada et DIAQUEM, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 61044, 267 pages, 7 plans.
- CLOUTIER, J.-P., 2002 – Évaluation sommaire des blocs de claims, territoire de la Baie James, Québec. Ressources Dianor, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 60571, 34 pages.

- CLOUTIER, J.-P., 2006 – Résultats d'une campagne de forage au diamant, projet Queotish. Ressources Dianor, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 62721, 59 pages.
- CÔTÉ-ROBERGE, M. – GUILMETTE, C. – GOUTIER, J., 2016 – Étude du contexte tectono-métamorphique du Complexe de Laguiche, Sous-province d'Opinaca, Eeyou Istchee Baie-James. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB 2016-13, 46 pages.
- D'AMOURS, I., 2011 – Synthèses des levés magnétiques de la Baie-James, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DP 2011-08, 5 pages. 2 plans.
- DAVID, J. – PARENT, M., 1997 – Géochronologie U-Pb du Projet Moyen-Nord. GEOTOP, rapport soumis au Ministère des Ressources naturelles du Québec; GM 59903, 90 pages.
- DAVID, J. – VAILLANCOURT, D. – BANDYAYERA, D. – SIMARD, M. – GOUTIER, J. – PILOTE, P. – DION, C. – BARBE, P., 2011 – Datations U-Pb effectuées dans les sous-provinces d'Ashuanipi, de La Grande, d'Opinaca et d'Abitibi en 2008-2009. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2010-11, 37 pages.
- DAVIS, D.W. – SIMARD, M. – HAMMOUCHE, H. – BANDYAYERA, D. – GOUTIER, J. – PILOTE, P. – LECLERC, F. – DION, C., 2014 – Datations U-Pb effectuées dans les provinces du Supérieur et de Churchill en 2011-2012. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP 2014-05, 61 pages.
- DAVIS, D.W. – MOUKHSIL, A. – LAFRANCE, I. – HAMMOUCHE, H. – GOUTIER, J. – PILOTE, P. – TALLA TAKAM, F., 2015 – Datations U-Pb dans les provinces du Supérieur, de Churchill et de Grenville effectuées au JSGL en 2012-2013. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP 2014-07, 56 pages.
- DAVIS, D.W. – LAFRANCE, I. – GOUTIER, J. – TALLA TAKAM, F. – BANDYAYERA, D. – GIGON, J. 2018 – Datations U-Pb dans les provinces de Churchill et du Supérieur effectuées au JSGL en 2013-2014. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP 2017-01, 63 pages.
- DESBIENS, H., 2003 – Heavy mineral sampling report, 33 Carats project, northern block, upper Eastmain river area. Exploration Dios, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 61978, 42 pages.
- DUBÉ, C. – FRANCONI, A. – HOCQ, M. – REMICK, J.H., – SHARMA, K.N.M. – AVRAMTCHEV, L. – DUCROT, C., 1976 – Compilation géologique du territoire de la baie de James. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP 358, 7 pages, 18 plans.
- EADE, K.E., 1966 – Fort George and Kaniapiskau river (west half) map-areas, New Quebec. Geological Survey of Canada; Memoir 339, 84 pages, 1 map.
- EADE, K.E. – HEYWOOD, W.W. – LEE, H.A., 1958 – Sakami Lake area, New Quebec. Geological Survey of Canada; Preliminary map 23-1957.
- FAHRIG, W.F. – CHRISTIE, K.W. – CHOWN, E.H. – JANES, D. – MACHADO, N., 1986 – The tectonic significance of some basic dyke swarms in the Canadian Superior Province of some special reference to the geochemistry and paleomagnetism of the Mistassini swarm, Québec, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 23, pages 238-253.
- FARQUHAR, E., 2005 – Resolve survey, Otish Mountains region, PQ05-02 and PQ04-07 blocks, QE004 and QE005 properties. Ashton Diamonds et DIAQUEM, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 61731, 62 pages, 4 plans.
- FAURE, S., 2011 – Porphyres Cu-Au sub-alkalins : Caractéristiques géochimiques et cibles d'exploration dans les terrains de haut grade métamorphique archéens et paléoprotérozoïque au Québec. CONSOREM, projet 2011-07. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB 2014-30, 33 pages.
- FAURE, S., 2012 – Potentiel de minéralisations de type IOCG en contexte intracratonique ou d'arcs continentaux dans les terrains archéens ou protérozoïques du Québec. CONSOREM, projet 2010-08. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB 2014-25, 31 pages.
- FROST, B.R. – BARNES, C.G. – COLLINS, W.J. – ARCULUS, R.J. – ELLIS, D.J. – FROST, C.D., 2001 – A geochemical classification for granitic rocks. Journal of Petrology; volume 42, pages 2033-2048.
- GAUTHIER, M., 1996 – Géologie de la région du lac Sauvolles (SNRC 33H et 23E ouest). Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 96-27, 1 plan.
- GAUTHIER, M. – LAROCQUE, M. – CHARTRAND, F., 1997 – Cadre géologique, style et répartition des minéralisations métalliques du bassin de La Grande Rivière, Territoire de la Baie James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 97-30, 69 pages.
- GEO DATA SOLUTIONS GDS, 2009 – Levé aéromagnétique sur le territoire de la Baie-James – Bloc SE du secteur LG-4. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DP 2009-03, 33 pages, 16 plans.
- GIGON, J. – GOUTIER, J., 2017 – Géologie de la région du lac Richardie, Eeyou Istchee Baie-James, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RG 2016-04, 46 pages, 1 plan.
- GIRARD, R., 2004 – Résultat de la campagne d'échantillonnage du till 2003, propriété 33 Carats, rivière Eastmain supérieure. Exploration Dios, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 61979, 191 pages, 1 plan.
- GOLDAK AIRBORNE SURVEYS, 2008 – Levé aéromagnétique sur le territoire de la Baie-James – Opinaca, sud de LG-3 et sur de LG-4. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DP 2008-01, 48 pages, 58 plans.
- GOUTIER, J. – DION, C. – OUELLET, M.-C. – DAVID, J. – PARENT, M., 2000 – Géologie de la région des lacs Guillaumat et Sakami (SNRC 33F/02 et 33F/07). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 99-15, 40 pages, 2 plans.
- GOUTIER, J. – DION, C. – OUELLET, M.-C. – MERCIER-LANGEVIN, P. – DAVIS, D.W., 2001a – Géologie de la colline Masson, de la passe Awapakamich, de la baie Carbillet et de la passe Pikwahipanan (33F/09, 33F/10, 33F/15 et 33F/16). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2000-10, 69 pages, 4 plans.
- GOUTIER, J. – DION, C. – OUELLET, M.-C., 2001b – Géologie de la région de la colline Bezier (33G/12) et du lac de la Montagne du Pin (33G/13). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2001-13, 55 pages, 2 plans.

- GOUTIER, J. – DION, C. – OUELLET, M.-C. – DAVIS, D.W. – DAVID, J. – PARENT, M., 2002 – Géologie de la région du lac Guyer (33G/05, 33G/06 et 33G/11). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2001-15, 53 pages, 3 plans.
- GOUTIER, J. – GIGON, J. – BURNIAUX, P. – DION, C. – TALLA TAKAM, F. – CHARTIER-MONTREUIL, W. – BANDYAYERA, D., en préparation – Géologie de la région du lac de la Corvette, Eeyou Istchee Baie-James. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec.
- GRENIER, L. – SAVARD, M. – ARCHER, P., 2008a – Technical report and recommendations, reconnaissance program, Nichicun project. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 63586, 122 pages, 8 plans.
- GRENIER, L. – SAVARD, M. – ARCHER, P. – CHARBONNEAU, R., 2008b – Technical report 43-101A1, technical report and recommendations, reconnaissance program, Trieste project. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 63378, 76 pages, 2 plans.
- GRZELA, D., 2014 – Étude pétrographique et géochimique des intrusions ultramafiques de la région du lac Richardie, Baie-James, Québec. Université d'Ottawa; projet de fin d'études, 48 pages.
- GUEMACHE, M.A. – BURNIAUX, P. – GOUTIER, J. – GIGON, J., 2017 – Géochimie des unités géologiques de la région du lac Dalmas, municipalité d'Eeyou Istchee Baie James. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP 2016-02, 38 pages.
- HAMILTON, M.A., 2009 – Datation isotopique (U-Pb) d'un diabase de l'Essaim de Dykes Mistassini, Québec. Jack Satterly Geochronology Laboratory, University of Toronto, rapport soumis au Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; MB 2009-17, 13 pages.
- HAMILTON, M.A. – GOUTIER, J. – MATTHEWS, W., 2001 – U-Pb baddeleyite age for the Paleoproterozoic Lac Esprit dyke swarm, James Bay region, Québec. Geological Survey of Canada; Radiogenic Age and Isotopic Studies, Report 14, Current Research 2001-F5, pages 1-6.
- HAMMOUCHE, H. – BURNIAUX, P. – KHARIS, A., 2015 – Géologie de la région du lac Carmoy, Baie-James (SNRC 33H06, 33H11, 33H14). Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RG 2015-02, 44 pages, 3 plans.
- HAMMOUCHE, H. – BURNIAUX, P. – KHARIS, A., 2017 – Géologie de la région du lac des Vœux (33H10, 33H15, 33H16), Eeyou Istchee Baie-James, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RG 2016-01, 39 pages, 1 plan.
- HERRON, M.M., 1988 – Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Research*; volume 58, pages 820-829.
- HEYWOOD, W.W. – BRETT, S.E. – CURRIE, K.L. – EADE, K.E., 1959 – La Grande – Lac Bienville, New Quebec. Geological Survey of Canada; map 23-1958.
- HOCQ, M., 1985 – Géologie de la région des lacs Campan et Cadieux, Territoire-du-Nouveau-Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 83-05, 188 pages, 4 plans.
- LABBÉ, J.-Y. – BÉLANGER, M., 1998 – Géologie de la région du lac Thier (SNRC 33H/09). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 97-13, 22 pages, 1 plan.
- LAMOTHE, D., 2008 – Évaluation du potentiel en minéralisations de type or orogénique de la Baie-James. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; EP 2008-01, 54 pages, 33 plans.
- LAMOTHE, D., 2009 – Évaluation du potentiel minéral pour les gîtes porphyriques de Cu-Au ± Mo de la Baie-James. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; EP 2009-01, 54 pages, 1 plan.
- LAMOTHE, D. – THÉRIAULT, R. – LECLAIR, A., 2000 – Géologie de la région du lac Nitchequon (SNRC 23E). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 99-14, 40 pages, 1 plan.
- LARIVIÈRE, J.-F. – BANVILLE, R. – GAGNON, R., 2009a – Report on exploration activities in 2008 on the Lasalle and Galinée properties. Exploration Midland, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 64679, 205 pages, 7 plans.
- LARIVIÈRE, J.-F. – BANVILLE, R. – ST-HILAIRE, C., 2009b – Technical report, heliborne high resolution magnetic and spectrometric survey on the Lasalle and Galinée properties. Exploration Midland, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 64224, 45 pages, 36 plans.
- LECLAIR, A. – LAMOTHE, D. – CHOINIÈRE, J. – DION, D.-J., 1996 – Perspectives sur la structure et le potentiel minéral des roches archéennes du Sud-Est de la Province du Supérieur. Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 96-05, 11 pages.
- LECLAIR, A. – LAMOTHE, D. – CHOINIÈRE, J. – PARENT, M., 1998 – Géologie de la région du lac Bermen (23F). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 97-11, 40 pages, 2 plans.
- MANIAR, P.D. – PICCOLI, P.M., 1989 – Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*; volume 101, pages 635-643
- MARLEAU, R.A., 1975 – Geology & mineral potential of the Nitchequon area, James Bay Territory, Quebec, Canada. Société de Développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34057, 46 pages, 3 plans.
- MARTIN, L., 1976 – James Bay geochemistry, 1975 data, numerical treatment and report. Société de Développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34037, 1088 pages.
- MARTIN, L. – CANNULI, M., 1976 – Projet géochimie de lac. Société de Développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34039, 285 plans.
- MCDONOUGH, W.F. – SUN, S.-S., 1995 – The composition of the Earth. *Chemical Geology*; volume 120, pages 223-253.
- McLENNAN, S.M. – HEMMING, S. – McDANIEL, D.K. – HANSON, G.N., 1993 – Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. *In: Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments* (Johnsson, M.J., Basu, A., editors). Geological Society of America; Special Paper 284, pages 21-40.

- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES, 2017a – Essaim de dykes de Mistassini, Lexique stratigraphique du Québec. <http://gq.mines.gouv.qc.ca/lexique-stratigraphique/province-du-superieur/essaim-de-dykes-de-mistassini/> (page consultée le 7 août 2018).
- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES, 2017b – Dykes de Senneterre, Lexique stratigraphique du Québec. <http://gq.mines.gouv.qc.ca/lexique-stratigraphique/province-du-superieur/dykes-de-senneterre/> (page consultée le 7 août 2018).
- MOORHEAD, J. – BEAUMIER, M. – LEFEBVRE, D.L. – BERNIER, L. – MARTEL, D., 1999 – Kimberlites, linéaments et rifts crustaux au Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 99-35, 130 pages, 1 plan.
- MORFIN, S., 2014 – Influence de la mise en place pervasive de magma d'anatexie sous forme de complexe d'injection dans la croûte continentale. Université du Québec à Chicoutimi; thèse de doctorat, 254 pages.
- MORFIN, S. – SAWYER, E.W. – BANDYAYERA, D., 2013 – Large volume of anatectic melt retained in granulite facies migmatites: An injection complex in northern Quebec. *Lithos*; volume 168-169, pages 200-218.
- NESBITT, H.W., 2003 – Petrogenesis of siliciclastic sediments and sedimentary rocks. *In: Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Consideration to Mineral Deposit-Forming Environments* (Lentz, D.R., editor). Geological Association of Canada; GEOText 4, pages 39-51.
- O'CONNOR, A., 2003 – Assessment report, fixed wing aeromagnetic survey, heavy mineral sampling, Foxtrot 3 cells and permit 1555. Ashton Mining of Canada, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 60647, 87 pages, 3 plans.
- O'CONNOR, A., 2007 – Assessment report, Foxtrot property cells. Ashton Mining of Canada, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 62895, 457 pages, 59 plans.
- O'CONNOR, A., 2009 – Assessment report, Foxtrot property cells. Stornoway Diamond Corporation, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 64271, 222 pages, 4 plans.
- PARENT, M., 1998 – Géochronologie U-Pb du Projet Moyen-Nord, phase II. GEOTOP, rapport soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 59904, 63 pages.
- PARENT, M., 2011 – Compilation géochronologique U-Pb des sous-provinces d'Ashuanipi, d'Opinaca, d'Opatoca et de La Grande. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; MB 2011-04, 12 pages, 1 plan.
- PEARCE, J.A., 1996 – Guide to use Basalt Discrimination Diagrams. *In: Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Application for Massive Sulphide Exploration* (Wyman, D.A., editor). Geological Association of Canada; Short Course Notes, volume 12, pages 79-113
- PEARCE, J.A., 2007 – Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for archaic oceanic crust. *Lithos*; volume 100, pages 14-48.
- PEARCE, J.A. – HARRIS, N.B.W. – TINDEL, A.G., 1984 – Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*; volume 25, pages 956-983.
- PERCIVAL, J.A., 1989 – A regional perspective of the Quetico meta-sedimentary belt, Superior Province, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 26, pages 677-693.
- PERCIVAL, J.A. – SKULSKI, T. – SANBORN-BARRIE, M. – STOTT, G.M. – LECLAIR, A.D. – CORKERY, M.T. – BOILY, M., 2012 – Geology and tectonic evolution of the Superior Province, Canada. Chapter 6 *In: Tectonic Styles in Canada: The LITHOPROBE Perspective.* (Percival, J.A., Cook F.A., Clowes R.M., editors). Geological Association of Canada; Special Paper 49, pages 321–378.
- PETTIJOHN, F.J. – POTTER, P.E. – SIEVER, R., 1972 – Sand and Sandstone. Springer-Verlag; 618 pages.
- PRITCHARD, R., 2005 – Resolve survey, PQ05-02 and PQ04-07 blocks QE004 and QE005 properties. Ashton Mining of Canada et DIAQUEM, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 62512, 106 pages, 8 plans.
- RHÉAUME OUELLET, A. – GUILMETTE, C., 2016 – Chimie minérale d'échantillons des sous-provinces d'Opinaca et de La Grande (33G06, 33H08, 33H01). Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB 2016-15, 39 pages.
- ROSS, P.-S. – BÉDARD, J.H., 2009 – Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 46, pages 823-839.
- ROY, G., 2014 – Symboles et abréviations de la carte géoscientifiques. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DV 2014-06, 87 pages.
- ROY, I. – BOIVIN, J.-F., 2011 – Technical report and recommendations, reconnaissance program, Trieste project. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 66254, 99 pages, 5 plans.
- ROY, I. – BOUCHARD, R.-A., 2013 – Technical report and recommendations, reconnaissance program, Trieste project. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 67952, 363 pages, 19 plans.
- SAVARD, M. – ARCHER, P., 2009 – Technical report and recommendations, reconnaissance program, Trieste project. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 65024, 156 pages, 9 plans.
- SIMARD, M. – GOSSELIN, C., 1999 – Géologie de la région du lac Lichteneger. Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 98-15, 27 pages, 1 plan.
- SIMARD, M. – PARENT, M. – PAQUETTE, L. – LAFRANCE, I., 2009 – Géologie de la région du réservoir de Caniapiscou (SNRC 23K-23N). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RG 2009-04, 39 pages, 1 plan.
- SIMARD, M. – LAFRANCE, I., 2011 – Géologie de la région du réservoir Laforge 1 (SNRC 331). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RG 2011-01, 49 pages, 1 plan.
- SIMARD, M. – PAQUETTE, L. – PARENT, M., 2015 – Synthèse géologique et métallogénique de la Sous-province d'Ashuanipi, Province du Supérieur. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MM 2015-01, 96 pages, 2 plans.

- ST-HILAIRE, C., 1998 – Rapport final, levé électromagnétique et magnétique hélicoptère à haute résolution, Sud-Est de LG-4 (Lac Laribosière et Lac Orillat). Mines d'Or Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 57326, 45 pages, 9 plans.
- ST-HILAIRE, C., 2011 – Heliborne high resolution aeromagnetic survey, Escala, Nichicun, Trieste and Ashuanipi properties. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 65712, 28 pages, 8 plans.
- ST-PIERRE, M., 1998 – Final report of the 1998 heavy mineral sampling program on the Superior reconnaissance project area3, Quebec, Canada. BHP Diamonds, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 59085, 24 pages, 1 plan.
- ST-PIERRE, M., 2003 – Report on the airborne magnetic survey carried out on Otish Mountain Diamond Corporation's lac Joubert and lac Orillat properties, Quebec, Canada. Otish Mountain Diamond Corporation, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 60832, 23 pages, 4 plans.
- ST-PIERRE, M., 2004 – Report on the airborne magnetic survey carried out on Alexis Minerals Corporation's Queotish 1 property, Quebec, Canada. Alexis Minerals Corporation, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 60766, 13 pages, 4 plans.
- TALLA TAKAM, F. – BEAUCHAMP, A.-M. – MASSEI, F., en préparation – Géologie de la région du lac Emmanuel (33A09, 33A10, 33A15, 33A16) et du lac Léran (23D11, 23D12, 23D13, 23D14 et 23D15), Eeyou Istchee Baie-James, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec.
- THÉRIAULT, R., – BEAUSÉJOUR, S., 2012 – Carte géologique du Québec – Édition 2012. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 2012-06, 8 pages, 1 plan.
- THÉRIAULT, R. – CHEVÉ, S., 2001 – Géologie de la région du lac Hurault (SNRC 23L). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2000-11, 50 pages, 1 plan.
- THÉRIAULT, R. – LAMOTHE, D. – CHOINIÈRE, J., 1998 – Nouvelles zones minéralisées dans la partie Est des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca (SNRC 23E). Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 98-07, 8 pages.
- TREMBLAY, M. – MARLEAU, R.A., 1973 – Étude de la géologie et du potentiel minéral du territoire de la Baie-James. Société de Développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 34001, 1146 pages, 102 plans.
- TRINH, L., 2014 – Metamorphism in the La Grande Greenstone Belt – James Bay Region, Quebec, Canada. University of Waterloo; honours thesis, 68 pages.
- TSIMBALANGA, S., 2012 – Levé de polarisation provoquée, propriété Trieste. Mines Virginia, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 66977, 16 pages, 52 plans.
- VILLENEUVE, P.-A., 1999 – Rapport des travaux 1999, projet Caniapiscou. Mines d'Or Virginia et Cambior, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 59201, 53 pages, 4 plans.
- VILLENEUVE, P.-A., 2000 – Rapport des travaux 2000, projet Caniapiscou. Mines d'Or Virginia et Cambior, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 58442, 97 pages, 6 plans.
- VILLENEUVE, D., 2003 – Report on an overburden sampling program on diamond exploration properties in the Otish Mountains area of north central Quebec. Diadem Resources, rapport statutaire soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 62020, 135 pages, 7 plans.
- WINCHESTER, J.A. – FLOYD, P.A., 1977 – Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*; volume 20, pages 325-343
- WOOD, D.A., 1980 – The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*; volume 50, pages 11-30.

Tableau 1 - Description sommaire des indices de la région du lac Joubert							
Indices, gîtes	Feuillelet SNRC Estant Nordant (NAD83)	Substances principales (secondaires)	Roche encaissante, description	Morphologie, type	Minéraux métalliques	Teneurs	Informations additionnelles
Indice Galine 135269	33H01 Zone 18 689566 mE 5898030 mN	Au	Paragneiss à biotite et grenat	Blocs avec veines de quartz étroites (1-2 cm)	Pyrrhotine, arsénopyrite	1,37 g/t Au dans un échantillon choisi (Savard et Archer, 2009); 385 ppb Au, 100 ppm As et 100 ppm Cu (ce rapport, numéro unique 2015061635)	Découvert en 2008 par prospection
Indice Scrou-Ten	23E03 Zone 19 338233 mE 5899507 mN	Au-Ag	Paragneiss à biotite et grenat, près du contact avec des paragneiss très riches en sillimanite	Minéralisation disséminée dans le paragneiss et dans les veines de quartz	Pyrrhotine, arsénopyrite, pyrite	39,2 g/t Au et 24.8 g/t Ag dans un échantillon choisi (Grenier <i>et al.</i> , 2008a); 2,73 g/t Au, 0,52 % As et 110 ppm Cu dans un échantillon choisi (ce rapport, numéro unique 2015061559)	Découvert en 2007 par prospection
Indice SE	23E03 Zone 19 333331 mE 5884595 mN	Au ±Ag ±Cu	Paragneiss migmatitisé à biotite	Veines de quartz centimétriques (jusqu'à 5 cm), boudinées	Pyrrhotine, pyrite, arsénopyrite	3,7 g/t Au et 1,3 g/t Ag dans un échantillon choisi (Grenier <i>et al.</i> , 2008a); 4,69 g/t Au, 290 ppm Cu et 0,3 % As (ce rapport, numéro unique 2015061581)	Découvert en 2007 par prospection
Indice 15-CL-5126	23E03 Zone 19 346190 mE 5892148 mN	Ag ±Cu	Niveau de formation de fer dans une diorite	Zone rouillée de 0,5 à 2 m d'épaisseur	Pyrite, pyrrhotine, oxydes de fer	5 ppm Ag, 2180 ppm Cu, 37 ppb Au, 170 ppm Zn (ce rapport, numéro unique 2015061537)	Découvert en 2015 lors d'une campagne de cartographie

Tableau 2 - Sites minéralisés à teneurs anormales et zones favorables identifiés dans la région du lac Joubert								
No. échantillon	No unique	SNRC	Zone UTM	Estant	Nordant	Description	Unité	Teneurs
				(NAD 83)				
15- PB -1067-A	2015061440	23E04	19	322303	5889657	Métawebstérite à biotite très déformée et altérée en trémolite	nAslb1	1300 ppm Cr, 680 ppm Ni, 2,7 ppb Pt, 4,5 ppb Pd
15-PB-1176-A	2015061623	33H01	18	667689	5893835	Roche ultramafique foliée et fortement altérée en trémolite	nAslb2	1360 ppm Cr, 1080 ppm Ni
15-HH-2002-D	2015061554	33H01	18	685903	5899854	Niveau rouillé décimétrique à oxydes de fer, pyrrhotine et grenat encaissé dans un paragneiss déformé à cordiérite et grenat	nAslm1	606 ppb Au, 0,7 ppm Ag, 368 ppm As
15-HH-2158-A	2015061629	33H01	18	673707	5893193	Métawebstérite à olivine	nAslb2	1530 ppm Cr, 1240 ppm Ni, 6,5 ppb Pt, 4,5 ppb Pd
15-SB-3045-A	2015061441	23E04	19	320541	5891596	Métawebstérite à olivine altérée en trémolite	nAslb2	1500 ppm Cr, 1020 ppm Ni, 2,4 ppb Pt, 2,7 ppb Pd
15-SB-3078-A	2015061527	33H01	18	679159	5895761	Métapyroxénite pauvre en olivine (moins de 2 %) avec magnétite et chromite (?) interstitielles (5 à 7 %)	nAdut1	1450 ppm Cr, 352 ppm Ni, 13,2 ppb Pt, 5,3 ppb Pd
15-SB-3185-A	2015061624	33H01	18	680518	5901326	Amphibolite avec 2 à 3 % de sulfures	M16a	708 ppm V, 1,38 % TiO ₂
15-AR-4062-A	2015061442	33H01	18	670751	5894339	Métawebstérite à olivine	nAslb2	1180 ppm Cr, 1090 ppm Ni, 2,5 ppb Pt, 2,9 ppb Pd
15-AR-4068-B	2015061444	23E04	19	327563	5902703	Métawebstérite à hornblende avec olivine altérée en serpentine et présence de trémolite	nAslb1	3490 ppm Cr, 399 ppm Ni
15-AR-4085-D	2015061539	23E04	19	329533	5882535	Niveau de formation de fer à sulfures de 0,5 m d'épaisseur fortement rouillée	nAslm3	121 ppb Au, 230 ppm Cu
15-CL-5009-A	2015061445	33H01	18	678949	5900932	Ultramafite altérée en trémolite avec reliques de clinopyroxène et traces de magnétite. L'intrusion de 0,6 km x 0,5 km est associée à une forte anomalie magnétique positive	nAdut1	0,23 % Cr, 0,37 % Cr ₂ O ₃ , 643 ppm Ni, 23,7 ppb Pt, 24,2 ppb Pd
15-CL-5078-A	2015061469	23E04	19	311322	5894120	Paragneiss fortement déformé à biotite, muscovite et sillimanite. Zone de cisaillement locale	nAslm2	176 ppb Au, 548 ppm As,
15-CL-5175-A	2015061563	23E03	19	353837	5885666	Granite à biotite, hornblende, sphène et magnétite	nAnic	983 ppm TRtot, 241 ppm Rb
15-NC-6134-A	2015061510	23E03	19	352798	5891666	Zone de cisaillement au sein de paragneiss à biotite, sillimanite, cordiérite. Altération en séricite	nAslm1a	983 ppm W, 16 ppm Sn
15-FB-7519-B	2015061626	23E03	19	351042	5874803	Métawebstérite à olivine contenant un peu de biotite	nAslb2	1610 ppm Cr, 1120 ppm Ni, 2,8 ppb Pt, 2,9 ppb Pd
15-CL-5153-A1	2015061578	23E04	19	329559	5884238	Métawebstérite à olivine, biotite, phlogopite, pyrrhotine. Altération en trémolite et talc. Associée à une forte anomalie magnétique positive de 3 km par 0,9 km	nAslb1	1970 ppm Cr, 1200 ppm Ni, 2,9 ppb Pt, 3,2 ppb Pd
15-NC-6156-C1	2015061632	23E03	19	333720	5886422	Amphibolite à biotite et reliques de clinopyroxène contenant de la pyrrhotine et de la magnétite.	M16a	82 ppb Au, 0,14 % Cr ₂ O ₃ , 180 ppm Cu, 330 ppm Ni, 310 ppm Zn, 19,1 ppb Pt, 16,3 ppb Pd

TABLEAU 3 - Occurrences de sillimanite (>20 %)

No. échantillon	No. unique	SNRC	Zone UTM	(NAD83)		Unité
				Estant	Nordant	
98-RT-1201	1998021983	23E03	19	344337	5885067	nAslm2
98-RT-1202		23E03	19	344818	5885497	nAslm2
15-SB-3125	2015061551	23E03	19	348110	5884758	nAslm2
15-SB-3126		23E03	19	347770	5884305	nAslm2
15-SB-3127		23E03	19	347334	5884421	nAslm2
15-SB-3128		23E03	19	346946	5884194	nAslm2
15-SB-3129		23E03	19	346470	5884374	nAslm2
15-SB-3130	2015061552	23E03	19	345988	5884141	nAslm2
15-AR-4148		23E03	19	347420	5886582	nAslm2
15-AR-4149		23E03	19	347224	5886432	nAslm2
15-AR-4151		23E03	19	348080	5885893	nAslm2
15-AR-4152		23E03	19	347546	5884915	nAslm2
15-CL-5077		23E04	19	311300	5894198	nAslm2
15-CL-5078	2015061469	23E04	19	311322	5894120	nAslm2
15-CL-5079		23E04	19	310759	5894549	nAslm2
15-CL-5163		23E03	19	339056	5898165	nAslm2
15-CL-5166		23E03	19	338486	5897707	nAslm2
15-NC-6114		23E03	19	340512	5897374	nAslm2
15-NC-6154		23E03	19	345201	5885937	nAslm2
15-NC-6159		23E03	19	347458	5884977	nAslm2

ANNEXE – Photographies

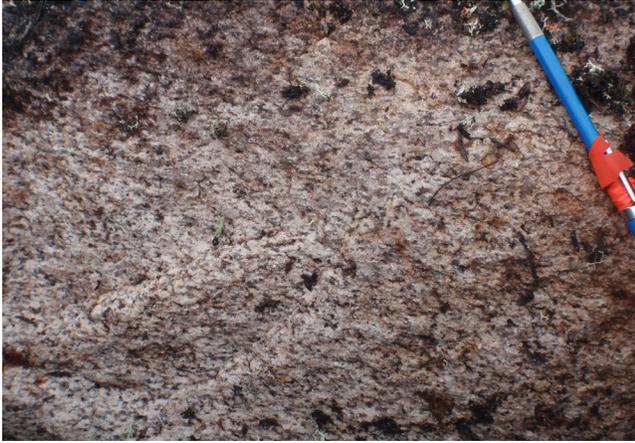


PHOTO 1 - Granodiorite du Pluton de la Rivière Galinée massive à légèrement foliée (affleurement 2015-SB-3111). Taille du crayon : 14 cm



PHOTO 2 - Paragneiss faiblement migmatitisé de la Formation de la Rivière Salomon (unité nAs/m1). Affleurement 2015-PB-1021. Taille du crayon aimant : 14 cm.

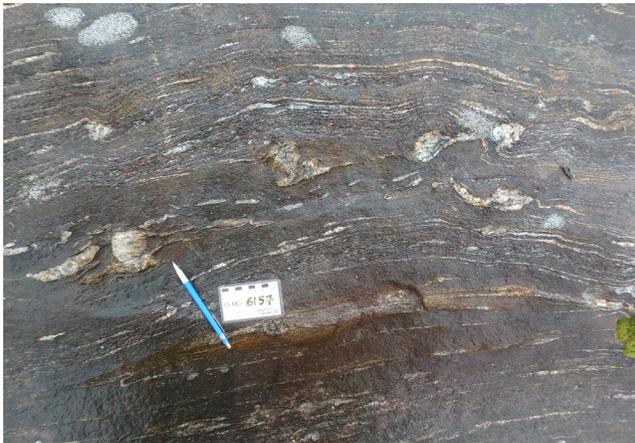


PHOTO 3 - Paragneiss montrant une migmatitisation plus poussée dans la Formation de la Rivière Salomon (unité nAs/m1a). Le mobilisat granitique se présente généralement en fines bandes parallèles à la foliation. La structure stromatique est dominante dans cette unité (affleurement 2015-NC-6157). Taille du crayon : 14 cm.



PHOTO 4 - Paragneiss riche en sillimanite de la Formation de la Rivière Salomon (unité nAs/m2). Celle-ci se présente en nodules en association avec le quartz et la muscovite (affleurement 2015-SB-3127). Taille de la partie métallique du crayon : 4 cm.



PHOTO 5 - Granite à biotite et tourmaline (près de 5 %) de la Pegmatite de Tilly. Affleurement 2015-CL-5088. Taille du crayon aimant : 14 cm.



PHOTO 6 - Paragneiss migmatitisé à structure stromatique du Complexe de Laguiche (unité nAlgi2a). Les niveaux de mobilisat sont affectés par des plis serrés à pygmatiques. Affleurement 2015-NC-6094. Taille du marteau : 30 cm

ANNEXE – Photographies (suite).



PHOTO 7 - Métatexite à structure stromatique du Complexe de Laguiche (unité nAlgi3a). Les niveaux de mobilisat sont plissés par endroits. Affleurement 2015-PB-1057. Taille du crayon aimant : 14 cm.



PHOTO 8 - Diatexite du Complexe de Laguiche (unité nAlgi4a). Le mobilisat constitue plus de 50 % de la roche. Affleurement 2015-AR-4162.



PHOTO 9 - Granodiorite massive à légèrement foliée de la Suite de Richardie. Le contenu en phénocristaux de feldspath potassique est faible. Affleurement 2015-CL-5125. Taille du crayon aimant : 14 cm.



PHOTO 10 - Tonalite foliée d'aspect gneissique de la Suite de Joubert à enclaves d'amphibolite et de diorite (affleurement 2015-PB-1039). Taille du marteau : 30 cm.



PHOTO 11 - Péridotite de la Suite de Dutreuil. Les cristaux millimétriques d'olivine partiellement altérés en serpentine sont en relief négatif. Affleurement 2015-HH-2132. Dimension de la boussole : 18 cm.



PHOTO 12 - Pyroxénite de la Suite de Dutreuil à structure équigranulaire. On note une forte altération en trémolite, particulièrement le long des fractures. Affleurement 2015-CL-5009. Taille du crayon aimant : 8 cm

ANNEXE – Photographies (suite).



PHOTO 13 - Métawebstérite de la Suite de Lablois. Les phénocristaux d'orthopyroxène sont en relief négatif et donnent à la roche un aspect de « gruyère ». Affleurement 2015-SB-3045. Taille de la pointe du crayon aimant : 1,5 cm.



PHOTO 14 - Granite mégaporphyrique du Pluton de Nichicun. La proportion des phénocristaux de feldspath potassique est d'environ 25 %. Affleurement 2015-PB-1146.



PHOTO 15 - Gabbro-norite massive à structure ophitique de l'Essaim de dykes de Mistassini. Affleurement 2015-HH-2069. Taille du crayon aimant : 13 cm.



PHOTO 16 - Amphibolite basaltique de l'unité lithologique M16a. Les cous-sins sont aplatis (affleurement 2015-HH-2090). Taille du marteau : 30 cm.



PHOTO 17 - Dyke du Lac Esprit. Un dyke de gabbro-norite à grain fin coupe un dyke de gabbro-norite à grain moyen. Affleurement 2015-AR-4006.



PHOTO 18 - Vue générale de l'indice Galine 135269 (Au). Taille du crayon : 14 cm.

ANNEXE – Photographies (suite).



PHOTO 19 - Bloc de paragneiss rouillé à l'indice Galine 135269 (Au). Taille du crayon : 14 cm.



PHOTO 20 - Paragneiss et veines de quartz minéralisés à l'indice Scrou-Ten (Au, Ag). Taille du marteau : 30 cm.



PHOTO 21 - Paragneiss migmatitisé et localement rouillé coupé par des veines de quartz minéralisées en sulfures à l'indice SE (Au ± Ag ± Cu). Taille du marteau : 30 cm.



PHOTO 22 - Zone rouillée à l'indice 15-CL-5126. Taille du marteau : 30 cm.



PHOTO 23 - Sillimanite en nodules dans l'unité nAsm12. Affleurement 15-AR-4149.

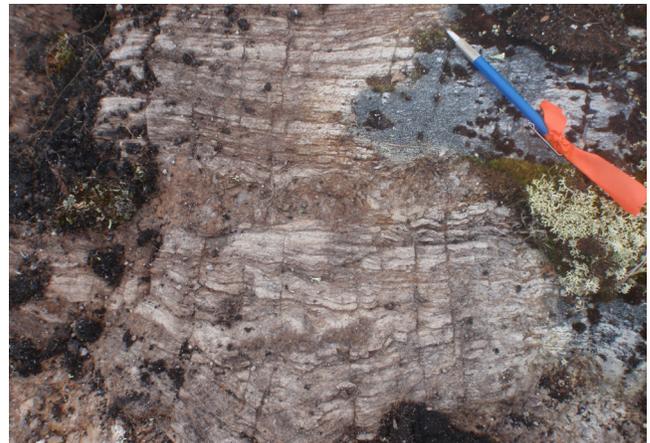


PHOTO 24 - Sillimanite en rubans dans l'unité nAsm12. Affleurement 15-SB-3126. Taille du crayon : 13 cm.

Résumé

Un levé géologique à l'échelle 1/50 000 a été réalisé au cours de l'été 2015 dans la région du lac Joubert (feuilles SNRC 23E03, 23E04 et 33H01) située à environ 400 km au nord de la ville de Chibougamau et à 120 km au SE du réservoir La Grande 4.

La région est composée en grande partie de roches archéennes appartenant aux sous-provinces de La Grande et d'Opinaca de la Province du Supérieur.

Dans la Sous-province de La Grande, les roches les plus anciennes occupent une surface réduite dans le coin NW de la zone d'étude. Les amphibolites de la Formation de Trieste ($2839,2 \pm 5,6$ Ma) sont associées à un épisode volcanique à dominance mafique et à un métamorphisme néoarchéen. Le plutonisme mésoarchéen est limité et se manifeste par la mise en place des roches mafiques du Métagabbro de Sarane (2820 ± 9 Ma).

Au Néoarchéen précoce, le plutonisme felsique s'est manifesté par la mise en place du Pluton de la Rivière Galinée ($2750 \pm 6,8$ Ma). Plus tard, deux bassins sédimentaires distincts se sont développés dans chacune des deux sous-provinces. Au nord, dans la Sous-province de La Grande, les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon (<2708 Ma) sont constituées de paragneiss couramment migmatitisés dérivés de wackes arkosiques à quartzitiques associés à des métatexites issues de ces paragneiss. Dans la Sous-province d'Opinaca, le Complexe de Laguiche (>2710 Ma) est formé de paragneiss dérivés de wacke, de métatexites et de diatexites. Ces migmatites sont caractérisées par l'omniprésence de grenat et d'orthopyroxène.

Les roches plutoniques felsiques sont particulièrement abondantes dans la La Grande où elles occupent près de 30 % du terrain. Dans ce secteur, les tonalites et les granodiorites foliées de la Suite de Joubert font intrusion dans les roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Dans la Sous-province d'Opinaca, cette même Suite de Joubert coupe les roches métasédimentaires du Laguiche. Les injections granitiques très abondantes associées à cette dernière unité viennent s'ajouter au mobilisat issu de la fusion partielle.

Quelques intrusions ultramafiques tarditectoniques à post-tectoniques sont répertoriées principalement au sein des roches métasédimentaires du La Grande. Il s'agit des suites de Dutreuil et de Lablois qui se distinguent l'une de l'autre par leurs compositions géochimiques différentes. Les unités felsiques des suites de Richardie (2693 Ma) et de Joubert (~ 2680 Ma), de la Pegmatite de Tilly, du Pluton de Nichicun (2592 à 2589 Ma) et de la Suite de Viau (2572 à 2571 Ma) sont présentes dans les deux sous-provinces. Les trois dernières sont nettement post-tectoniques et post-métamorphiques.

Des dykes de gabbro et de gabbronorite d'âge néoarchéen tardif à paléoprotérozoïque coupent toutes les roches archéennes. Ils appartiennent à l'Essaim de dykes de Mistassini, aux Dykes de Senneterre et aux Dykes du Lac Esprit.

Le grain structural de la région d'étude est orienté grossièrement E-W à ESE. Il correspond à l'orientation des foliations tectonométamorphiques principales, des linéations minérales et d'étirement et des traces axiales. Au moins trois phases de déformation ductile ont été reconnues. La première (D1) a été oblitérée par les phases subséquentes et pourrait regrouper plus d'un événement. La seconde phase (D2) est associée à des contraintes NNE-SSW. Elle est à l'origine des foliations régionales, des structures plicatives E-W et, ultimement, des zones de cisaillement WNW-ESE. La dernière (D3) serait responsable de structures plicatives ondulantes N-S très discrètes sur le terrain. Des phases en extension plus jeunes sont soulignées par les dykes de gabbro et de gabbronorite néoarchéens à paléoprotérozoïques et par des linéaments d'orientation NW. Quatre domaines structuraux ont été définis. Le domaine I, situé au nord, englobe les roches métasédimentaires de la Rivière Salomon et les grandes intrusions de la Suite de Joubert. Il est caractérisé par une série de plis droits serrés. Le domaine II chevauche les deux sous-provinces et représente une zone de transition marquée par des plis serrés et déversés vers le SSW. Le domaine III, au sud, est composé des roches de l'Opinaca et se distingue par des plis droits ouverts. Ces domaines sont séparés par des zones de cisaillement à composante de chevauchement vers le SSW. Le domaine IV regroupe les intrusions tardives non affectées par la déformation régionale.

La majeure partie des roches archéennes du La Grande a subi un métamorphisme prograde au faciès supérieur des amphibolites, localement au faciès des granulites, comme en témoigne la migmatitisation poussée couramment observée dans les paragneiss. Dans l'Opinaca, l'assemblage orthopyroxène-grenat démontre un métamorphisme au faciès des granulites. L'isograde de l'orthopyroxène coupe le contact des deux sous-provinces. Les intrusions tarditectoniques et post-tectoniques sont peu ou pas affectées par le métamorphisme.

La région recèle principalement des minéralisations aurifères associées à des zones de cisaillement locales ou régionales au sein des roches métasédimentaires de la Formation de la Rivière Salomon. Les zones rouillées échantillonnées ont pour la plupart donné des teneurs très faibles en métaux. Toutefois, quelques-unes montrent des valeurs anormales en Au, Cu, Ag et As. Des teneurs anormales en Ni et Cr ont été obtenues dans des intrusions ultramafiques. La plus importante de celles-ci (3 km x 0,9 km), située à l'extrême est du feuillet 23E04, constitue la cible la plus intéressante pour ce type de minéralisation.

Un indice de Ag-Cu a été mis au jour lors de nos travaux. Il est associé à une zone rouillée au sein d'une diorite. L'échantillon a donné 5 ppm Ag et 2180 ppm Cu à l'analyse.