

MB 2025-12

Nouvelle application de la cartographie géochimique de plagioclases par XRFp : cas d'étude dans la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean, région du lac Jalobert, Province de Grenville, Québec

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



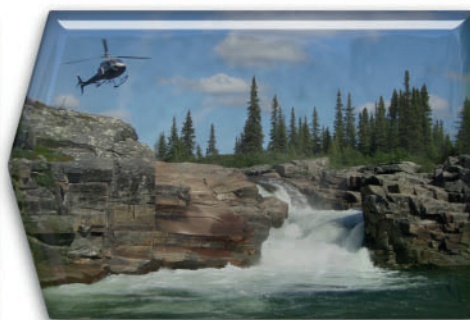
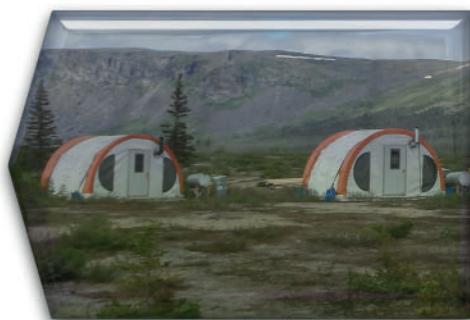
License

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

**Ressources naturelles
et Forêts**

Québec





**Nouvelle application de la cartographie géochimique de plagioclases
par XRFp : cas d'étude dans la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean,
région du lac Jalobert, Province de Grenville, Québec**

Jonathan Katako Diyoyo, Sarah Dare, Renée-Luce Simard, Francis Talla Takam et Abdelali Moukhsil

MB 2025-12



Avertissement

Ce document est une copie fidèle du manuscrit soumis par l'auteur, sauf pour une vérification sommaire destinée à assurer une qualité convenable de diffusion.

Nouvelle application de la cartographie géochimique de plagioclases par XRFp : cas d'étude dans la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean, région du lac Jalobert, Province de Grenville, Québec

Par

Jonathan Katako Diyoyo¹, Sarah Dare, Ph.D.¹, Renée-Luce Simard, géo. ing. Ph.D.¹, Francis Talla Takam, géo. Ph. D.² et Abdelali Moukhsil, géo. Ph. D.²

¹Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

²Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF)

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet de maîtrise à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

Juin 2025

Table des matières

1	Introduction.....	5
2	Géologie régionale.....	6
3	Chimie des plagioclases par la fluorescence X portative (XRFp).....	10
3.1	Méthodologie de calcicité par XRFp.....	10
3.2	Résultats de calcicité et strontium par XRFp des plagioclases.....	13
4	Distribution spatiale de la chimie de plagioclase.....	14
5	Discussion.....	17
5.1	Comparaison régionale.....	20
6	Conclusion.....	21
	Références.....	22

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la géologie de la région du lac Jalobert couvrant les feuillets 22D10 et 22D15.....	9
Figure 2 : Distribution des lithologies dans la zone d'étude.....	12
Figure 3 : Diagramme binaire des teneurs moyennes en anorthite (An) et en Strontium (Sr) des plagioclases dans les différentes lithologies de la zone d'étude.....	13
Figure 4 : Diagramme binaire des teneurs moyennes en anorthite (An) et en Strontium (Sr) de plagioclase dans les différentes unités lithostratigraphiques de la zone d'étude.	15
Figure 5 : Distribution de A) la calcicité (An) et du B) strontium (Sr) dans le secteur du Lac Jalobert.....	16
Figure 6 : Distribution de la calcicité et du strontium dans les domaines de chaque unité sur fond géophysique	19
Figure 7 : Diagramme binaire des teneurs en anorthite (An) et en Strontium (Sr) des faciès anorthositiques des secteurs des différentes suites anorthositiques.....	20

RÉSUMÉ

Le but de cette étude est de démontrer l'efficacité de la fluorescence X portable (XRFp) comme outil de cartographie des massifs anorthositiques par le biais de la composition chimique du plagioclase (calcicité et strontium). L'étude a été effectuée sur plus de 337 échantillons anorthositiques collectés dans les feuillets SNRC 22D10 et 22D15 qui proviennent de trois suites anorthositiques d'âge mésoprotérozoïque de la région du lac Jalobert, au Saguenay–Lac-St-Jean. L'âge et la couleur de la roche sur le terrain de ces suites anorthositiques sont nettement différents : la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ; gris foncé, 1160 à 1140 Ma), l'Anorthosite de Vanel (gris rosé, 1080 ± 2 Ma) et l'Anorthosite de Mattawa (rosée, 1016 ± 2 Ma). Le plagioclase de ces unités a été analysé par XRFp pour déterminer leur calcicité et leur contenu en strontium (Sr). Ces caractéristiques ont été ensuite utilisées pour mieux définir la distribution spatiale de ces trois suites dans les deux feuillets à l'étude. Les résultats obtenus indiquent que le plagioclase de la SALSJ se caractérise par une calcicité variable (An_{33-65}) et des teneurs intermédiaires à élevées en Sr (0,07 à 0,2 % Sr), l'Anorthosite de Vanel par une calcicité variable (An_{43-63}) et de faibles teneurs en Sr ($< 0,1$ % Sr), alors que l'Anorthosite de Mattawa présente une faible calcicité ($An_{29,9-49,1}$) et des teneurs en Sr élevées ($> 0,126$ % Sr). Cette étude montre que la chimie minérale du plagioclase déterminée par XRFp est un outil efficace et utile pour assister la cartographie et différencier les unités anorthositiques dans les suites anorthositiques mésoprotérozoïques de la Province de Grenville. Cette méthode peut même être employée pour mettre en évidence des zonations cryptiques à l'intérieur d'une unité anorthositique (p. ex., bandes caractérisées par des calcicités distinctes dans la SALSJ) et même établir des relations entre des unités montrant une composition donnée et certains types de minéralisations (ex : bande d'anorthosite avec plagioclase de composition labrador [An_{50-55}] et minéralisations de Fe-Ti-V dans la SALSJ).

1 Introduction

Le présent travail consiste en l'application nouvelle de la fluorescence X portative (XRFp) pour déterminer la calcicité et contenu en Sr des plagioclases et l'utilisation de ces résultats comme un outil de cartographie de terrain dans des complexes anorthositiques mésoprotérozoïques de la Province de Grenville. Les échantillons anorthositiques utilisés pour cette étude proviennent de la campagne de cartographie du ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF) de l'été de l'année 2023 (juin à août), soit le projet de « Géologie de la région du lac Jalobert, Province de Grenville, région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec, Canada » (Talla Takam et Moukhsil, 2023) sous la direction cartographique de Francis Talla Takam et Abdelali Moukhsil du MRNF.

La région cartographiée (1/50 000) est située au nord de la rivière du Saguenay, à environ 6 km au NE de la municipalité de Saint-Fulgence, et couvre les feuillets 22D10 et 22D15. Ces deux feuillets présentent trois suites anorthositiques de différents âges offrant ainsi un contexte idéal pour démontrer comment la composition des plagioclases, déterminée par XRFp, peut être utilisée comme outil rapide et efficace de cartographie.

La méthodologie de détermination de la calcicité des plagioclases par XRFp, développée au Laboratoire des Matériaux Terrestres (LabMaTer; Tondoh, 2021; Mercier 2022) sous la supervision de Sarah Dare et Renée-Luce Simard de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). Cette nouvelle technique a été utilisée avec succès pour montrer la répartition spatiale de la calcicité du plagioclase dans la SALSJ sur la marge ouest (Mercier, 2022; Gueye, 2023; Hassen Ali et *al.* 2023), la marge sud (Hassen Ali et *al.*, 2024 ; Katako Diyoyo et *al.* 2024) et la marge est (Miloski, 2023) et a démontré que la composition du plagioclase (calcicité et teneur en Sr par XRFp) des différentes suites anorthositiques de la Province de Grenville centrale (Anorthosite de Mattawa, Anorthosite de Labrieville, Anorthosite de Vanel et SALSJ) et leurs minéralisations Fe-Ti-V-P correspondantes sont distinctes.

En combinaison avec les teneurs de strontium (Sr) et la calcicité des plagioclases tous deux obtenus par XRFp, ce projet a pour but de délimiter la distribution spatiale de la chimie des plagioclases dans les deux feuillets de la région du lac Jalobert, et si possible,

établir des corrélations entre la chimie minérale et les minéralisations en Fe-Ti-V-P associées avec les suites anorthositiques du secteur de cartographie.

2 Géologie régionale

La zone d'étude (Figure 1) est répartie entre les feuillets 22D10 et 22D15 et se localise dans la partie centrale de la Province de Grenville, qui correspond à la Ceinture Allochtone Polycyclique, avec comme limite le Front de Chevauchement Allochtone au Nord-Ouest et la Zone Limite de la Ceinture Monocyclique, et est caractérisée par des roches d'âge mésoprotérozoïques (Rivers et *al.*, 1989). Cette région se caractérise par plusieurs phases de déformation, données par des failles et des zones de cisaillement dont la plus importante dans le secteur de cartographie est la Zone de cisaillement de Saint-Fulgence (NE-SW). Le métamorphisme régional est au faciès des granulites dans le secteur (Talla Takam et Moukhsil, 2023).

Dans la zone de cartographie, le socle est constitué par le Complexe gneissique du Saguenay (1506 ± 13 Ma) et le Complexe gneissique du Cap à l'Est (1391 ± 7 Ma : Hébert et van Breemen, 2004), formant une bande très déformée au contact de la Zone de cisaillement de Saint-Fulgence (Talla Takam et Moukhsil, 2023; Figure 1). Le Complexe gneissique du Saguenay est caractérisé par un faciès des roches supracrustales qui comprend des paragneiss à biotite-grenat-sillimanite-cordiérite, du quartzite à grenat-cordiérite, des roches calcosilicatées, des marbres, des amphibolites, des tonalites, des diorites et des gabbros gneissiques (Talla Takam et Moukhsil, 2023). On y retrouve aussi des gabbros et des amphibolites qui étaient associés à l'intrusion mafique du Cap à la Mer (Talla Takam et Moukhsil, 2023). Le Complexe gneissique du Cap à l'Est est constitué de gneiss granulitiques, monzonitiques, granitiques, granodioritiques, mangéritiques et syénitiques (Talla Takam et Moukhsil, 2023).

La Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ; 1160 – 1140 Ma : Higgins et Van Breemen 1992, 1996) recouvre le cœur de la zone cartographiée (Figure 1). La SALSJ est constituée de trois sous-unités. La première est la sous-unité lsj1, située le long de la Zone de cisaillement de Saint-Fulgence à l'est (Figure 1), est composée de gabbro-norite à oxydes de Fe-Ti et de leuconorite coronitique. La sous-unité la plus dominante dans la zone

d'études est lsj2 qui s'étend de l'ouest à la Zone de cisaillement de Saint-Fulgence (Figure 1) et comprend des anorthosites enrichies en Fe-Ti, de la leuconorite porphyroclastique à plagioclase mauve, bleuté ou gris clair à blanc, du gabbro, de la norite, des niveaux de roches ultramafiques et de gabbronorite à oxydes de Fe-Ti. Finalement, la sous-unité lsj3 se localise dans la partie centrale près de l'indice Buttercup (Figure 1) et est composée de magnétitite ($\pm$ vanadifère) à ilménite-spinelle $\pm$ apatite (1 à 20 % ; Talla Takam et Moukhsil, 2023).

La Mangérite de Chicoutimi (1082 ± 3 Ma : Hervet et *al.*, 1994; Higgins et Van Breemen, 1996) se trouve au coin sud-ouest de la zone de cartographie (Figure 1) et est composée de mangérite rose porphyroïde, massive à foliée, de granite à feldspath alcalin et de mangérite verte porphyroïde, massive à foliée (Talla Takam et Moukhsil, 2023).

L'Anorthosite de Vanel (1080 ± 2 Ma : Van Breemen, 2009) se trouve dans la partie centrale nord, et est en contact avec la SALSJ et la Mangérite de la Hache (à l'ouest) et l'Anorthosite de Mattawa à l'est (Figure 1). L'Anorthosite de Vanel se compose de leuconorite, d'anorthosite, de leucotroctolite, de norite, de gabbronorite dans la sous-unité nel1 et d'anorthosite et de leuconorite à plagioclase rose et pyroxène oïkocristique dans la sous-unité nel2 (Talla Takam et Moukhsil, 2023).

La Mangérite de Poulin-de-Courval (1068 ± 3 Ma : Hébert et Lacoste, 1998) se trouve au nord-est de la zone cartographiée (Figure 1) et est composée de mangérite, de charnockite et de syénite (Talla Takam et Moukhsil, 2023). Localement, on y trouve également une brèche magmatique de composition monzonitique à enclaves de gabbro et de diorite ainsi que des roches (mangérite, de charnockite et de syénite) mylonitisées à proximité de la Zone de cisaillement de Saint-Fulgence (Talla Takam et Moukhsil, 2023).

Le Granite de La Baie (1067 ± 4 Ma; Higgins et van Breemen, 1996) se trouve dans la Zone de cisaillement de Saint-Fulgence (au sud; Figure 1) et comprend des charnockites et des mangérites ocellées.

L'Anorthosite de Mattawa (1016 ± 2 Ma : Hébert et *al.*, 2005) se trouve au nord-est de la zone cartographiée (Figure 1). Elle est dominée par une anorthosite

mégaporphyrique et porphyroclastique dans l'unité mtw1 et une gabbro-norite à Fe-Ti-P dans l'unité mtw2 (Talla Takam et Moukhsil, 2023).

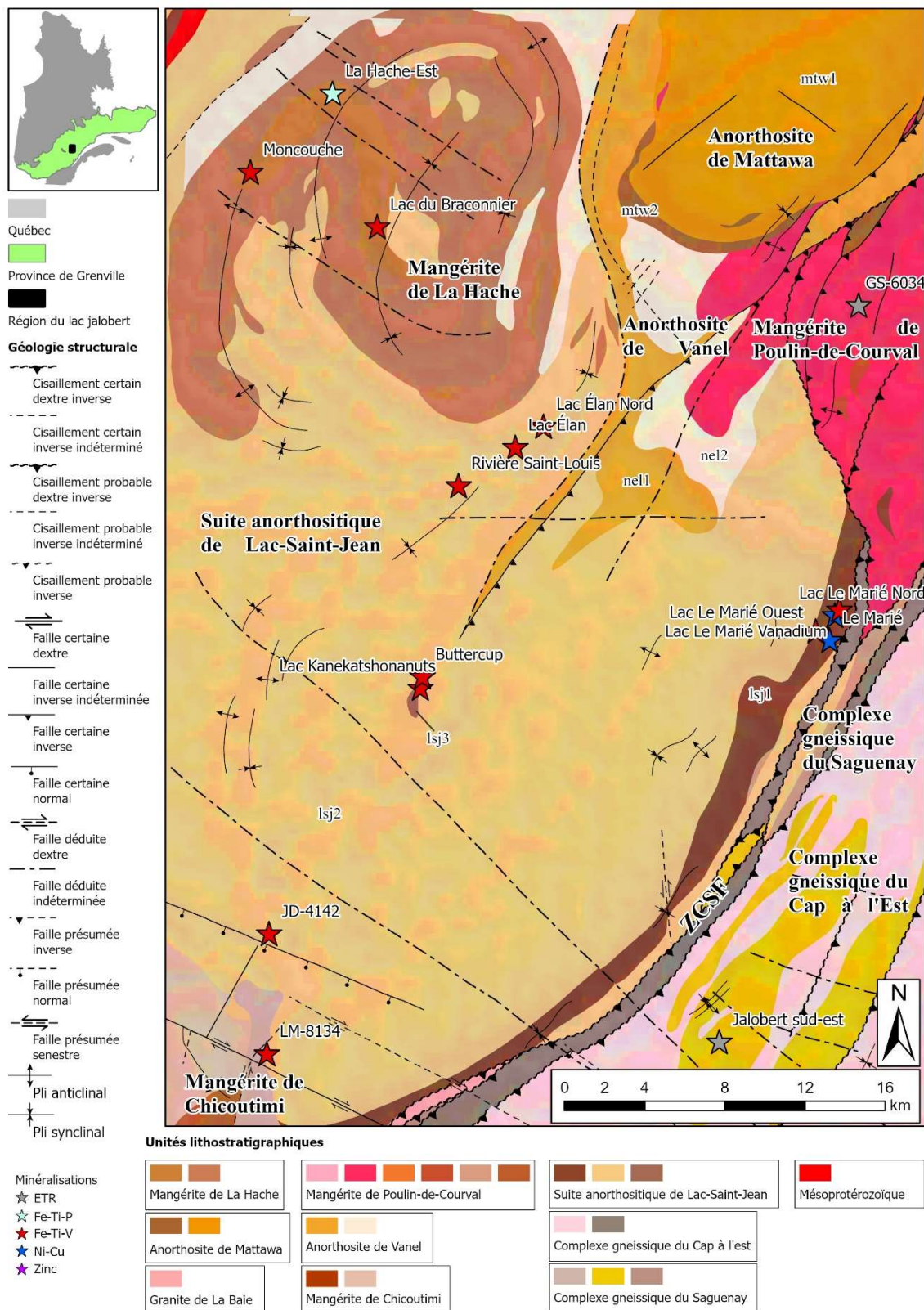


Figure 1 : Carte de la géologie de la région du lac Jalobert couvrant les feuillets 22D10 et 22D15 (géologie de Talla Takam et Moukhsil, 2023). ZCSF = Zone de Cisaillement de Saint-Fulgence.

La Mangérite de La Hache (1010 ± 3 Ma : Hébert *et al.*, 2005) affleure dans la partie nord-ouest dans la région cartographiée et présente des contacts avec la SALSJ (au sud) et l'Anorthosite de Vanel (au nord et l'est; Figure 1). La Mangérite de La Hache est composée de mangérites, de charnockites, de syénites et de granites à feldspath alcalin ainsi que de gabbro-norites à Fe-Ti-P (Talla Takam et Moukhsil, 2023), incluant des indices de Fe-Ti-V et Fe-Ti-P.

Talla Takam et Moukhsil (2023) mentionnent l'occurrence de plusieurs minéralisations dans cette région, notamment des indices de Fe-Ti-V dans la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (22D10), d'éléments des terres rares (ETR) dans les granites à feldspath alcalin du Complexe gneissique du Cap à l'Est au contact avec les roches métasédimentaires du Complexe gneissique du Saguenay et dans des dykes de pegmatite granitique et syénitique associés au Complexe gneissique du Saguenay dans le feuillet 22D10 (Figure 1).

3 Chimie des plagioclases par la fluorescence X portative (XRFp)

3.1 Méthodologie de calcicité par XRFp

Les analyses de Ca, Si, Sr de plagioclase par XRFp ont été réalisées LabMaTer, l'UQAC, suivant la méthode décrite par Katako Diyoyo *et al.* (2024) sous la supervision de S. Dare et R-L. Simard de l'UQAC. L'appareil utilisé pour la fluorescence-X portative (XRFp) est de marque Olympus Vanta, modèle VMR, série 821719, en prêt du ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF) pour la durée de ce projet.

La calcicité ou teneur en anorthite (An) est normalement donnée par le rapport entre le calcium sur la somme entre le calcium et le sodium ($\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$) en pourcentage molaire (% mol) et est traditionnellement calculée à partir de données de microsonde sur plagioclase. Elle peut également être estimée par normes CIPW sur analyses de roches totales pour des roches à > 90% plagioclases. Pour cette étude, ces analyses de calcicité se baseront sur le protocole XRFp développé à l'UQAC par Tondoh (2021) et Mercier (2022) sous la supervision de S. Dare et R-L. Simard de l'UQAC, qui permet de calculer de manière rapide, et à moindre coût, la calcicité de cristaux de plagioclase dans une roche avec le XRFp sur surface coupée lisse. Étant donné que le XRFp ne mesure pas facilement

le Na (élément trop léger), cette méthode se base sur le principe de double substitution $\text{Ca}^{2+} + \text{Al}^{3+} \rightleftharpoons \text{Na}^{+} + \text{Si}^{4+}$ dans les plagioclases. Plutôt que d'utiliser le rapport traditionnel $(\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})) \%$ mol, le nouveau protocole a démontré que le rapport Ca/Si peut être utilisé comme un proxy pour la calcicité (Tondoh, 2021). Pour les analyses, Tondoh (2021) suggère un temps d'analyse de 60 s avec un faisceau de 3 mm de diamètre. Il est également suggéré de cibler au moins 3 différents cristaux de plagioclase par échantillon sur les surfaces lisses (sciées). Pour les échantillons ayant plusieurs populations de grains de plagioclases (ex. matrice vs porphyroclastes), il est suggéré d'analyser au moins 3 grains par population.

Afin d'assurer la qualité des données, les matériaux de référence des plagioclases du LabMaTer (20AT04, RTS026B, BCP09, MGSCB03, LPR07) ont été également analysés au début et à la fin de chaque journée d'analyse pour évaluer la qualité des données. Globalement, ces matériaux de référence ont démontré une bonne justesse ($\leq 6,8 \%$) et une bonne précision ($\leq 2,6$) pour le calcul de la calcicité avec le XRFp (Katako Diyoyo et *al.* 2024). Cela montre que l'instrument XRFp du MRNF n'a pas de biais pour ces éléments et qu'aucune correction n'est nécessaire sur ces mesures avant d'effectuer les calculs de calcicité (voir Tondoh 2021 pour plus de détails à ce sujet).

Sur 870 affleurements visités durant la campagne de cartographie dans ce secteur, 337 échantillons ont été sélectionnés et analysés, pour un total de 1714 analyses de plagioclases avec la technique XRFp. Le nombre minimum des analyses par échantillon était de 3 à 5 grains. Les 134 échantillons dont les analyses ont donné plus de 0,5 % de Fe ou Mg (impuretés) dans le plagioclase ont été écartés pour ne pas fausser le calcul de la calcicité. En effet, ces impuretés (0,5 de Fe ou Mg) indiquent la présence des minéraux mafiques dans le plagioclase. Seulement 203 de ces échantillons ont donné des analyses sans impureté propre au calcul de la calcicité, soit 154 anorthosites, 2 diorites, 45 leuconorites et 2 leucotroctolites (Figure 2). Les lithologies qui ont plus présenté ces impuretés sont principalement les leuconorites. Les résultats sont présentés en annexe (annexes 1-4).

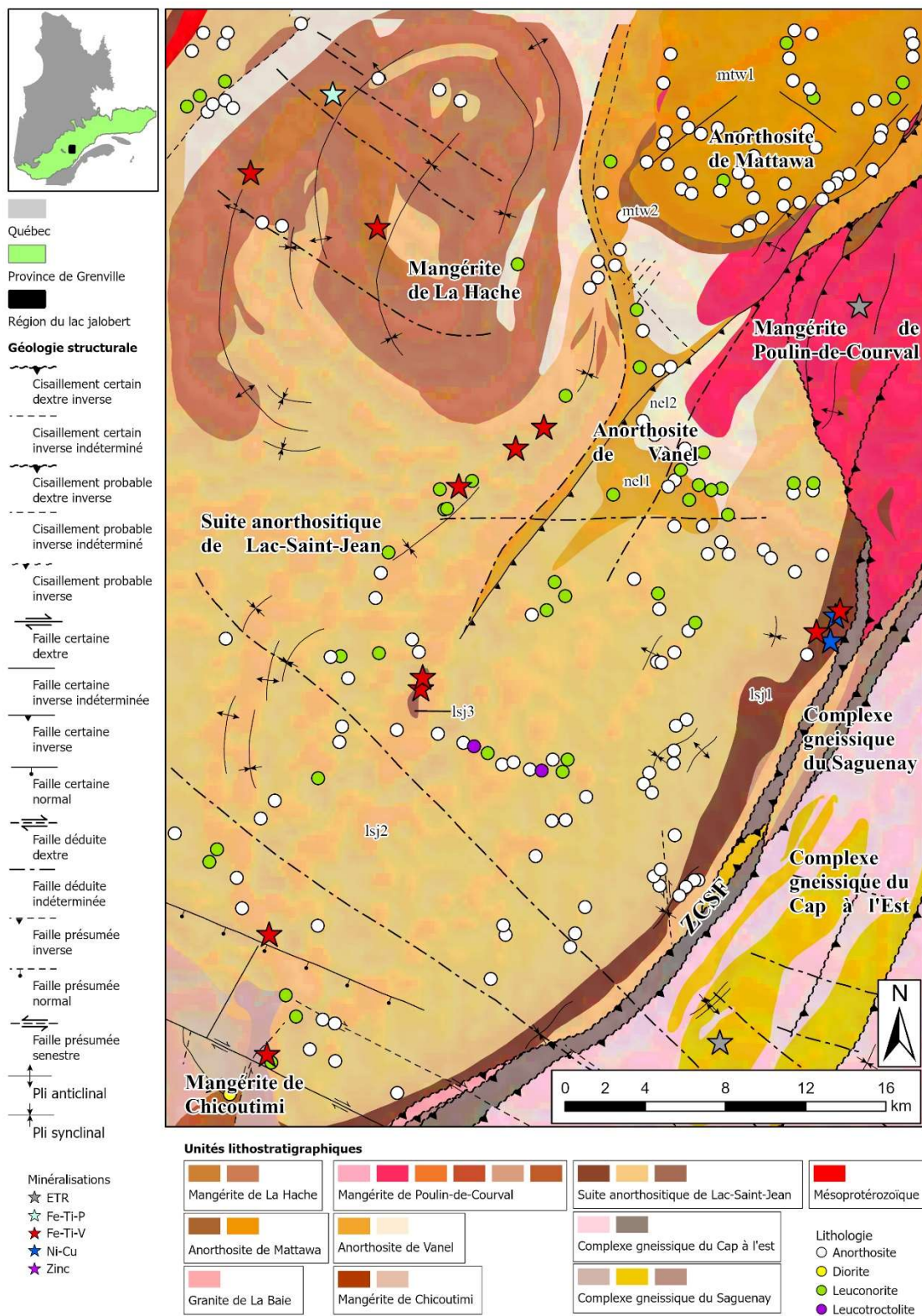


Figure 2 : Distribution des lithologies dans la zone d'étude (sur fond géophysique – gradient vertical du champ magnétique résiduel) et carte géologique (Talla Takam et Moukhsil, 2023)). ZCSF = Zone de Cisaillement de Saint-Fulgence.

3.2 Résultats de calcicité et strontium par XRFp des plagioclases

Selon la cartographie effectuée par Talla Takam et Moukhsil (2023; Figure 2), les échantillons de plagioclase analysés proviennent principalement de 3 unités, à savoir, la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (n=120), l'Anorthosite de Vanel (n=30) et l'Anorthosite de Mattawa (n=53). Un total de 765 analyses a été effectué sur ces unités. De façon générale, les teneurs en anorthite varient entre 29,9 à 65,2 % et entre 0,066 à 0,230 % en strontium pour toutes les unités (Figure 3).

Ces échantillons peuvent être divisés en deux groupes mutuellement exclusifs au point de vue des teneurs en strontium. Le premier groupe présente des teneurs en anorthite intermédiaires à élevées (An 39 – 65) et des teneurs en strontium basses (Sr 0,066 – 0,129). Le deuxième groupe présente des teneurs en anorthite basses (An 30 – 49) et des teneurs en strontium élevées (Sr 0,153 – 0,23). La tendance générale observée est une réduction de la teneur en anorthite alors que la teneur en strontium augmente, peu importe la lithologie.

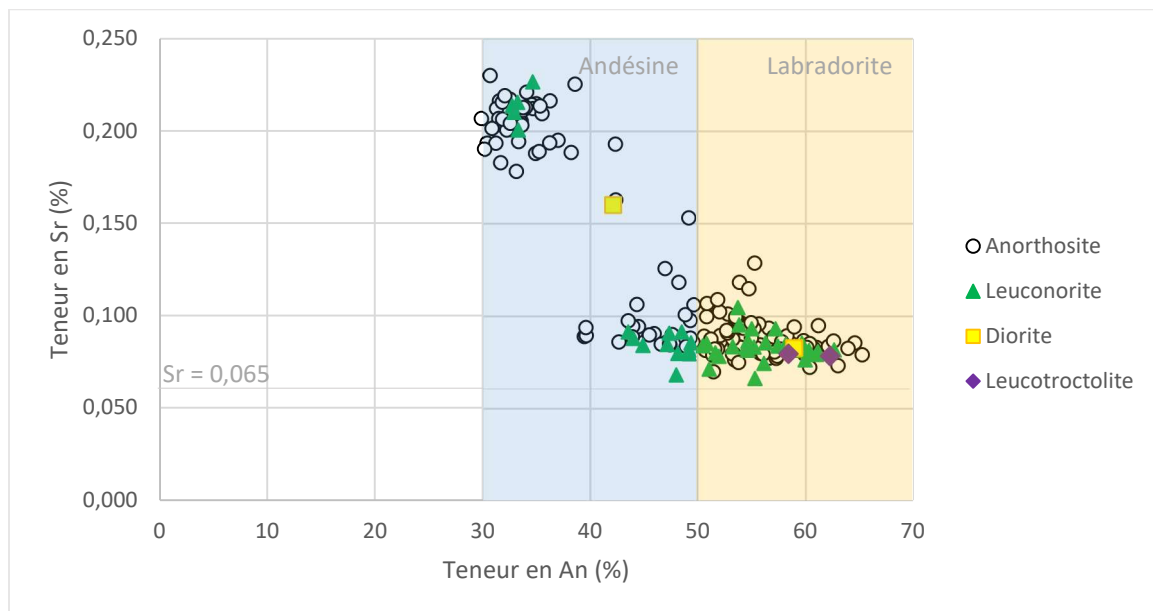


Figure 3 : Diagramme binaire des teneurs moyennes en anorthite (An) et en Strontium (Sr) des plagioclases dans les différentes lithologies de la zone d'étude. An = teneur en anorthite ou calcicité; Sr = strontium; Andésine = An 30-50 ; Labradorite = An 50-70.

En détail, les lithologies à plagioclase de type labradorite (An 50 – 70; Figure 3) sont dominées principalement par les anorthosites (71 %), suivi par les leuconorites (26 %) et ensuite les leucotroctolites et la diorite (2 %). Les roches à plagioclase de type andésine

(An 30 – 50; Figure 2) sont constituées par les anorthosites (82 %), les leuconorite (17 %) et la diorite (1 %).

Les plagioclases des échantillons analysés ont tous présenté des teneurs en strontium supérieures à 0,065 % (Figure 3). Parmi eux, 66 % d'échantillons ont des teneurs en strontium inférieures à 0,1 % et sont majoritairement des anorthosites (n=91) et des leuconorites (n=39). Les teneurs en strontium entre 0,1 – 0,15 % représentent 8 % des échantillons qui sont principalement des anorthosites (n=15) et une leuconorite (Figure 2). Les teneurs entre 0,15 – 0,2 % représentent 7 % et sont constituées des anorthosites (n=14) et une diorite. Les échantillons entre 0,2 – 0,25 % (Figure 2) représentent 19 % et sont constitués des anorthosites (n=34) et leuconorites (n=5).

4 Distribution spatiale de la chimie de plagioclase

Comme mentionné ci-haut, selon la cartographie effectuée dans le secteur du Lac Jalobert par Talla Takam et Moukhsil (2023; Figure 2), les échantillons de plagioclase analysés proviennent de 3 suites anorthosites distinctes, soit la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ), l'Anorthosite de Vanel et l'Anorthosite de Mattawa. Lorsque présentées sur le même diagramme binaire An-Sr de plagioclase (Figure 4), ces différentes suites présentent des caractéristiques bien différentes les unes des autres.

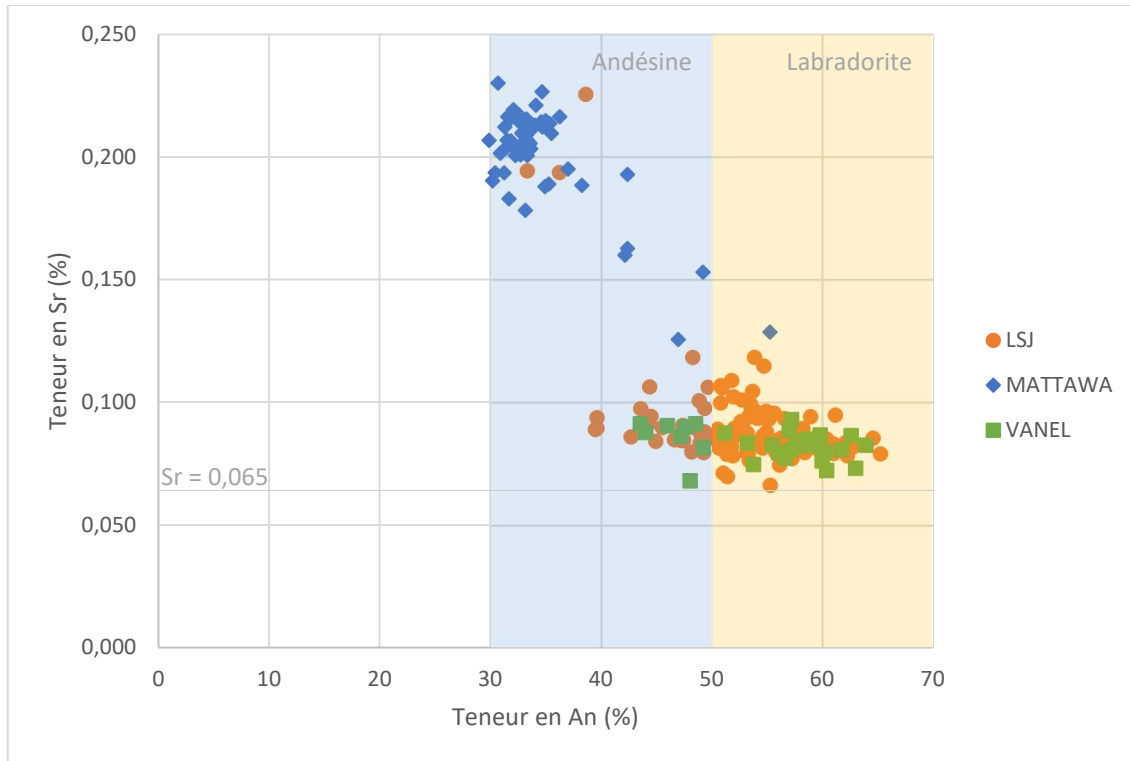


Figure 4 : Diagramme binaire des teneurs moyennes en anorthite (An) et en Strontium (Sr) de plagioclase dans les différentes unités lithostratigraphiques de la zone d'étude. An = teneur en anorthite ou calcicité; Sr = strontium; Plag = plagioclase; Andésine = An 30-50 ; Labradorite = An 50-70. LSJ : Lac-St-Jean.

Dans le secteur de Jalobert, les roches de la SALSJ présentent une calcicité variable de labradoritique à andésinitique (majoritairement labradoritique – 73 %; Figure 4). La majorité des roches de la SALSJ ont des teneurs en strontium inférieures à 0,1 % avec quelques échantillons entre 0,1 % et 0,226 %. L'anorthosite de Vanel présente une calcicité variable labradoritique à andésinitique (majoritairement labradoritique – 73 %) avec des teneurs en strontium toujours inférieur à 0,1 % (Figure 4), ce qui est similaire à la composition des plagioclases de la SALSJ. L'Anorthosite de Mattawa se distingue des deux précédentes unités par des hautes teneurs en strontium (Sr 0,126 – 0,23 %) et une calcicité andésinitique (An 29,9 – 49,1 % ; Figure 4).

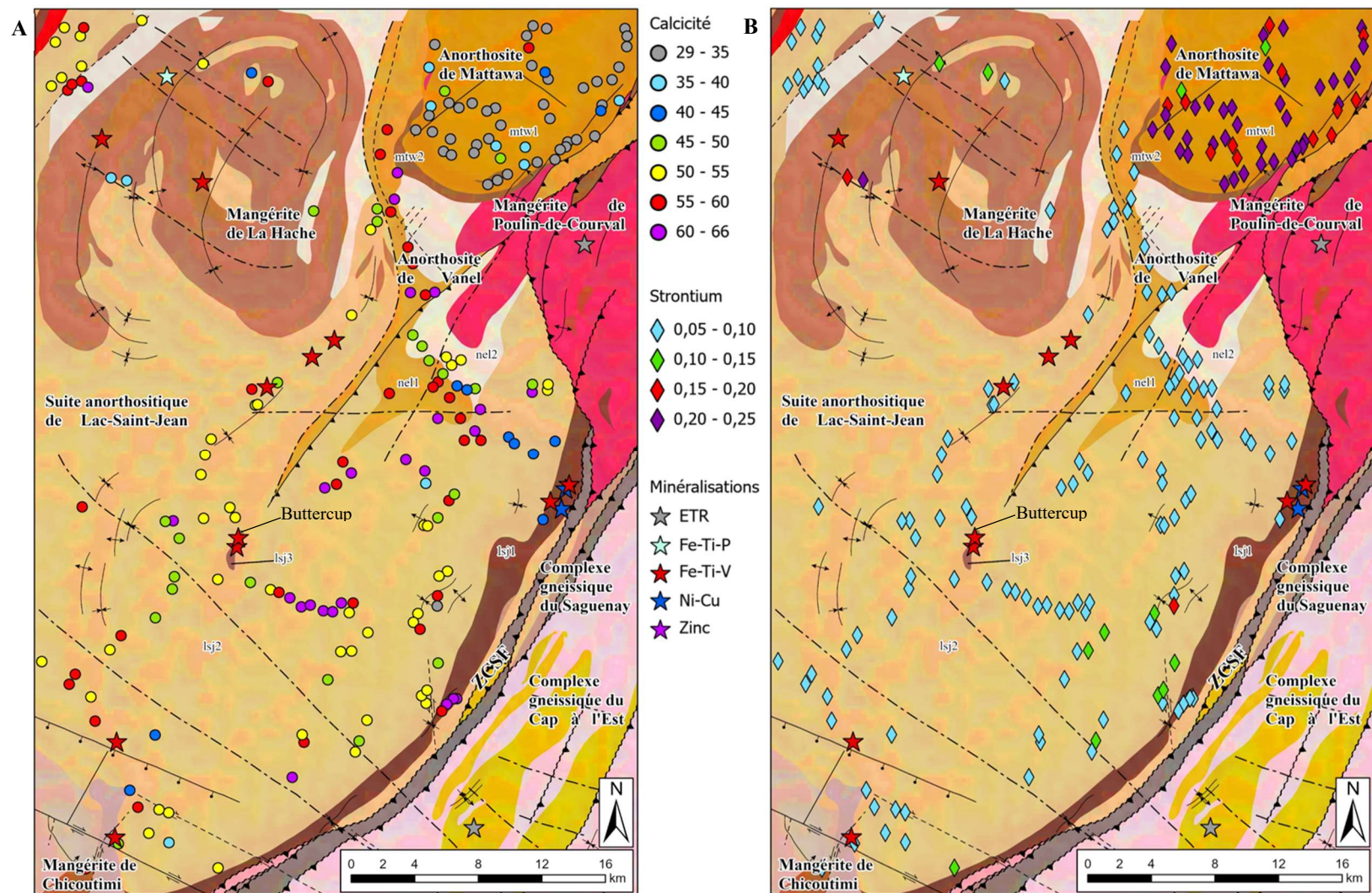


Figure 5 : Distribution de A) la calcité (An) et du B) strontium (Sr) dans le secteur du Lac Jolbert sur fond géophysique (gradient vertical du champ magnétique résiduel tiré du SIGÉOM) et carte géologique (Talla Takam et Moukhsil, 2023). ZCSF = Zone de Cisaillement de Saint-Fulgence.

5 Discussion

La zone cartographiée dans le Projet de la Géologie du Lac Jalobert est marquée par la présence de trois suites anorthositiques distinctes sur le terrain (Talla Takam et Moukhsil, 2023; Figure 1), géophysiquement et géochimiquement (Figure 6): la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ), l'Anorthosite de Vanel et l'Anorthosite de Mattawa.

En combinant la distribution de la susceptibilité magnétique, les grands corridors structuraux identifiés lors de la cartographie et par géophysiques ainsi que la distribution de la chimie des plagioclases dans la zone de cartographie du lac Jalobert, ceci a permis la définition de limites de domaines géochimiques entre et à l'intérieur des différentes suites anorthositiques étudiées (Figures 6 – 7).

La SALSJ a été divisée en plusieurs grands domaines orientés NNE (Figures 6 – 7). Elle semble découpée dans son centre par le prolongement de la faille de chevauchement NNE-SSW passant juste à l'est de l'indice Buttercup qui délimite deux lobes majeurs. Le lobe « est » est caractérisé d'ouest en est par deux sous-domaines avec des valeurs en strontium qui augmente légèrement vers l'est (de Sr 0,05 à 0,15) et une calcicité labradoritique qui diminue vers est (An 66 à 50). Le lobe « ouest » est caractérisé par des bandes de calcicité légèrement labradoritiques (An 50 – 55) avec des bandes andésinitiques (An 40 – 50), toutes avec de très faibles teneurs en Sr ($< 0,1$). Il est à noter que les minéralisations en Fe-Ti-V (ex. indice Buttercup) semblent se retrouver dans la bande de calcicité légèrement labradoritique (An 50 – 55) juste à l'ouest de la zone de chevauchement.

L'Anorthosite de Vanel a été divisée en trois domaines (Figures 6 – 10) qui sont, de gauche à droite : le domaine 1 = nel2 (An 56 – 63 et Sr 0,073 – 0,082), le domaine 2 = nell (An 56,6 – 62,6 et Sr 0,072 – 0,093), et le domaine 3 = nel2 (An 43,5 – 53,8 et Sr 0,075 – 0,091). Ce dernier domaine présente des teneurs en anorthite et en strontium similaires à celles de la portion nord-est de la SALSJ (entre la Mangérite de Poulin-de-Courval et l'Anorthosite de Vanel), avec des valeurs en anorthite de An 49,2 à 60,7 et en strontium de

Sr 0,078 – 0,083. Ces similarités pourraient suggérer une continuité de l'Anorthosite de Vanel dans ce secteur.

L'Anorthosite de Mattawa semble de composition uniforme avec une calcicité andésinitique entre An 30 – 49 et Sr 0,13 – 0,2, très distinctes des deux autres suites anorthositiques du secteur avec ses teneurs en strontium plus élevées et sa calcicité généralement plus basse.

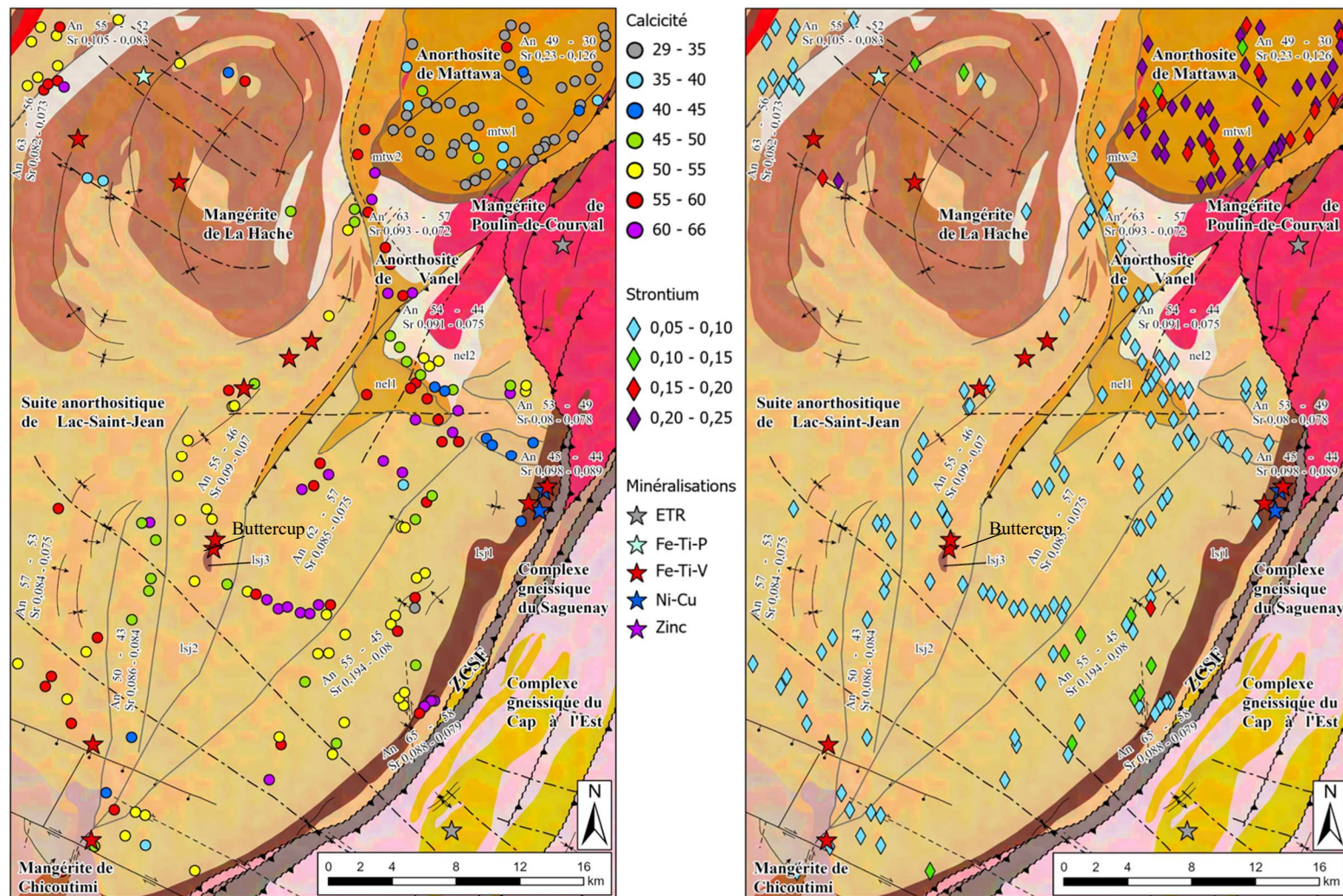


Figure 6 : Distribution de la calcicité et du strontium dans les domaines de chaque unité sur fond géophysique (gradient vertical du champ magnétique résiduel et carte géologique; modifié de Talla Takam et Moukhsil, 2023; ligne grise = limite des domaines géochimiques). ZCSF = Zone de Cisaillement de Saint-Fulgence.

5.1 Comparaison régionale

Les données géochimiques de ce projet ont été comparées à d'autres données géochimiques existantes de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (marge ouest, Gueye, 2023; marge sud, Katako Diyoyo et *al.*, 2024), l'Anorthosite de Vanel (Miloski, 2023) et l'Anorthosite de Mattawa (Miloski, 2023). Toutes ces données sont présentées dans la figure 7.

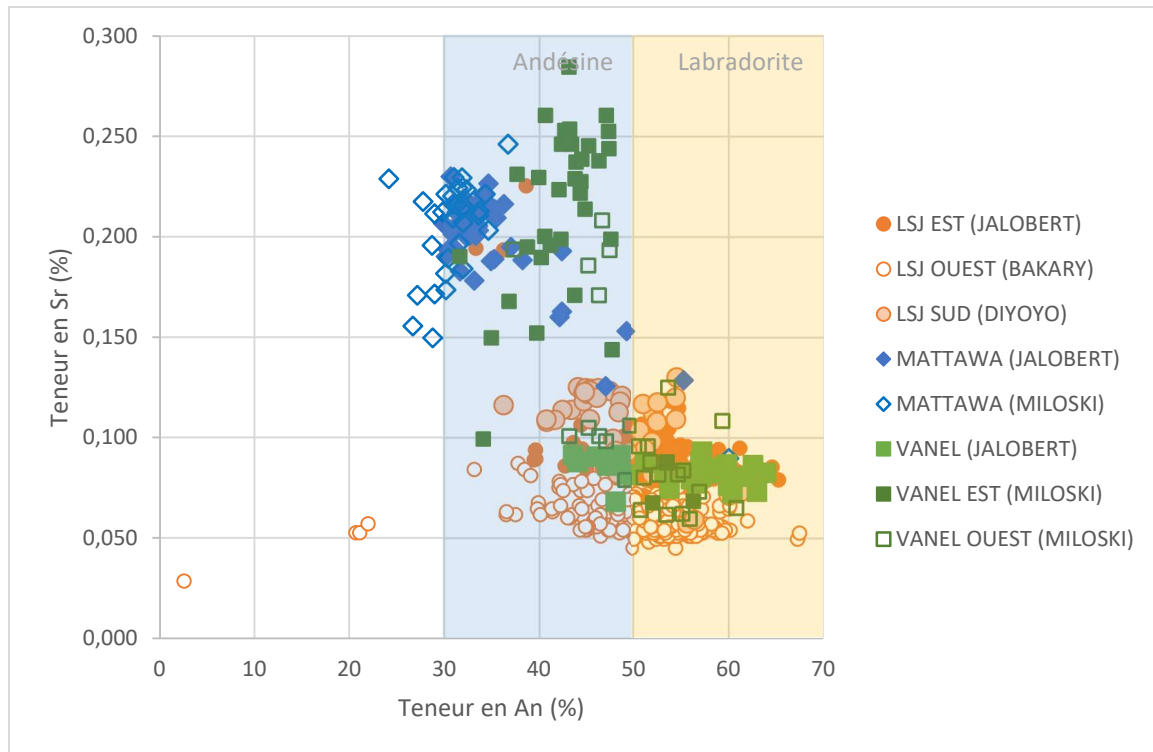


Figure 7 : Diagramme binaire des teneurs en anorthite (An) et en Strontium (Sr) des faciès anorthositiques des secteurs des différentes suites anorthositiques du secteur d'étude (2023) et de la littérature (Gueye 2023, Miloski 2023, Katako Diyoyo et *al.* 2024). LSJ : Lac-St-Jean.

En général, cette comparaison a montré que les trois suites anorthositiques présentent des valeurs de calcicité similaires avec les données de calcicité des études antérieures alors que les teneurs en strontium diffèrent (Figure 7). Parmi ces 3 unités, l'Anorthosite Mattawa est la seule avec une calcicité andésinitique alors que les deux autres ont leur calcicité variable d'andésine à labradorite (Figure 7). Les teneurs en strontium varient de 0,05 à 0,15 % dans la SALSJ, de 0,05 à 0,091 % dans l'Anorthosite de Vanel et de 0,1 à 0,25 % dans l'Anorthosite de Mattawa.

Dans la SALSJ, il est observé, en général, une hausse des teneurs en strontium de l'ouest ($< 0,07\%$) vers l'est ($< 0,1\%$) et ensuite de l'est vers le sud ($< 0,15\%$; Figure 7). Dans l'anorthosite de Vanel, les teneurs en strontium de plagioclase de ce projet ($< 0,1\%$) sont similaires à la partie ouest de Vanel de Miloski (2023) pour la majorité et impossible à distinguer de la signature du plagioclase du SALSJ dans cette zone. Les teneurs en strontium dans la partie est de Vanel (au nord de l'Anorthosite de Mattawa) sont majoritairement plus élevées ($> 0,15\%$: Miloski 2023).

6 Conclusion

L'utilisation du XRFp comme outil de cartographie dans le secteur de Jalobert démontre l'efficacité de cette nouvelle technique lors d'une campagne de terrain dans les terrains anorthositiques. La chimie des plagioclases obtenue par XRFp dans ce secteur a bien démontré la présence de trois suites anorthositiques distinctes au point de vue géochimique.

Les teneurs en anorthite et strontium des plagioclases des unités plus âgées (SALSJ et Vanel) ont permis d'observer une dominance de roches anorthositiques à labradorite par rapport à celles à andésine et de basses teneurs en strontium ($> 0,1\%$), alors que l'Anorthosite de Mattawa, unité plus jeune, est restreintes à des faciès anorthositiques à andésine et des teneurs en strontium très élevées ($> 0,15\%$). L'analyse de la distribution spatiale des valeurs de calcicité et en strontium, couplée aux patrons géophysiques et données structurales, aide également au raffinement de sous-unités dans les suites anorthositiques plus âgées.

Références

- Gueye, B. (2023). Répartition spatiale de la composition de plagioclase de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean, secteur Nord-Ouest du Lac-Saint-Jean : implications pour exploration minérale. Projet fin d'études (UQAC), 55 p.
- Hassen Ali, T.H., Simard R-L, Dare S, Moukhsil A. (2023) Contexte géologique des minéralisations de Ni-Cu ± Co et de Fe-V-Ti-P de la marge ouest de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean. MB 2023-08. Ministère de ressources naturelles et forêts. 70 p.
- Hassen Ali, T., Simard R-L, Dare S, Moukhsil A. (2024) Cartographie pétrogéochimique par XRF portative de la marge sud de la Suite anorthositique de Lac Saint-Jean (secteur St-Bruno-Arvida) et des minéralisations de Fe-Ti-V-P associées, Province de Grenville central, Québec. MB 2024-07. Ministère des ressources naturelles et des forêts. 65 p.
- Hébert, C. et Lacoste, P. (1998). Géologie de la région de lac Jalobert : (22D/10). MRN; RG 97-05, 17 p.
- Hébert, C. et Van Breemen, O. (2004). Mesoproterozoic basement, the Lac-St. Jean anorthosite suite and younger Grenvillian intrusions in the Saguenay region (Quebec): structural relationships and U-Pb geochronology. In: Proterozoic tectonic evolution of the Grenville orogen in North America (Tollo, R.P., Corriveau, L., McLelland, J., Bartholomew, M., editors). Geological Society of America; Memoir 197, 65–79 p.
- Hébert, C., Cadieux, A. M., et Breemen, O. V. (2005). Temporal evolution and nature of Ti Fe P mineralization in the anorthosite mangerite charnockite granite (AMCG) suites of the south-central Grenville Province, Saguenay Lac St. Jean area, Quebec, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 42(10), 1865-1880.
- Hervet, M. D.; Van Breemen, O.; Higgins, M. (1994). U-Pb igneous crystallization age of intrusive rocks near the southeastern margin of the Lac-St. Jean Anorthositic Complex, Grenville Province, Québec. In: Radiogenic age and isotopic studies, Report 8. Geological Survey of Canada; Paper 1994-F, 115–124 p.
- Higgins, M. D. et Van Breemen, O. (1992). The age of the Lac-Saint-Jean anorthosite complex and associated mafic rocks, Grenville Province, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 29(7), 1412-1423.
- Higgins, M. D. et Van Breemen, O. (1996). Three generations of anorthosite-mangerite-charnockite-granite (AMCG) magmatism, contact metamorphism and tectonism in the Saguenay-Lac-Saint-Jean region of the Grenville Province, Canada. Precambrian research, 79(3-4), 327-346.
- Katako Diyoyo, J., Simard, R. L., Dare, S.; Moukhsil, A. (2024) Cartographie de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) dans le secteur des minéralisations de Fe-Ti-V-P du corridor de Saint-Charles-de-Bourget et de Bégin-Lamarche. MB 2024-08. Ministère des ressources naturelles et des forêts. 37 p.
- Mercier F. (2022) Répartition spatiale des faciès de la Suite anorthositique du Lac St Jean: implications pour exploration minérale. Projet fin d'études (UQAC), 48 p.
- Miloski, P. G. (2023). Geochemical variation of oxide-apatite mineralization associated with Proterozoic massif-type anorthosites in the Central Grenville Province, Quebec, Canada. Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi. 517 p.
- Rivers, T., Martignole, J.; Gower, C. F.; Davidson, A. (1989). New tectonic divisions of the Grenville Province, southeast Canadian Shield. Tectonics, 8(1), 63-84 p.
- SIGÉOM (2024) ministère des ressources naturelles et forêts (2024). SIGÉOM | Système d'information géominière | Carte interactive. https://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/11108_afchCarteIntr
- Talla Takam, F; Moukhsil, A. (2023) Géologie de la région du lac Jalobert, Province de Grenville, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, Québec, Canada. MB 2024-08. Ministère des ressources naturelles et des forêts. BG 2023-11.

- Tondoh, N., A. (2021) Développement d'une méthode d'analyse chimique de plagioclase par fluorescence X portative appliquée à la répartition spatiale des faciès de la Suite anorthositique du Lac-Saint -Jean. Projet de fin d'études (UQAC), 73 p.
- Van Breemen, O. (2009). Report on the U-Pb geochronology for the Pimpuacan Reservoir region. MRN, Geological Survey of Canada; MB 2009-04, 13 p.

ANNEXES NUMÉRIQUES

- Annexe 1 : Données brutes des analyses de plagioclase par XRFp.
- Annexe 2 : Résultats du calcul de la calcicité de plagioclase.
- Annexe 3 : Résumé de la calcicité de plagioclase plagioclase.
- Annexe 4 : Résumé des données de teneurs en anorthite et strontium de plagioclase par XRFp avec les lithologies correspondantes de chaque affleurement.
- Annexe 5 : Qualité de données XRFp de matériaux de références 20AT04 (plagioclase).
- Annexe 6 : Qualité de données XRFp de matériaux de référence RTSD26B (plagioclase).
- Annexe 7 : Qualité de données XRFp de matériaux de références BCP09 (plagioclase).
- Annexe 8 : Qualité de données XRFp de matériaux de références MGSCB03 (plagioclase).
- Annexe 9 : Qualité de données XRFp de matériaux de références LPR07 (plagioclase).