

MB 2026-02

Cartographie pétrogéochimique de la marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (secteur Jonquière–Saint-Henri-de-Taillon), Province de Grenville centrale, 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





**Cartographie pétrogéochimique de la marge sud
de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean
(secteur Jonquière–Saint-Henri-de-Taillon),
Province de Grenville centrale, Québec**

Théo Hassen Ali, Renée-Luce Simard, Sarah Dare et Abdelali Moukhsil

MB 2026-02

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.

Cartographie pétrogéochimique de la marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (secteur Jonquière–Saint-Henri-de-Taillon), Province de Grenville centrale, Québec

Théo Hassen Ali¹, Renée-Luce Simard, géo. ing. Ph.D.¹, Sarah Dare, Ph.D.¹ et Abdelali Moukhsil, géo. Ph. D.²

1 : Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

2 : Ministère des Ressources naturelles et des Forêts du Québec (MNRF)

Présenté en date du 30 janvier 2026

Résumé

La Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) constitue un massif anorthositique protérozoïque d'environ 20 000 km² qui abrite des ressources en minéraux critiques et stratégiques (Fe-Ti ± V ± P). Pour aider l'exploration dans ces terrains complexes, une meilleure compréhension de ces systèmes et le développement de nouveaux outils de cartographie sont essentiels. Le secteur d'étude consiste en un transect de 43 km entre Jonquière et Alma dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, dans la marge sud de la SALSJ. Dans ce secteur, la SALSJ est formée d'une succession de bandes centimétriques à métriques de leucotroctolite-anorthosite-leuconorite qui contient, dans deux corridors centraux distincts, des amas d'oxydes de fer massifs à olivine ± plagioclase (Moquin, Fe-Ti-V) et des nelsonites (oxydes de fer et apatite à pyroxène et plagioclase; Propriété Larouche, Fe-Ti-P). Le secteur d'étude a été segmenté en quatre corridors distincts du point de vue pétrostructural, géophysique, lithogéochimique et de la chimie minérale. La chimie du plagioclase (calcicité et teneur en Sr) a notamment été déterminée par XRF portative (XRFp).

Aux extrémités ouest (complexe de Saint-Henri-de-Taillon) et est (secteur de Jonquière) du transect, la SALSJ est formée principalement de bandes à pendage généralement faible (~20°) formées d'anorthosite et de leucotroctolite caractérisées par un plagioclase de composition labradorite (An₅₂₋₆₀) montrant des teneurs modérées en Sr (0,07 % à 0,10 % Sr). Les lithologies hôtes des corridors minéralisés diffèrent de celles des zones non minéralisées. Ainsi, le corridor minéralisé à Fe-Ti-P (Propriété Larouche) se distingue par des bandes d'anorthosite-leuconorite-leucotroctolite avec un plagioclase labradorite (An₄₈₋₅₈) qui présente des teneurs en Sr élevées (0,09 % à 0,13 % Sr). Ces bandes présentent un pendage moyen (~40°) et sont recoupées par le mégadyke de diorite de Lac Chabot. Le plagioclase dans la nelsonite (Propriété Larouche) est une andésine (An₃₈₋₄₃) associée à un Sr très élevé (0,19 % à 0,21 % Sr). Le corridor à Fe-Ti-V (indice Moquin) est constitué de bandes d'anorthosite-leucotroctolite à pendage fort (~75°) bordées par des zones de mylonites. Ce dernier secteur se distingue des secteurs non minéralisés par un plagioclase de composition andésine (An₄₅₋₄₉) et un contenu en Sr élevé (0,12 % à 0,14 % Sr). Dans les zones d'oxydes massifs (indice Moquin), le plagioclase est également une andésine (An₄₅₋₄₈) avec un Sr élevé (0,12 % à 0,13 % Sr). Ces différences de teneur en Sr du plagioclase dans les différents corridors, en plus des caractéristiques lithostructurales distinctes, suggèrent que la marge sud ne s'est pas formée à la suite d'une seule pulsation anorthositique, mais constitue plutôt plusieurs intrusions différentes appartenant à la SALSJ.

La chimie des minéraux mafiques, déterminée par LA-ICP-MS, a permis de mieux définir la pétrogenèse de ces intrusions. La concentration en Al₂O₃ des orthopyroxènes montre que les différentes intrusions qui constituent la marge sud ont cristallisées à une faible profondeur (< 2,2 kbar, soit environ 8 km). La calcicité du plagioclase est corrélée au nombre magnésien des minéraux mafiques dans les différentes intrusions, ce qui confirme que la cristallisation fractionnée contrôle la variation de calcicité et que les signatures plus évoluées sont associées aux intrusions minéralisées.

Cette étude montre donc que la cartographie géochimique du plagioclase par XRFp, combinée à la cartographie de terrain, est efficace pour caractériser et identifier les zones minéralisées en Fe-Ti $\pm$ V $\pm$ P dans les intrusions anorthositiques. Le signal géochimique régional de la marge sud de la SALSJ (An > 52 et Sr < 0,10 %) est clairement distinct du signal des corridors hôtes des minéralisations (An < 48 et Sr > 0,10 %) et des minéralisations en Fe-Ti $\pm$ V $\pm$ P proprement dites (An < 45 et Sr > 0,12 %).

Table des matières

1	Introduction	1
2	Géologie régionale.....	1
2.1	Marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean.....	4
3	Observations de terrain	5
3.1.1	Leucotroctolite	6
3.1.2	Anorthosite.....	8
3.1.3	Leuconorite	10
3.1.4	Dykes mafiques mégacristiques et microgrenus.....	12
3.1.5	Dykes felsiques	15
3.1.6	Mégadyke de Lac Chabot	16
4	Méthodologie.....	17
4.1	Roche totale	17
4.2	Estimation de calcicité des plagioclases par XRFp.....	17
4.3	Chimie minérale par LA-ICP-MS	18
5	Géochimie roche totale.....	19
5.1	Éléments majeurs et mineurs.....	19
5.2	Éléments traces	22
5.3	Chimie minérale	26
5.3.1	Plagioclase	26
5.3.2	Olivine et pyroxènes	31
5.4	Structures.....	36
6	Conclusion.....	39
7	Références	40
	Annexes numériques	44
	Annexe 1 : Description pétrographique des affleurements de géofiches observée durant la campagne d'été 2025, avec les proportions modales et un récapitulatif des données acquises (Lames minces, XRF, Roche totale).....	44
	Annexe 2.1 : Données bruts de XRFp pour les éléments majeurs et mineurs	44
	Annexe 2.2 : Résultats des analyses par XRFp des plagioclases et calcul de leurs calcicités	44
	Annexe 2.3 : Médiane, écart-type et écart-type relatif du Sr et de la calcicité des plagioclases par XRFp	44
	Annexe 2.4 : Contrôle qualité (QAQC) des calibrants et moniteurs des analyses de XRFp	44
	Annexe 3.1 : Résultats des analyses de roche totale (Actlabs)	44
	Annexe 3.2 : Résultats des matériaux de références pour la géochimie roche totale	44
	Annexe 4.1 : Résultats bruts des analyses de chimie minérales au LA-ICP-MS (clinopyroxène, olivine, orthopyroxène, plagioclase, amphibole, apatite)	44
	Annexe 4.2 : Calcul du Mg# (olivine et pyroxènes) et du An (plagioclase) grâce aux éléments majeurs exprimés en oxydes et mesurés au LA-ICP-MS	44
	Annexe 4.3 : Résultats du LA-ICP-MS pour matériaux de référence.....	44

Table des illustrations

Figure 1 : Carte de la distribution des massifs anorthositiques, des intrusions mafiques majeures et des dépôts de Fe-Ti $\pm$ V $\pm$ P dans la Province de Grenville (modifiée de Corriveau <i>et al.</i> , 2007).....	2
Figure 2 . Carte géologique de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) modifiée du SIGÉOM Système d'information géomineière Carte interactive (2025).....	3
Figure 3 : A) Cartes géologiques localisant cette étude par rapport aux travaux de (Diyoyo <i>et al.</i> , 2024 ; Hassen Ali <i>et al.</i> , 2024) dans la marge sud de la SALSJ.....	4
Figure 4 : Photographies de leucotroctolites	7
Figure 5 : Photographie des anorthosites ;	9
Figure 6 : Photographies des leuconorites	11
Figure 7 : Photographies des dykes mafiques mégacristiques	13
Figure 8 : Photographies des dykes mafiques microgrenus	14
Figure 9 : Photographies des dykes felsiques	15
Figure 10 : Photographie du dyke leucodioritique du mégadyke de lac Chabot	16
Figure 11 : Diagrammes lithogéochimiques de Harker	20
Figure 12: Diagrammes lithogéochimiques de Harker (suite)	21
Figure 13 : Patrons de terres rares (ETR) normalisés par rapport aux chondrites des minéraux silicatés constituant les lithologies cumulatives et les dykes microgrenus.....	22
Figure 14 : Patrons de terres rares (ETR) normalisés par rapport aux chondrites et diagrammes multiéléments normalisés par rapport au manteau primitif des lithologies cumulatives.....	24
Figure 15 : Patrons de terres rares (ETR) normalisés par rapport aux chondrites et les diagrammes multiéléments normalisés par rapport au manteau primitif des dykes microgrenus.....	25
Figure 16 : Diagramme de calcicité (An) vs teneur en Sr (%) mesuré par XRFp dans les lithologies anorthositiques du secteur d'étude.....	27
Figure 17 : Carte lithogéochimique An vs Sr de la marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) montrant la distribution des principales lithologies et des minéralisations d'oxydes de fer Fe-Ti $\pm$ V $\pm$ P sur fond de tilt angle magnétique et de géologie régionale.....	29
Figure 18 : Diagramme de la calcicité médiane et des teneurs de Sr (%) des porphyroclastes de plagioclase mesuré par XRFp le long de la coupe est-ouest entre Jonquière et Alma, avec les délimitations des secteurs lithogéochimiques et des corridors minéralisés à Fe-Ti $\pm$ V et Fe-Ti $\pm$ P	30
Figure 19 : Diagramme binaire de la calcicité des plagioclases mesurés par XRFp en fonction du Mg# A) des olivines B) des clinopyroxènes, C) des orthopyroxènes mesurés par laser dans les porphyroclastes des lithologies de la série à olivine et à orthopyroxènes de la marge sud	33
Figure 20 : Diagramme binaire Mg# vs concentration d'Al ₂ O ₃ (%) des porphyroclastes d'orthopyroxènes de la marge sud mesurés par laser	35
Figure 21 : Stéréogrammes de Wulff des foliations de la marge sud (n=43)	36
Figure 22 : Stéréogrammes de Wulff des pôles des données structurales des secteurs de la marge sud avec les contours de Kamb	37
Figure 23 : Carte des structures planaires mesurées dans la marge sud avec leurs pendages (symboles noirs) associés avec les structures planaires tirées du SIGEOM (symboles gris) sur fond de tilt angle magnétique et de géologie régionale.....	38

1 Introduction

Ce rapport est rédigé dans le cadre d'une étude doctorale visant à la compréhension des massifs anorthositiques protérozoïques et de leurs minéralisations. Ce projet de doctorat est rendu possible grâce au partenariat ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF) - Université du Québec à Chicoutimi (UQAC).

Les travaux présentés dans ce rapport synthétisent les observations de terrain et les analyses effectuées dans le cadre de ce projet de thèse en 2025, principalement dans la marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean. Le rapport ci-présent complète les observations effectuées dans Hassen Ali *et al.* (2024).

2 Géologie régionale

Les suites anorthositiques sont interprétées comme étant issues de la remontée diapirique d'un cumulat principalement constitué de plagioclases (Charlier *et al.*, 2010 ; Longhi et Ashwal, 1985). Dans ces suites, les minéralisations en Fe-Ti-V sont plus souvent associées à des suites de calcicités labradoritiques, tandis que les minéralisations à Fe-Ti-P sont associées à des suites de calcicités andésinitiques. (Hébert *et al.*, 2005 ; Morse, 2006 ; Woodruff *et al.*, 2013).

La Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) est l'une des plus grandes suites anorthositiques du monde avec une superficie de 20 000km² (Hébert *et al.*, 2005), qui intéresse par la présence de nombreuses minéralisations en Fe-Ti±V et Fe-Ti±P en son sein (Figure 1 ; Corriveau *et al.*, 2007). Cette suite anorthositique est une intrusion polyphasée datée entre 1160-1135 Ma et est interprétée comme étant issue des phases de relaxation de l'orogénèse grenvillienne (Higgins et Van Breemen, 1992, 1996). Elle est principalement constituée de leuconorite et d'anorthosite de calcicité labradoritique (Hébert *et al.*, 2009). Les minéralisations (Figure 2) en Fe-Ti-V/P se retrouvent dans différents secteurs de la SALSJ associées à des chimies de plagioclase différentes contrairement aux autres suites connues.

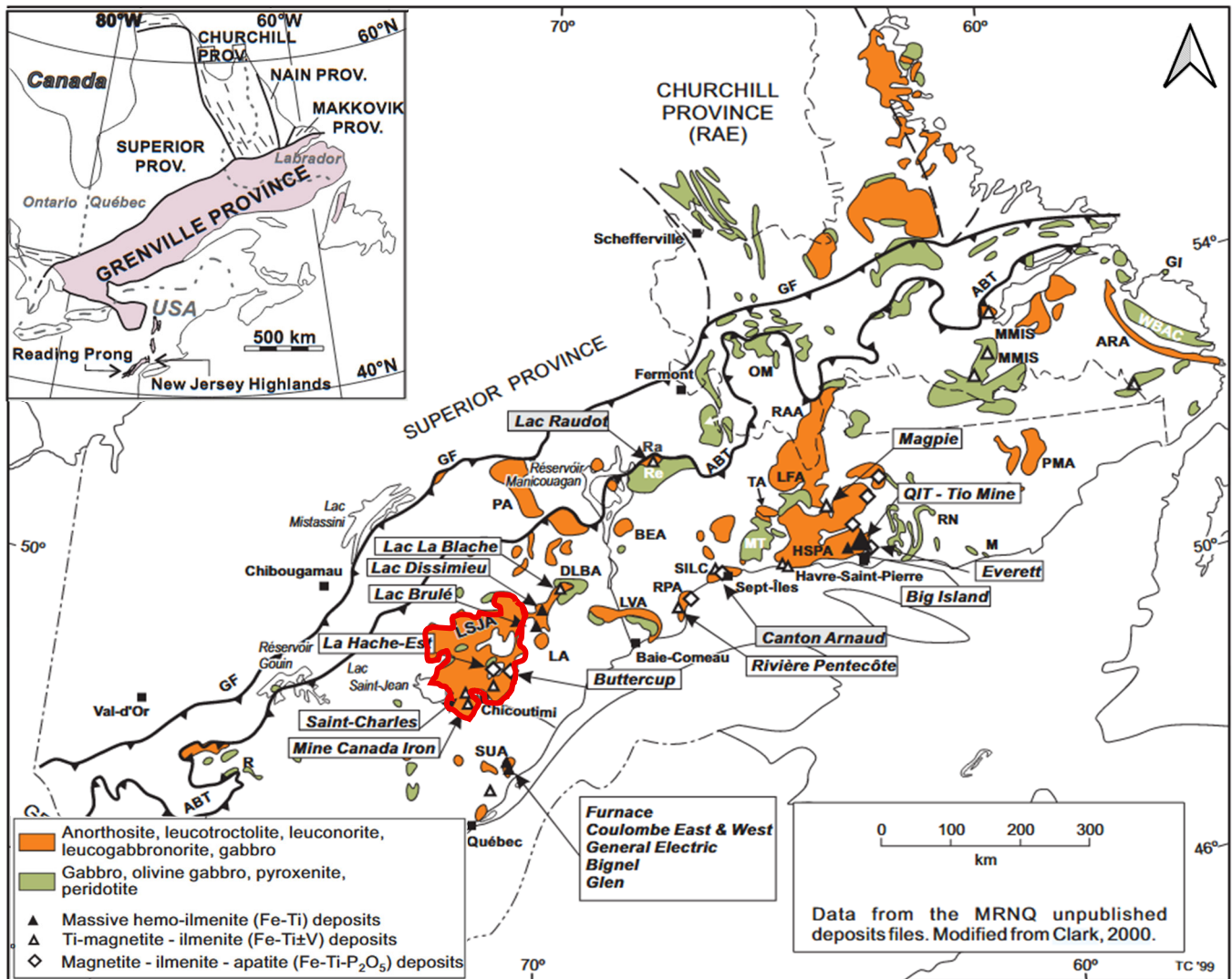


Figure 1 : Carte de la distribution des massifs anorthositiques, des intrusions mafiques majeures et des dépôts de Fe-Ti ± V ± P dans la Province de Grenville (modifiée de Corriveau *et al.*, 2007). La Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (LSJA) est entourée en rouge, les autres abréviations sont des massifs anorthositiques protérozoïques (orange) ou des intrusions mafiques ultramafiques (vert) décrites dans Corriveau *et al.* (2007).

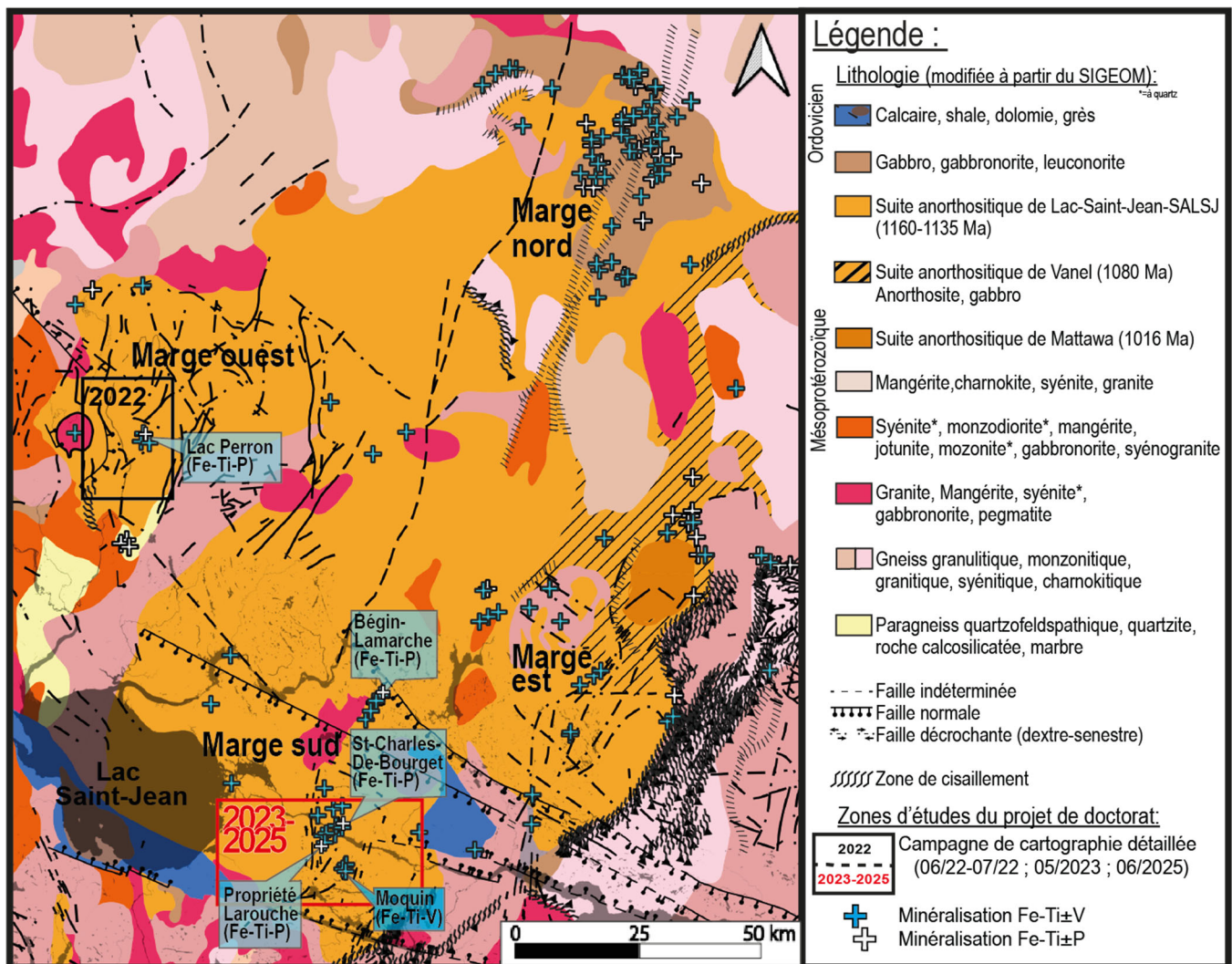


Figure 2 . Carte géologique de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) modifiée du SIGEOM | Système d'information géomineière | Carte interactive (2025) montrant les différentes marges de la SALSJ ainsi que les minéralisations de Fe-Ti-V et Fe-Ti-P.

2.1 Marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean

La marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) est principalement constituée de leucotroctolite (série à olivine), d'anorthosite ainsi que des leuconorites (Hassen Ali *et al.*, 2024). Ce secteur de la SALSJ contient des minéralisations de Fe-Ti-V (Moquin) et de Fe-Ti-P (Propriété Larouche, St-Charles-de-Bourget, Bégin-Lamarche) associées à des chimies de plagioclase andésinitiques à labradoritiques (An34 à 62 ; Hassen Ali *et al.*, 2024).

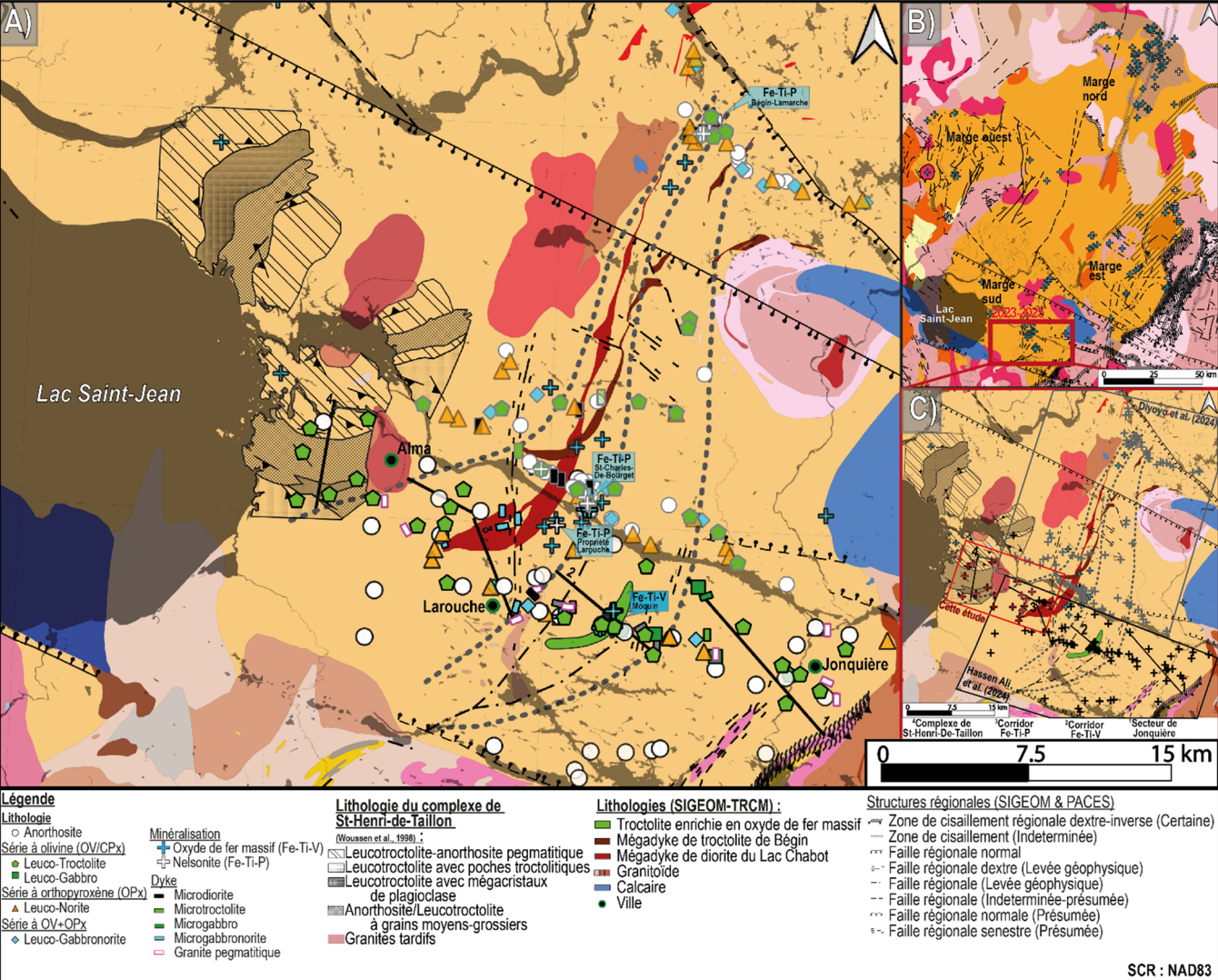


Figure 3 : A) Cartes géologiques localisant cette étude par rapport aux travaux de (Diyoyo *et al.*, 2024 ; Hassen Ali *et al.*, 2024) dans la marge sud de la SALSJ compilant les lithologies observées au nord de la rivière Saguenay par (Diyoyo *et al.*, 2024 ; Hassen Ali *et al.*, 2024) et cette étude (bordures noires). B) Carte géologique de la SALSJ localisant les indices de Fe-Ti-V (croix bleue) et les indices de Fe-Ti-P (croix blanches), ainsi que la zone d'étude des cartographies de 2023 (Hassen Ali *et al.*, 2024) et 2025 (cette étude). C) Carte index localisant les observations de (Diyoyo *et al.*, 2024 ; Hassen Ali *et al.*, 2024) ; cadre noir) et cette étude (cadre rouge).

Des travaux récents de cartographies de terrain, de géochimie et notamment, de chimie minérale par XRFp sur plagioclases (cette étude, Diyoyo *et al.*, 2024 ; Hassen Ali *et al.*, 2024 ; Figure 3) ont permis de scinder la marge sud en quatre domaines définis par leurs lithologies, leurs structures et leurs géochimies. À l'est, le secteur de « Jonquière » est caractérisé par des bandes leucotroctolitiques et anorthositiques subhorizontales de chimie labradoritique (An54 ; Figure 3). Au centre, un corridor à Fe-Ti-V de Moquin est caractérisé par des troctolites et des anorthosites, associées en bandes orientées NE-SO avec un pendage fort (70° à 90°) avec une calcicité andésinitique (An48) et hôtes de minéralisations à Fe-Ti-V (Figure 3). La minéralisation de Moquin se retrouve sous la forme de lentilles d'oxydes de fer semi-massifs (magnétite, ilménite, spinelle) à d'olivine $\pm$ plagioclase (Guérin Tremblay, 2011 ; Hassen Ali *et al.*, 2024a). Le domaine central se compose d'un second corridor minéralisé à Fe-Ti-P de la Propriété Larouche, constitué de leucogabbonorites, anorthosites, leuconorites, associées en bandes plurimétriques orientées NNE-SSO à pendage modéré (30° à 70°), avec une calcicité labradoritique (An53) et hôtes de minéralisations à Fe-Ti-P (Hassen Ali *et al.*, 2024 ; Figure 3). La minéralisation nelsonitique de Propriété Larouche est définie par un assemblage à apatite, magnétite, ilménite, spinelle, plagioclase et orthopyroxène $\pm$ clinopyroxène (Hassen Ali *et al.*, 2024). À l'ouest de la zone d'étude, Woussen et al. (1988) a décrit un complexe subcirculaire lité avec des lithologies leucotroctolitique, à pendage faible (15° à 20°) avec une calcicité labradoritique (An59 à An65 ; Figure 3). Les lithologies anorthositiques et troctolitiques sont recoupées par des petits dykes mafiques d'épaisseur centimétrique à métrique tel que des leuconorites à mégacristaux d'orthopyroxènes ou des dykes mafiques microgrenus, mais aussi, des dykes felsiques (granites pegmatitiques, syénitiques et gabbonorite à quartz).

Sur la rive nord de la rivière Saguenay au nord de la zone d'étude actuelle, les travaux de Diyoyo et al., (2024 ; 2025) ont identifié un arrangement similaire avec un corridor central (Saint-Charles-de-Bourget/Bégin-Lamarche) contenant des minéralisations de Fe-Ti-V-P associée à des leuconorite et des leucotroctolites de calcicité andésinitique. Diyoyo et al. (2024) et (2025) a aussi mis en évidence la signature spécifique de ce corridor minéralisé en avec une teneur en Sr plus élevée (Sr > 0.10 %) par rapport aux lithologies environnantes non minéralisées

3 Observations de terrain

Les travaux d'été 2025 avaient pour but de compléter la caractérisation de la distribution spatiale des lithologies anorthositiques de la marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) entre le mégadyke de gabbonorite de Lac Chabot dans le secteur de Larouche et de complexe lité de Saint-Henri-de-Taillon dans le secteur d'Alma (feuilles 22D05 et 22D12). Dans ce secteur les lithologies

principales sont des leucotroctolites et des anorthosites avec quelques leuconorites/norites (Hassen Ali *et al.*, 2024 ; Woussen *et al.*, 1981, 1988) datées à 1157 ± 3 Ma (Higgins et van Breemen, 1992). Ces lithologies se retrouvent associées sous forme de bandes d'épaisseurs variables métriques, décimétriques à l'affleurement. Ce secteur présente des dykes mafiques microgrenus et des dykes de leucogabbro norite d'épaisseur métrique à kilométrique, tel que le mégadyke de gabbro norite de Lac Chabot daté à 1157 ± 3 Ma (Hassen Ali *et al.*, 2024 ; Higgins et van Breemen, 1992). Le complexe lité de Saint-Henri-de-Taillon est décrit par Woussen *et al.* (1988) comme constitué de lits de leucotroctolite et d'anorthosite centré au nord d'Alma (Figure 3A). Cette association lithologique se présente sous la forme de lits d'épaisseurs centimétriques à décimétriques caractérisées par des plagioclases cumulatifs et des minéraux mafiques intercumulatifs, formant des textures ophitiques, avec quelques oïkocristes (Woussen *et al.*, 1988). Ces lithologies présentent ponctuellement des « poches » ovoïdes de troctolites ou de norites (Woussen *et al.*, 1988). Le complexe lité de Saint-Henri-de-Taillon a été daté par Higgins et van Breemen. (1992) à 1156 ± 2 Ma. Cette campagne a été effectuée les 13, 16 et 17 mai 2025 et a permis de visiter 19 affleurements et de prélever 39 échantillons pour la caractérisation compositionnelle des plagioclases par XRFp, la géochimie de roches totales (26 échantillons) et pétrographie (30 lames minces). Le présent manuscrit présente les observations faites sur ces roches (Annexe 1 :).

3.1.1 Leucotroctolite

Les affleurements leucotroctolitiques présents entre les secteurs de Larouche et Alma sont, de façon générale, de couleur blanchâtre, grise en surface altérée (Figure 4A) et gris noir en surface fraîche (Figure 4B). Ces lithologies sont composées de plagioclases [$> 65\%$] avec des grains moyens à grossiers (0,1 à 5 cm, Figure 4B-C) et des minéraux ferromagnésiens avec [2-18%] d'olivine avec une granulométrie comprise entre 0,1 et 0,3 cm (Figure 4A) ainsi que des oxydes de fer [1-6%] (magnétite, ilménite) avec une granulométrie entre 0,1 à 5 cm (Figure 4A-C) pour leurs assemblages primaires. Les olivines peuvent être observées au centre de couronne, composé d'un assemblage secondaire de hornblende [1-5%] + biotite [1-10%], d'une granulométrie moyenne (0,1-0,5 cm) formant une texture coronitique (Figure 4C-E-F). Les leucotroctolites ont généralement une texture porphyroclastique, localement foliée (Figure 4B-D) bien développée, avec des porphyroclastes de plagioclases centimétriques (1 à 5 cm) dans une matrice à grains moyens (0,1 à 0,5 cm ; Figure 4B-C). Les leucotroctolites du complexe de Saint-Henri-de-Taillon sont assez similaires aux leucotroctolites entre Larouche et Alma. Il est cependant possible d'observer dans ces lithologies quelques rares oïkocristes centimétriques d'olivine, englobant des chadacrystes de plagioclases automorphes entre 0,1 et 0,7 cm (Figure 4C).

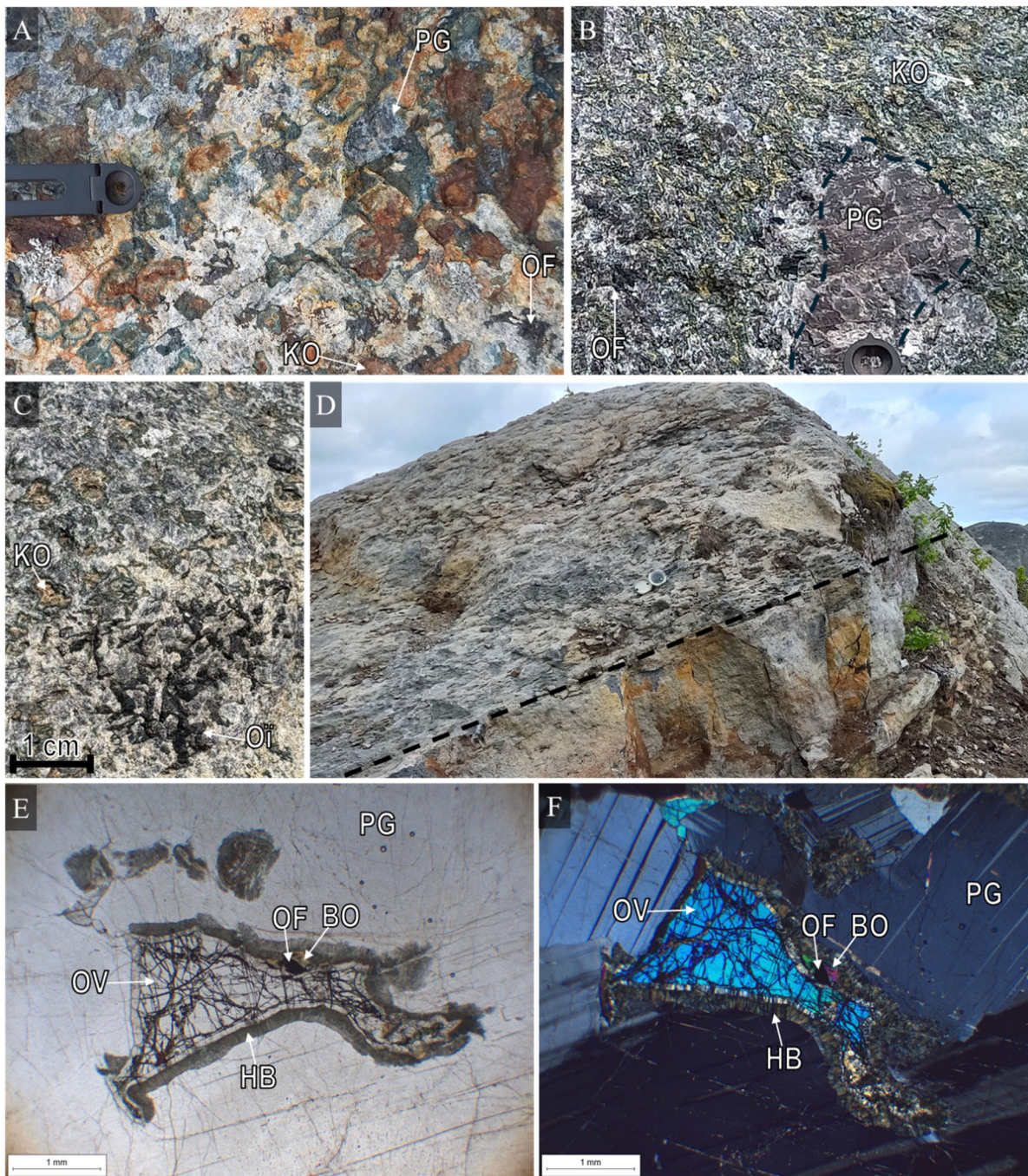


Figure 4 : Photographies de leucotroctolites. A) Leucotroctolite porphyroclastique coronitique 25TH004 avec les couronnes d'OV-HB-BO-OF caractéristiques des surfaces altérées des leucotroctolites de Saint-Henri-de-Taillon ; B) Leucotroctolite granoblastique coronitique avec des porphyroclastes de PG (tiret noir ; 23TH005 ; Complexe lité de Saint-Henri-de-Taillon) ; C) Vue rapprochée de l'affleurement leucotroctolitique porphyroclastique coronitique 25TH008 montrant un oïkocriste (Oï) d'oxydes de fer ainsi que les couronnes OV-HB-BO-OF du complexe de St-Henri-De-Taillon ; D) Association d'une bande leucotroctolitique porphyroclastique coronitique foliée au-dessus d'une leucotroctolite granoblastique, séparée par la ligne tiretée noire, montrant l'association lithologique visible entre Larouche et Alma ; E) Microphotographie de la leucotroctolite coronitique à PG-OV-HB-BO-OF 25TH004 en LN F) en LPA Abréviations : PG : Plagioclase, OV : olivine, HB : Hornblende, BO : biotite, OF : oxydes de fer ; KO : coronitique, Oï : Oïkocriste ; LN : Lumière naturelle, LPA : Lumière polarisée analysée

3.1.2 Anorthosite

L'anorthosite est de couleur gris clair en surface altérée et gris foncé en surface fraîche (Figure 5A). Elle est composée de plagioclase [$>90\%$] de 0,1 et 5 cm, avec des oxydes de fer [1-3 %] (magnétite, ilménite) formant des amas entre 0,1 et 2 cm (Figure 5B). Localement, il a été identifié des olivines [1-2%] d'une taille comprise entre 0,1 et 0,3 cm et à une occurrence, affleurement 25TH015, des orthopyroxènes [5%] entre 0,2 et 1 cm. Autour des minéraux ferromagnésiens, il est possible d'observer une texture coronitique avec des associations d'amphibole [1-4%] + biotite [2-4%] d'une épaisseur de 0,1 et 0,5 cm. La texture mégacrastique est présente localement sous forme de zone/poche caractérisée par une augmentation de la taille des plagioclases (Figure 5A). Les textures principalement observées dans l'anorthosite sont des textures porphyroclastiques mises en évidence par les porphyroclastes de plagioclase (Figure 5B-E-F). La foliation est définie par l'alignement des porphyroclastes, ainsi que l'allongement des couronnes de minéraux ferromagnésiens (Figure 5A-D). Les anorthosites s'associent aux autres lithologies de la suite anorthositique sous la forme de bandes d'épaisseurs centimétriques à métriques ou localement sous la forme d'amas dans la leucotroctolite (25TH003 ; Figure 5B). L'affleurement 25TH003 permet d'observer la relation de recoupement entre l'anorthosite et la leucotroctolite à grains fins comme une intrusion interdigitée de l'anorthosite dans la leucotroctolite (Figure 5B).

À l'exception du pendage faible des bandes anorthositiques, il n'y a pas de différence pétrologique notable entre les anorthosites du complexe de Saint-Henri-De-Taillon et les anorthosites entre Larouche et Alma (Figure 5E).

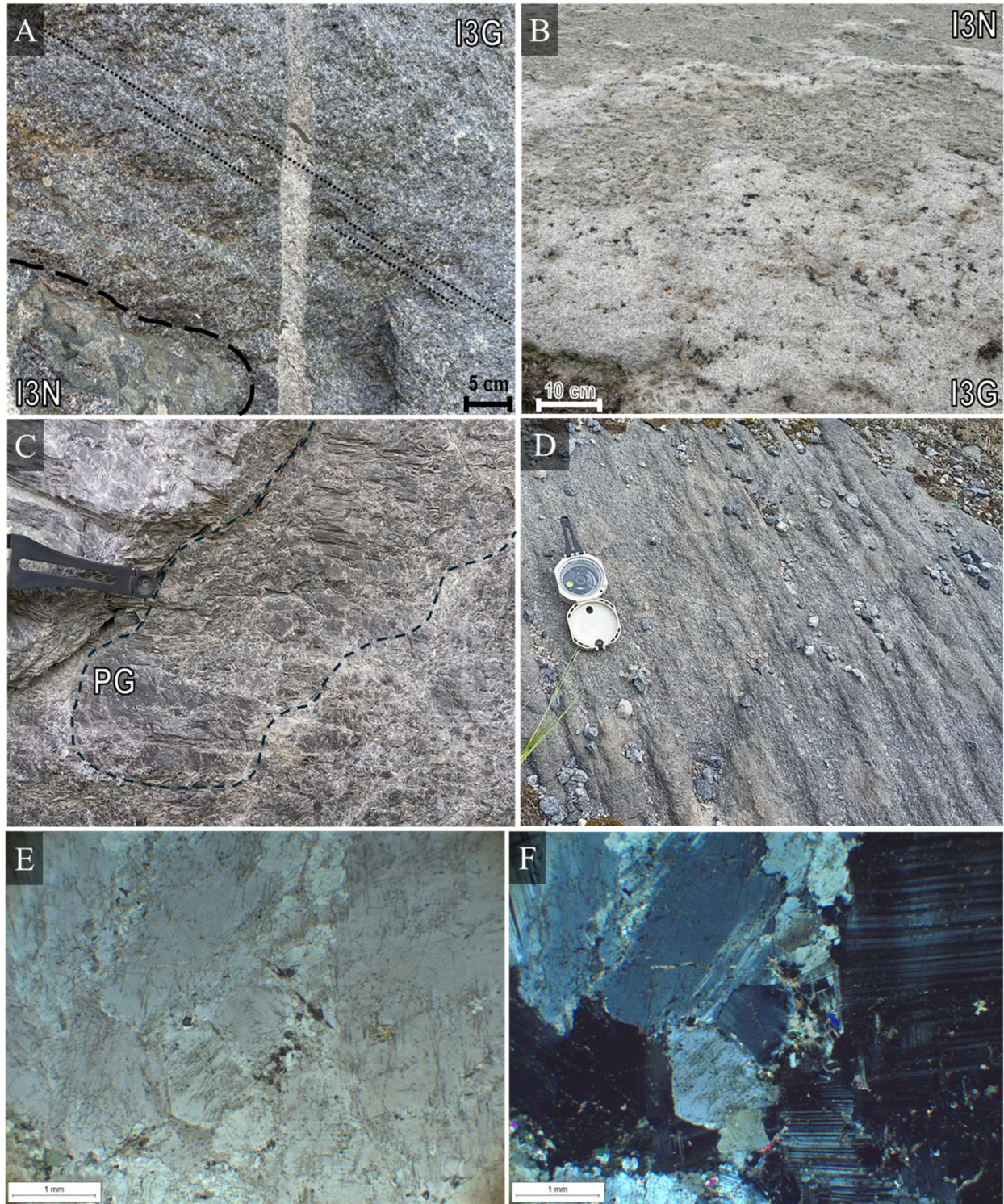


Figure 5 : Photographie des anorthosites ; A) Anorthosite porphyroclastique coronitique foliée (25TH012), la foliation est mise en évidence par les lignes pointillées noires, tandis que la texture coronitique est visible dans une zone leucotroctolitique mégacrastique mise en évidence par les tirets noirs ; B) Anorthosite riche en oxydes de fer au contact avec la leucotroctolite granoblastique de l’affleurement 25TH003, sous forme d’amas. C) Vue rapprochée sur un mégacristal de plagioclase (PG) de l’affleurement 25TH002 ; D) Affleurement d’anorthosite foliée (25TH015), la foliation est mise en évidence par l’altération. E) Microphotographie de l’anorthosite porphyroclastique 25TH002 en LN ; F) en LPA. Abréviations : I3G : anorthosite, I3N : leucotroctolite ; LN : Lumière naturelle, LPA : Lumière polarisée analysée

3.1.3 Leuconorite

La leuconorite est généralement de couleur blanchâtre en surface altérée et gris moyen en surface fraîche (Figure 6A). La leuconorite est composée de plagioclase [70-90%] avec une granulométrie entre 0,1 et 0,2 cm ; d'orthopyroxène [4-20%] entre 0,1 et 3 cm (grain fin à grossier ; Figure 6B-C), pouvant mesurer jusqu'à 20 cm (mégacristique ; Figure 6D-E), ainsi que des amas d'oxyde de fer [1%] entre 0,3 à 1 cm. Les minéraux ferromagnésiens s'observent avec des textures coronitiques entre 0,1 et 0,5 cm, avec de minces couronnes d'amphibole (10-14%) + biotite (1-10%). La texture principale observée dans les affleurements leuconoritiques est la texture porphyroclastique définie par la recristallisation des phases primaires, principalement le plagioclase et l'orthopyroxène (Figure 6A). Les leuconorites forment des bandes, avec les anorthosites, parallèles à la foliation (Figure 6D-E).



Figure 6 : Photographies des leuconorites. A) Leuconorite porphyroclastique (25TH013) avec un alignement de porphyroclastes d'orthopyroxènes ; B) Microphotographie de la leuconorite porphyroclastique à PG-OX-OF-BO 25TH013 en LN ; C) en LPA ; D) Affleurement d'anorthosite interlitée avec des bandes de leuconorite (lignes tiretées noires ; 25TH014) ; E) Affleurement de leuconorite à grains fins, interlitée avec des bandes de leuconorite mégacristique, ligne pointillée noire au contact (25TH016). Abréviations : PG : Plagioclase, OX : Orthopyroxène, BO : Biotite, OF : Oxydes de fer ; MG : mégacristique, GF : grain fin ; I3G : anorthosite, I3P : leuconorite ; LN : Lumière naturelle, LPA : Lumière polarisée analysée

3.1.4 Dykes mafiques mégacristiques et microgrenus

Les dykes mafiques peuvent se distinguer en deux familles sur le terrain : les dykes leuconoritiques mégacristiques et les dykes mafiques microgrenus.

Les dykes leuconoritiques mégacristiques recoupent les unités leucotroctolitiques et anorthositiques (Figure 7A-C). Les dykes leuconoritiques sont composés de plagioclases [80-90%] entre 0,1 à 30 cm, orthopyroxène [7-20%] entre 3 à 30 cm $\pm$ oxyde de fer [1%] entre 1 à 5cm $\pm$ apatite [2%] entre 0,5 et 5 cm (Figure 7B-D-E). Ces dykes mégacristiques montrent des contacts nets avec l'encaissant troctolitique (Figure 7A-C). Ils montrent généralement des agrégats d'orthopyroxènes aux cœurs et aux bords (Figure 7C). Localement ces dykes leuconoritiques (25TH005) montrent des mégacristaux d'orthopyroxènes associés à des oxydes de fer et des apatites (Figure 7A-B).

Les dykes mafiques microgrenus, quant à eux, sont caractérisés par des couleurs brunes en surfaces altérées et noirs en surfaces fraîches (Figure 8A). Ces dykes ont une texture microgrenue et sont caractérisés par une minéralogie à grains fins de pyroxènes, d'oxydes de fer et d'apatite (Figure 8B-C-D-E).

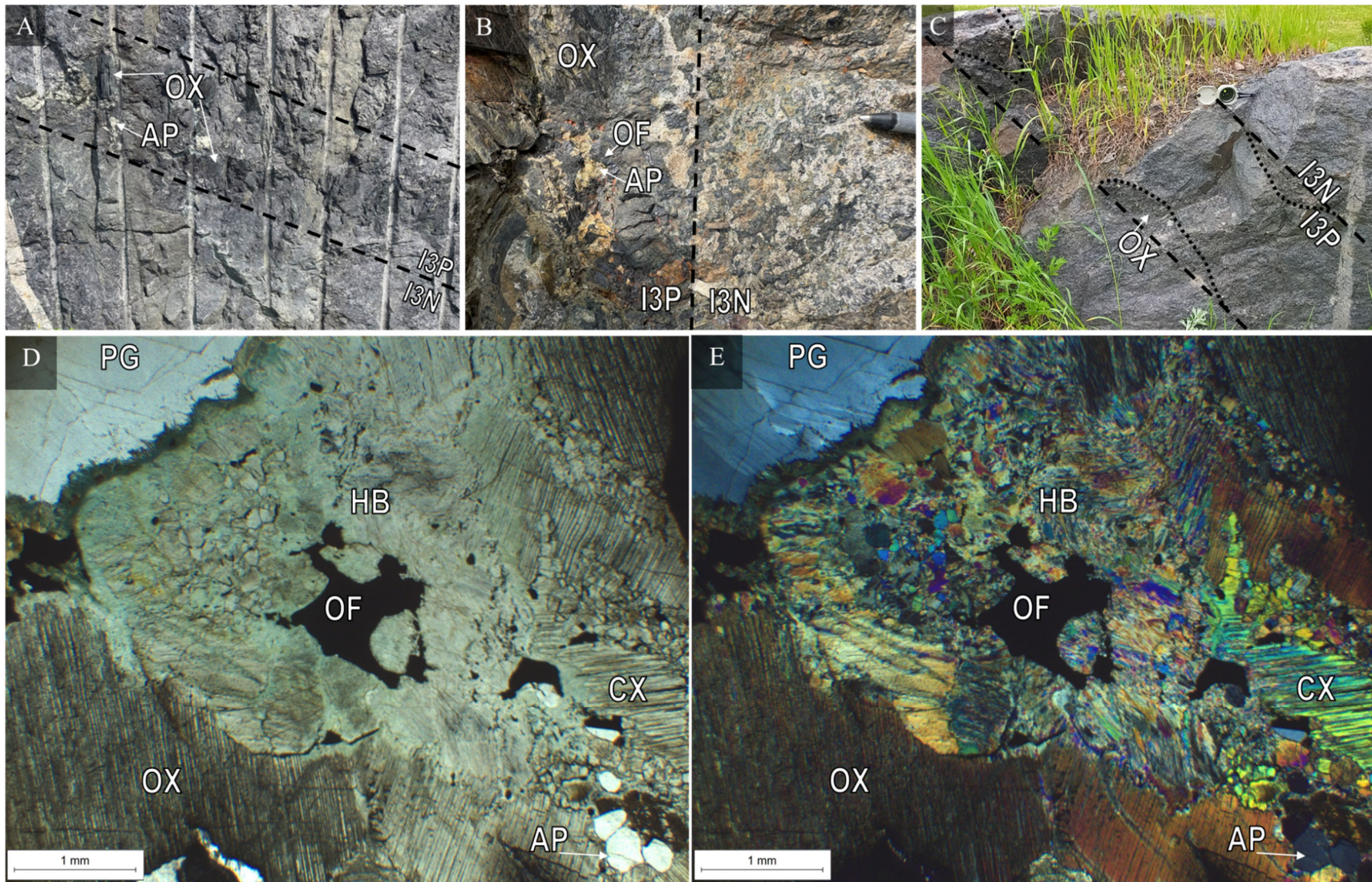


Figure 7 : Photographies des dykes mafiques mégacristiques. A) Dyke leuconoritique à mégacristaux d'OX recoupant l'affleurement leucotroctolitique 25TH005B (lignes tiretées noires ; complexe lité de Saint-Henri-de-Taillon) ; B) Vue rapprochée sur l'assemblage AP-OF à l'intérieur d'un mégacristal d'OX du dyke leuconoritique recoupant la leucotroctolite (25TH005B ; complexe lité de Saint-Henri-de-Taillon) ; C) Dyke de leuconorite recoupant l'affleurement leucotroctolitique 25TH001B (ligne tiretée noire ; entre Larouche et Alma) avec une agglomération d'orthopyroxènes mégacristiques sur les bords du dyke (lignes pointillées noires) ; D) Microphotographie du dyke leuconoritique mégacristique à PG-OX-CX-AP-HB-OF 25TH001B en LN ; E) en LPA. Abréviations : PG : Plagioclase, OX : Orthopyroxène, CX : Clinopyroxène, AP : Apatite, HB : Hornblende, OF : Oxydes de fer ; I3N : leucotroctolite, I3P : leuconorite ; LN : Lumière naturelle, LPA : Lumière polarisée analysée

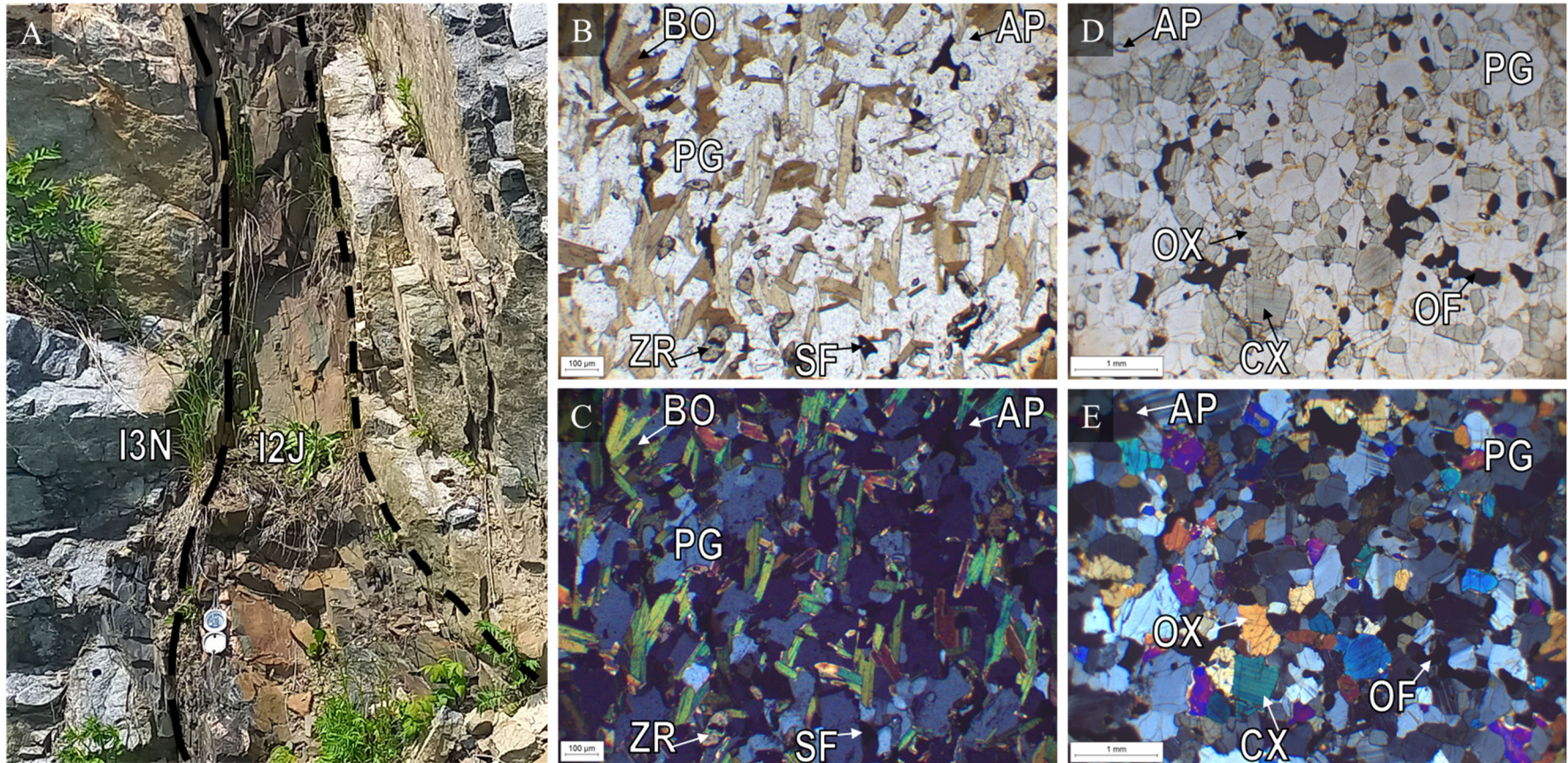


Figure 8 : Photographies des dykes mafiques microgrenus A) Dyke microdioritique recoupant la leucotroctolitique granoblastique foliée de l’affleurement 25TH011 (entre Larouche et Alma) ; B) Microphotographie de la microdiorite à PG-BO-AP-SF-ZR 25TH011 en LN ; C) en LPA ; D) Microphotographie de la microferrogabbro à PG-OX-CX-AP-OF 25TH014C en LN ; E) en LPA. Abréviation : PG : Plagioclase, OX : Orthopyroxène, CX : Clinopyroxène, AP : Apatite, OF : Oxydes de fer, SF : Sulfures, ZR : Zircon, BO : Biotite ; I3N : Leucotroctolite, I2J : Microdiorite ; LN : Lumière naturelle, LPA : Lumière polarisée analysée

3.1.5 Dykes felsiques

Deux types de dykes felsiques ont été observés dans le secteur d'étude. Des dykes de granite pegmatitique de couleur blanche en surface fraîche (Figure 9A) et un dyke syénitique de couleur rose en surface fraîche (Figure 9B). Les granites pegmatitiques d'épaisseur pluricentimétriques sont caractérisés par un assemblage à feldspath potassique [40-70%] entre 3 à 7 cm, plagioclases [10-30%] entre 5 à 10 cm, quartz [20-27%] entre 3 à 5 cm, et muscovite [~3%] entre 1 à 5 cm. Le dyke syénitique fait environ 3m de large et est constitué d'un assemblage de feldspath potassique [80%], feldspath plagioclase [15%] et biotite [5%] et recoupe une leuconorite granoblastique.

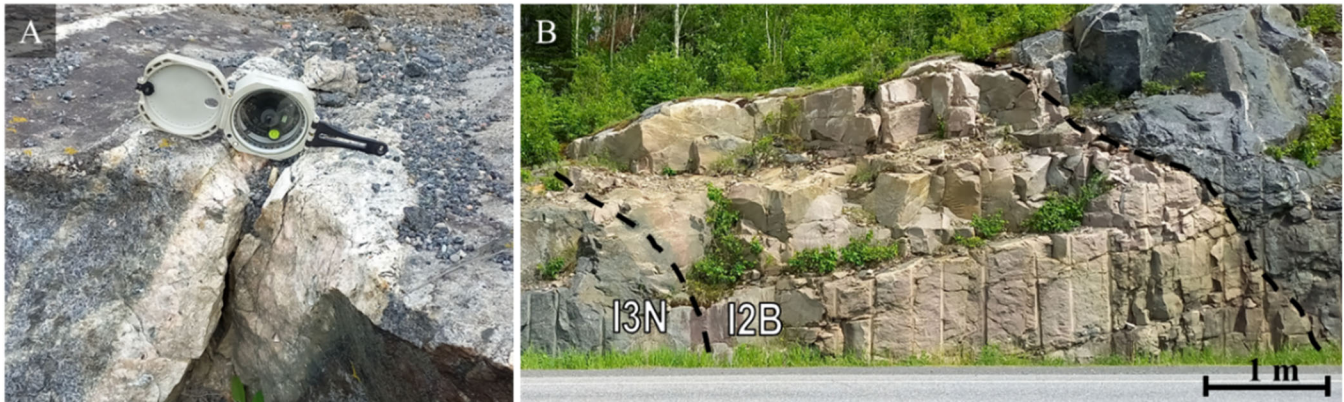


Figure 9 : Photographies des dykes felsiques A) Dyke granitique pegmatitique recoupant la leucotroctolitique granoblastique foliée de l'affleurement 25TH001 (entre Larouche et Alma) ; B) Dyke de syénite recoupant la leucotroctolite de l'affleurement 25TH005 (entre les lignes tiretées noires ; Complexe lité de Saint-Henri-de-Taillon. Abréviations : I3N : Leucotroctolite, I2B : Syénite

3.1.6 Mégadyke de Lac Chabot

Un seul affleurement a été visité dans le mégadyke de Lac Chabot (Figure 10A). Il est composé d'une leucodiorite de couleur blanchâtre en surface altérée et noir-grisâtre en surface fraîche (Figure 10B) caractérisée par une texture microgrenue caractérisée par une matrice quartzo-feldspathique avec des porphyroclastes de plagioclases, des clinopyroxènes, des orthopyroxènes, des magnétites, ilménites ainsi que des apatites (Figure 10C-D).

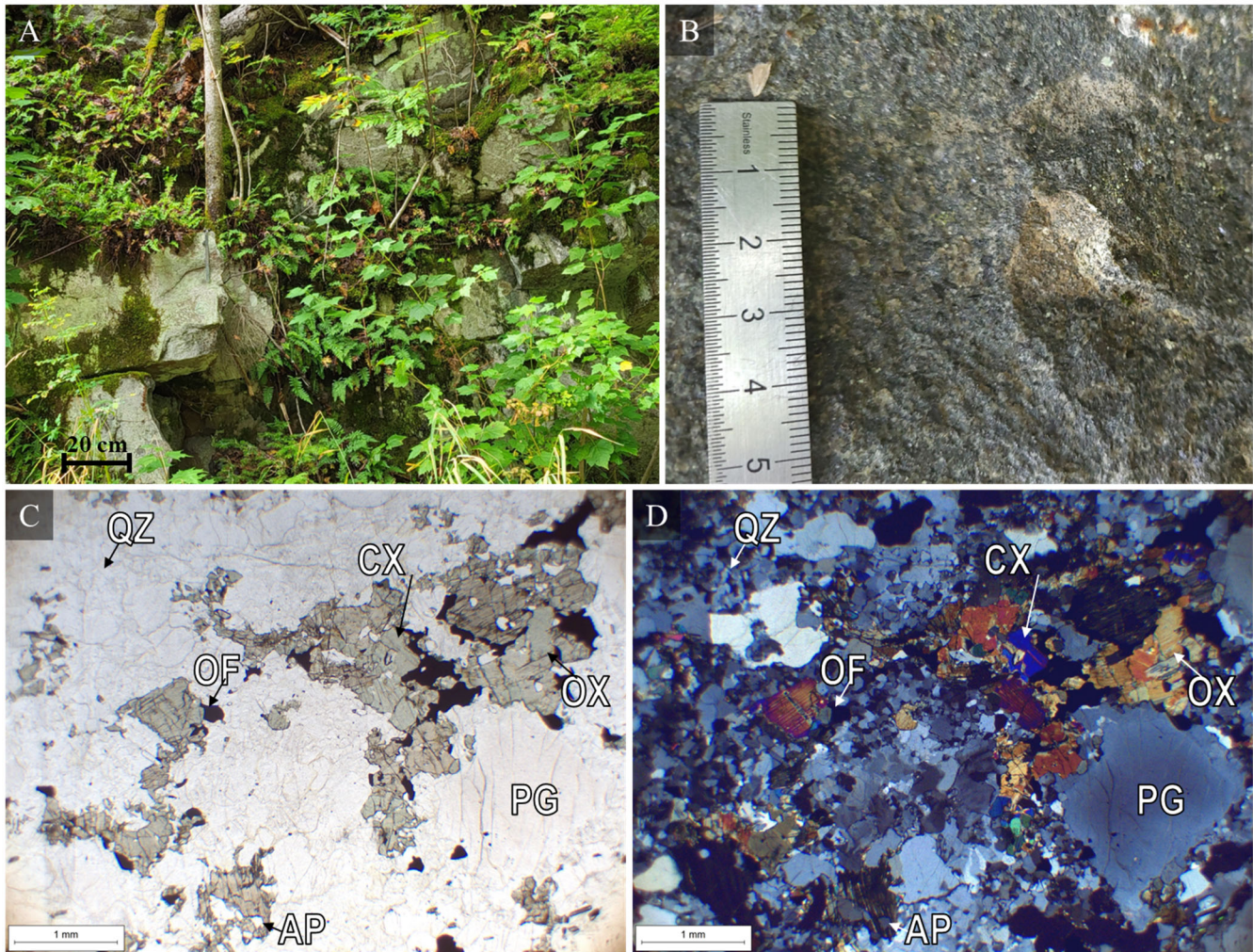


Figure 10 : Photographie du dyke leucodioritique du mégadyke de lac Chabot A) Vue générale du dyke leucodiorite de Lac Chabot B) Vue rapprochée de la leucodiorite du dyke de Lac Chabot C) Microphotographie en LN de la leucodiorite de Lac Chabot à PG-QZ-CX-OX-OF-AP D) en LPA. Abréviations : PG : Plagioclase, OX : Orthopyroxène, CX : Clinopyroxène, AP : Apatite, OF : Oxydes de fer, QZ : Quartz ; LN : Lumière naturelle, LPA : Lumière polarisée analysée

4 Méthodologie

4.1 Roche totale

Dans le cadre de cette étude, 24 échantillons ont été analysés pour roches totales au laboratoire Actlabs en utilisant les groupes d’analyse «4LithoReach », « 4B1 » et « 4B-INAA» permettant l’analyse des éléments majeurs à traces par spectrométrie de masse et activation neutronique (Actlabs, 2025 ; Annexe 3.1 : , afin de compléter les travaux de (Hassen Ali *et al.*, 2024).

4.2 Estimation de calcicité des plagioclases par XRFp

La méthode d’estimation de la calcicité des plagioclases par XRFp permet, grâce à l’utilisation du proxy Ca/Si, de quantifier la calcicité des plagioclases des différentes lithologies de la SALSJ (Bounour *et al.*, 2025 ; Diyoyo *et al.*, 2024 ; Gueye, 2023 ; Hassen Ali *et al.*, 2023, 2024 ; Mercier, 2022 ; Tondoh, 2021). Cette méthode permet en 60 secs de produire une analyse quantitative de la chimie des plagioclases (Mercier, 2022 ; Tondoh, 2021). Le protocole de calibration et de suivi de la dérive instrumentale pour cette étude est similaire à celui utilisé dans Hassen Ali *et al.* (2024), à l’exception de l’utilisation d’un instrument différent, un XRFp Olympus Vanta. Nos analyses démontrent une précision et une justesse de mesure < 5% avec ce nouvel instrument (Tableau 1 ; Annexe 2.4 :). Dans le cadre de cette étude, 96 porphyroclastes ont été analysés sur 18 échantillons (Annexe 2.1-2.2-2.3).

Tableau 1 : Contrôle de la qualité des données acquises par la méthode d’estimation de calcicité des plagioclases par XRFp (Annexe 2.4) Les valeurs de référence ont été mesurées par ¹microsonde EPMA et ²laser LA-ICP-MS (Grant, 2020 ; Miloski, 2023 ; Miloski *et al.*, 2024).

Appareil	Nom de l'échantillon		¹ Si	¹ Al	¹ Ca	² Sr	Ca/Si	An	Calacité
Olympus Vanta	Limites de détection du 23/07/2025 (n=71 analyses)		0.14	0.17	0.02	0.0004			
	MGBCP 09-Calibrant Si, Al, Ca	Valeurs vraie	25.8	15.3	7.6	0.081	0.30	51	Labradorite
	Mediane des calcités	n=12	25.8	15.3	7.6	0.089	0.29	52	Labradorite
	Ecart type		0.53	0.35	0.07	0.003	0.01	0.82	
	Ecart-type relatif	Precision	2.05	2.27	0.90	3.361	1.93	1.58	
	Différence relative	Justesse	0.00	0.00	0.00	10.747	-0.38	1.45	
	MGLPR07-Moniteur	Valeurs vraie	27.1	14.2	6.0	0.068	0.22	41	Andésine
	Mediane des calcités	n=12	26.4	14.1	5.7	0.074	0.21	39	Andésine
	Ecart type		0.65	0.50	0.50	0.002	0.02	2.66	
	Ecart-type relatif	Precision	2.45	3.56	8.76	3.324	7.68	6.75	
	Différence relative	Justesse	-2.87	-1.20	-5.98	8.904	-4.62	-3.39	
	21PM13B-Moniteur	Valeurs vraie	27.3	13.6	4.9	0.208	0.15	33	Andésine
	Mediane des calcités	n=12	27.3	13.4	5.0	0.219	0.18	35	Andésine
	Ecart type		0.23	0.21	0.44	0.006	0.02	2.88	
	Ecart-type relatif	Precision	0.86	1.58	8.85	2.529	9.67	8.29	
	Différence relative	Justesse	-0.19	-1.29	2.39	5.362	####	5.17	
	20PM02-Calibrant Sr	Valeurs vraie	27.2	15.8	6.8	0.230	0.25	46	Andésine
	Mediane des calcités	n=12	26.3	14.3	6.3	0.230	0.24	44	Andésine
Ecart type		0.71	0.50	0.25	0.006	0.00	0.67		
Ecart-type relatif	Precision	2.70	3.50	4.06	2.814	1.80	1.54		
Différence relative	Justesse	-3.42	-9.10	-8.19	0.000	-5.72	-4.77		
¹ Données acquises par microsonde		Grant, 2020 ; Miloski, 2023 ; Miloski et al., 2023, 2024							
² Données acquises par laser									

4.3 Chimie minérale par LA-ICP-MS

La spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif avec ablation laser (LA-ICP-MS) a été réalisée au Laboratoire de matériaux terrestres (LabMaTer) de l'UQAC pour déterminer les éléments majeurs, mineurs et traces dans les silicates. Les données acquises nous ont servis à déterminer le $Mg\# = (Mg/Mg+Fe) \times 100$ en utilisant le calcul stœchiométrique (%molaire) des olivines, des pyroxènes ainsi que la concentration en $[Al_2O_3 \text{ \%}]$ des orthopyroxènes et la calcicité et teneurs en Sr des plagioclases des minéralisations et des lithologies microgrenues. Au total 244 analyses ont été acquises sur 32 échantillons (Annexe 4.1).

Les analyses ont été réalisées sous forme de lignes sur des lames minces polies, à l'aide d'un système d'ablation laser Excimer 193 nm, résolution M-50 (Australian Scientific Instrument) équipée d'une cellule à double volume S-155 (Laurin Technic), couplé à un spectromètre de masse Agilent 8900. Les paramètres d'acquisition sont les suivants : fréquence du laser de 15 Hz, temps de séjour (*dwell time*) de 5 ms, vitesse de balayage de 10 $\mu\text{m/s}$, fluence de 5 J/cm^2 et diamètre du faisceau de 55 μm . Le blanc de gaz a été mesuré pendant 30 s avant d'allumer le laser durant au moins 60 secondes. Le matériau ablaté a été transporté vers l'ICP-MS par un mélange de gaz Ar-He, avec un débit de 0,8-1 L/min pour l'Ar et 350 mL/min pour l'He ; 2 mL/min d'azote ont également été ajoutés au mélange.

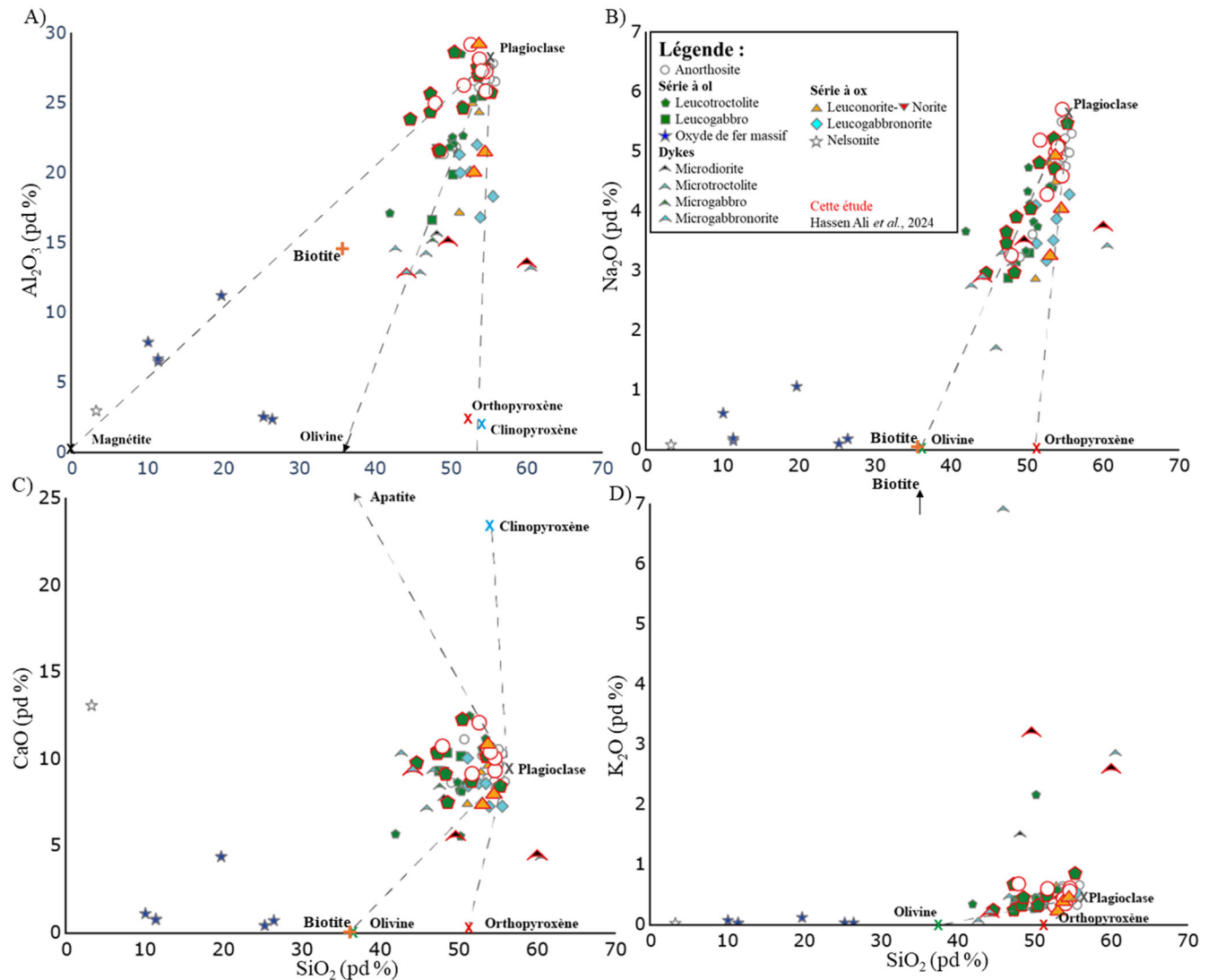
Les matériaux de référence utilisés pour l'orthopyroxène et pour le plagioclase (NIST610, NIST612, NIST616, GSD-1g, GSE-1g pour la calibration et G-PROBE6 comme moniteur) ont été analysés afin de garantir la qualité et la fiabilité des données acquises. Des analyses répétées de l'olivine mongOL Sh11-2 (Batanova *et al.*, 2019) ont été effectuées en tant que matériaux de référence pour cette phase minérale. Le traitement des données a été effectué grâce au logiciel Iolite 4 (Paton *et al.*, 2011) selon le schéma de réduction '*3D Trace elements tool*' (Paul *et al.*, 2023 ; Savard *et al.*, 2023) utilisant la somme des éléments majeurs des minéraux silicatés normalisée à 100 % d'oxydes pour traiter les données (Annexe 4.2 :). Les données des matériaux de références et des échantillons se trouvent dans l'Annexe 4.3 : . Le contrôle de qualité montre que les éléments majeurs et traces sont déterminés avec une précision < 10 % et une justesse < 10 %.

5 Géochimie roche totale

5.1 Éléments majeurs et mineurs

En 2023, 52 échantillons ont été soumis pour analyse de roche totale au laboratoire Actlabs (Ancaster, ON ; symbologie à bordure grise : Figure 11-Figure 12; Hassen Ali *et al.*, 2024). À ces analyses viennent s'ajouter les 24 échantillons silicatés de la campagne de 2025 qui seront décrits dans ce rapport (symbologie à bordure rouge : Figure 11-Figure 12). Les analyses de roche totale comprennent 8 anorthosites, 3 leuconorites, 10 leucotroctolites, 1 microdiorite, 1 microgabbbronorite et 1 échantillon du mégadyke de diorite de Lac Chabot (Figure 11-Figure 12).

Les diagrammes de Harker présentés dans ce document montrent les variations en éléments majeurs (Figure 11-Figure 12). De façon générale, les lithologies observées sont proches du pôle plagioclases et s'étirent vers le pôle à olivine pour les leucotroctolites et vers le pôle à pyroxènes pour les leuconorites ou les leucogabbbronorites. Les dykes microgrenus sont plus riches en K₂O (< 7 %) que les lithologies cumulatives, indiquant la présence de biotite (Figure 11D). En général, les observations sont similaires à celles effectuées dans Hassen Ali *et al.* (2024).



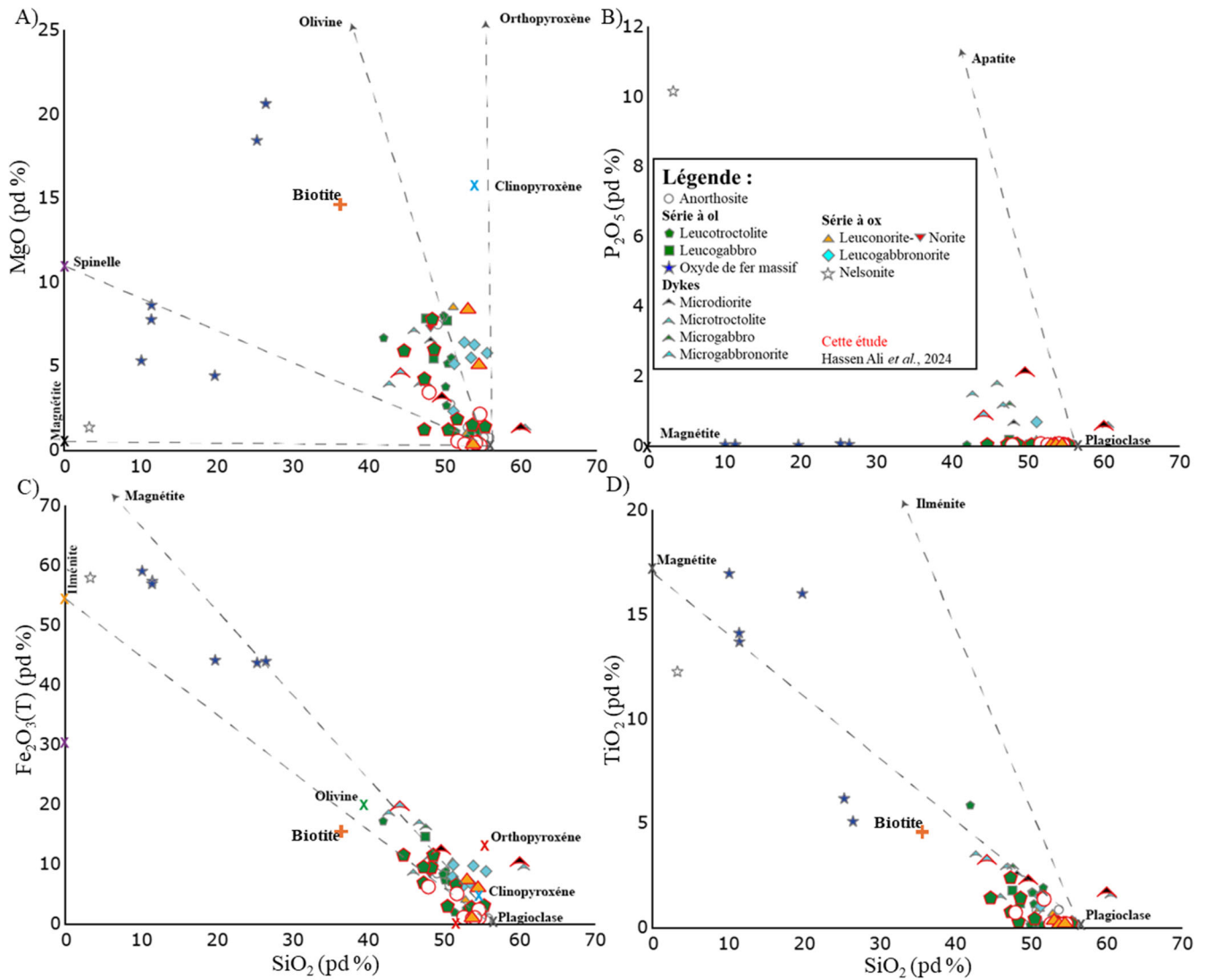


Figure 12: Diagrammes lithogéochimiques de Harker (suite) A) MgO vs SiO₂ B) P₂O₅ vs SiO₂ C) Fe₂O₃(T) vs SiO₂ D) TiO₂ vs SiO₂ pour les échantillons des campagnes de 2023 (bord gris) et de cette étude (bord rouge). Les analyses de pôles minéralogiques par microsonde proviennent des données de (Grant, 2020 ; Miloski *et al.*, 2023 ; Vaillancourt, 2001)

5.2 Éléments traces

La chimie des éléments en traces acquises par analyse de roche totale ont permis de produire des patrons d'éléments de terre rare (ETR), ainsi que des diagrammes multiéléments normalisés aux valeurs chondritiques et manteau primitif, respectivement (McDonough et Sun, 1994). Ces données représentent la somme des compositions en ETR des minéraux constitutifs de ces lithologies. La Figure 13 permet d'observer, grâce à la chimie minérale par LA-ICP-MS, le patron d'ETR des minéraux et d'observer leurs impacts sur les patrons des lithologies (Figure 14-Figure 15).

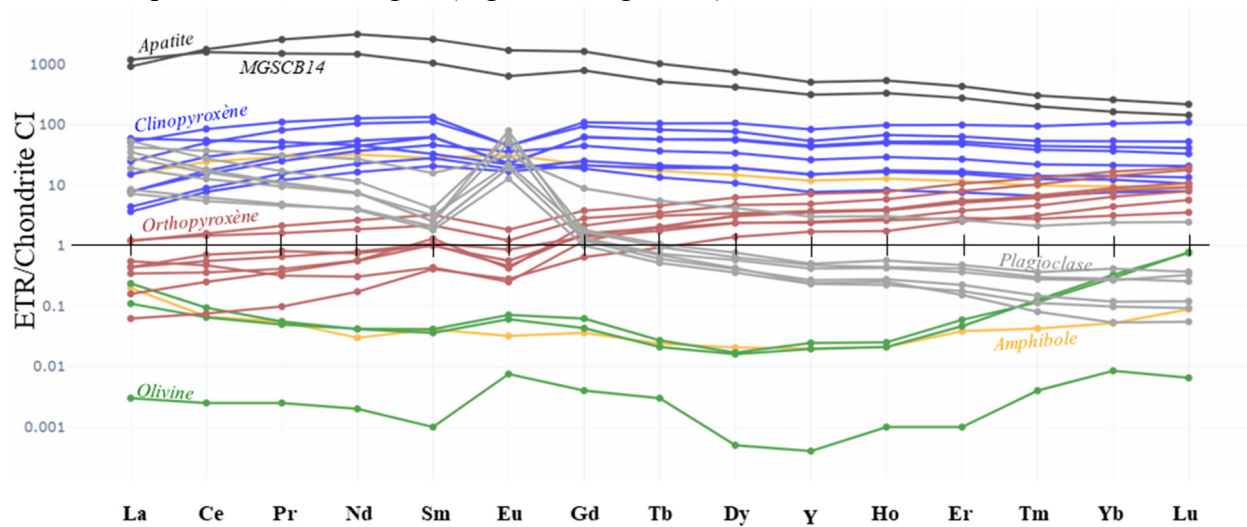


Figure 13 : Patrons de terres rares (ETR) normalisés par rapport aux chondrites des minéraux silicatés constituant les lithologies cumulatives et les dykes microgrenus. Les données pour la plupart des phases minérales sont issues de cette étude (Annexe 4.1 :) sauf pour l'apatite de la nelsonite de l'indice St Charles de Bourget (MGSCB14 : (Grant, 2020) ; valeurs de normalisation McDonough et Sun. (1994).

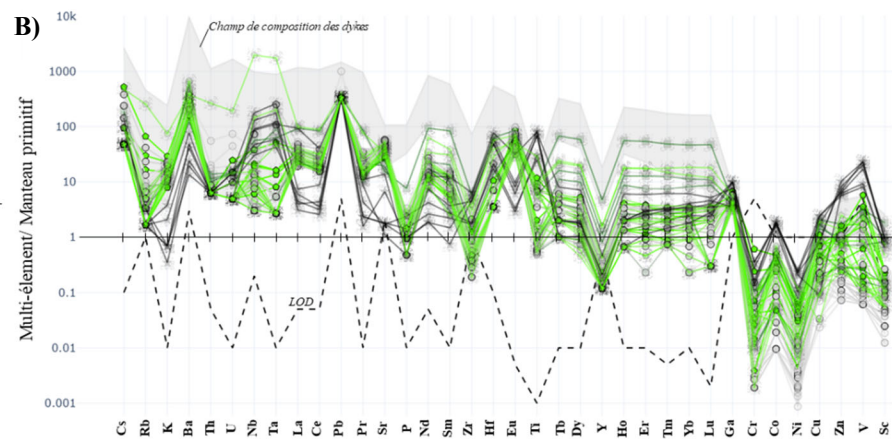
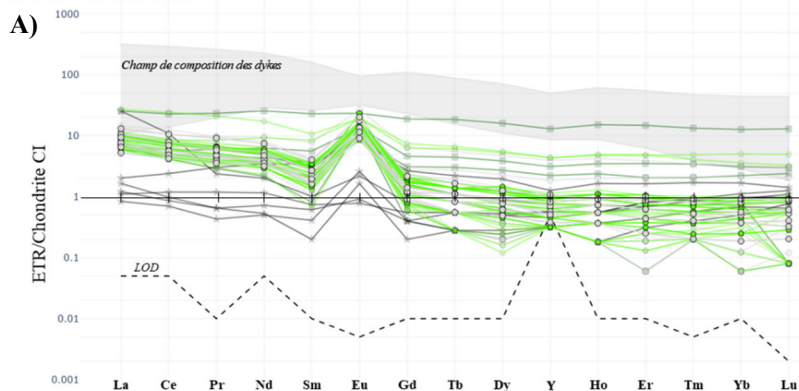
Les données de lithogéochimie ont été divisées en trois groupes : 1) les lithologies cumulatives de la série à olivine avec leurs minéralisations en Fe-Ti-V, 2) les lithologies cumulatives de la série à orthopyroxènes avec leurs minéralisations en Fe-Ti-P et 3) les liquides magmatiques (dykes microgrenus). Les lithologies précédemment analysées dans l'étude de Hassen Ali *et al.* (2024), ont été ajoutées par transparence afin d'avoir une vue complète de la signature géochimique de la marge sud.

Les lithologies de la série à olivine (Figure 14A), comme de la série à orthopyroxène (Figure 14C), sont caractérisées par un patron d'ETR dominé par la signature du plagioclase (Figure 13-Figure 15). Ces patrons se caractérisent par un enrichissement en ETR légers La/Sm_N [2.6-4], une anomalie positive en Eu/Eu*_N [3.7-15.9] et un spectre plat pour les ETR lourds Gd/Lu_N [0.6-3.5]. Il semble néanmoins que la présence d'orthopyroxène dans les leuconorites enrichisse légèrement les patrons en ETR lourd d'un ordre de grandeur : série à orthopyroxène Gd/Lu_N [0.6±1.02] ; série à olivine Gd/Lu_N [2.4±0.65] (Figure 13-Figure 14). Dans la série à olivine, lorsqu'il y a la présence de clinopyroxènes le spectre d'ETR se

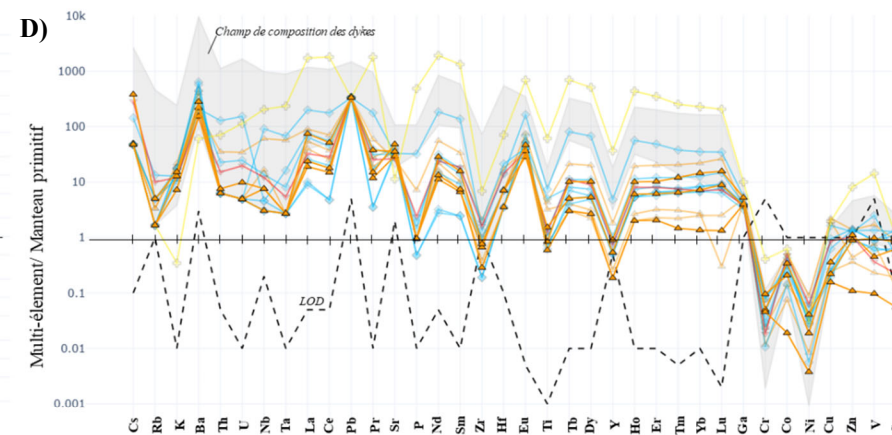
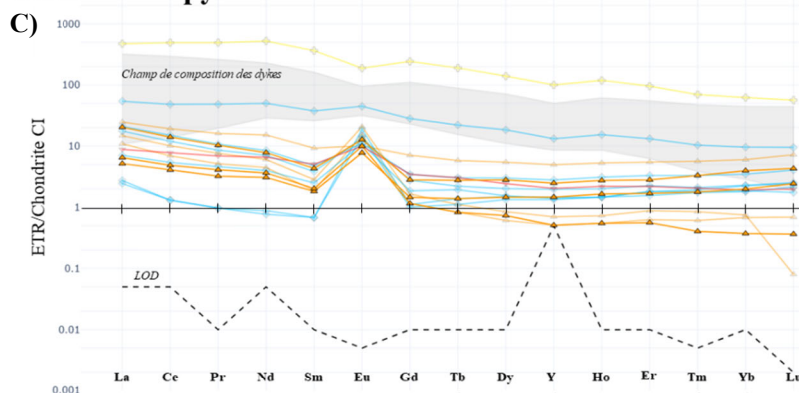
démarque par une abondance généralisée d'un ordre de grandeur par rapport aux leucotroctolites (Figure 13-Figure 14A). Les diagrammes multiéléments des séries à olivine et à orthopyroxène ont une forme similaire avec une anomalie positive en Ba, Pb, Eu et des anomalies négatives en P, Zr, Y (Figure 14).

Les patrons d'ETR des minéralisations d'oxydes de fer de la série à olivine (indice Moquin) sont globalement plats (La/Sm_N [1,4-6] ; Gd/Lu_N [0,31-0,57]), appauvris par rapport aux lithologies cumulatives à plagioclase et olivine, avec une plus petite anomalie positive en Eu/Eu^*_N [1,2-8,1] (Figure 14A ; Hassen Ali *et al.*, 2024). Le patron de la nelsonite (Propriété Larouche), due à la présence de l'apatite (Figure 13), se démarque par une abondance 10 fois plus grande en d'ETR que les lithologies cumulatives (Figure 14C). Ce patron d'ETR est enrichi en ETR léger par rapport aux ETR lourd formant une pente décroissante ($La/Sm_N = 1,2$; $Gd/Lu_N = 4,2$) avec une légère anomalie négative en $Eu/Eu^*_N = 0,6$ (Hassen Ali *et al.*, 2024). Cette différence s'observe aussi dans les diagrammes multiéléments, où le spectre de la nelsonite est au-dessus des spectres cumulatifs à orthopyroxènes pour tous les éléments à l'exception du K (Hassen Ali *et al.*, 2024). À l'inverse, les oxydes de fer massifs de la série à olivine sont plus appauvris que les spectres des cumulats de la série à olivine à l'exception de concentrations supérieures en Nb, Ta, Ti, Ga, Co, Zn, V (Figure 14B). En effet, ces éléments qui sont enrichis dans magnétite et ilménite (Hassen Ali *et al.*, 2024).

Série à olivine



Série à orthopyroxène



Légende :

○ Anorthosite

Série à ol

● Leucotroctolite

■ Leucogabbro

★ Oxyde de fer massif

Série à ox

▲ Leuconorite- Norite

◆ Leucogabbro-norite

◆ Nelsonite

Figure 14 : Patterns de terres rares (ETR) normalisés par rapport aux chondrites et diagrammes multiéléments normalisés par rapport au manteau primitif des lithologies cumulatives (valeurs de normalisation McDonough et Sun, (1994)). A) spectres de terres rares de la série à olivine (OV), B) diagrammes multiéléments de la série à OV, C) spectres de terres rares de la série à orthopyroxène (OPX), D) diagrammes multiéléments de la série à OPX. Les données de l'étude (Hassen Ali *et al.*, 2024) sont légèrement transparentes. LOD = Limites de détection.

Enfin, les dykes microgrenus sont caractérisés par des patrons d'ETR globalement enrichis par rapport aux lithologies cumulatives avec une abondance en ETR de 10 ordres de grandeur supérieurs (Figure 15A). Le spectre des dykes est plat, décroissant avec à un enrichissement en ETR léger par rapport aux ETR lourd (La/Sm_N [1.2-2.4] ; Gd/Lu_N [1.7-4.5] ; Figure 15A). Les diagrammes multiéléments montrent une anomalie positive en Ba et des anomalies négatives en Sr, Zr, Ti, Y (Figure 15B).

Ainsi donc, les lithologies cumulatives et les dykes microgrenus ont des chimies semblables à l'échelle de la marge sud de la SALSJ.

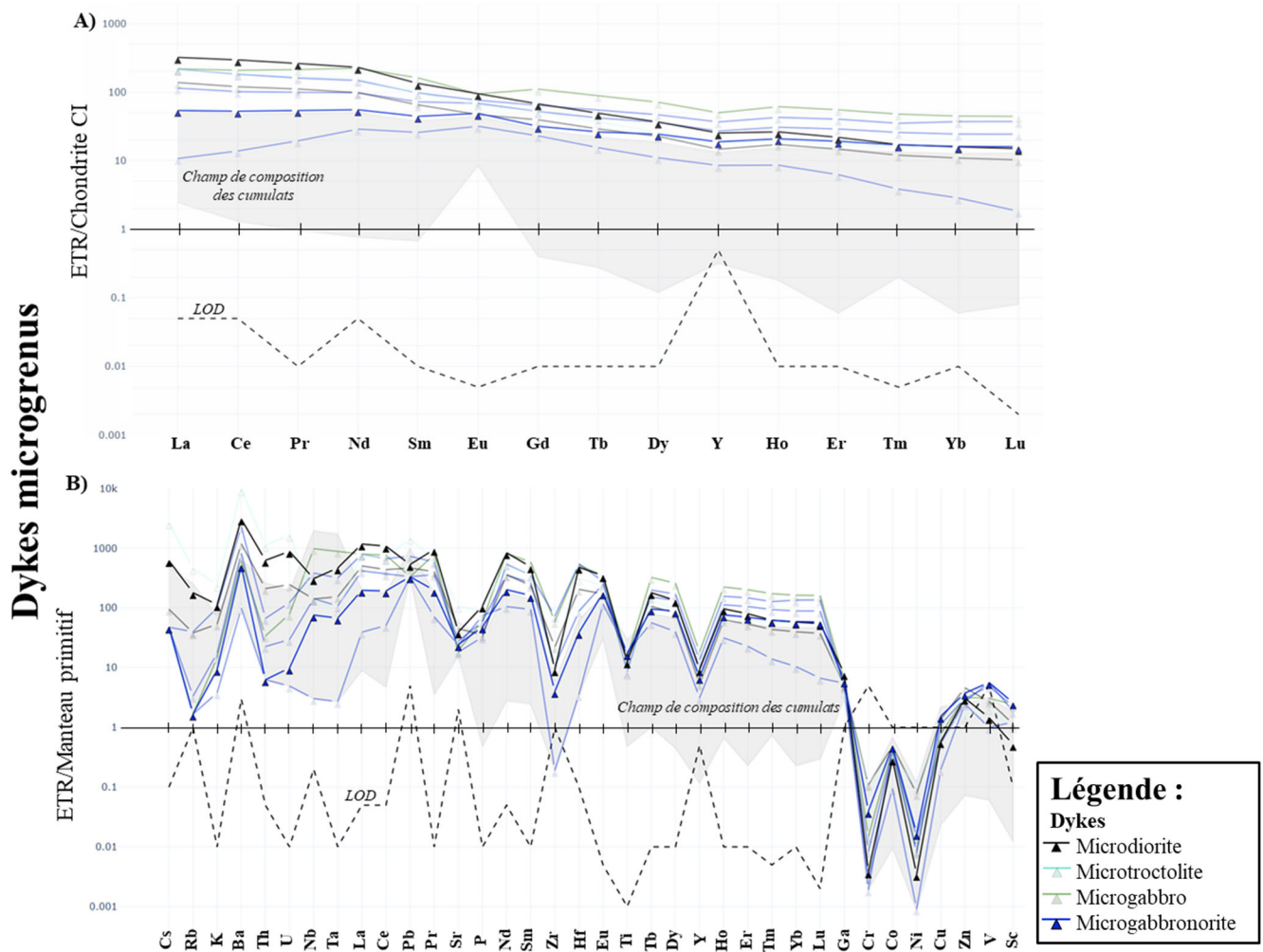


Figure 15 : Patrons de terres rares (ETR) normalisés par rapport aux chondrites et les diagrammes multiéléments normalisés par rapport au manteau primitif des dykes microgrenus (valeurs de normalisation McDonough et Sun, 1994). A) spectres de terres rares des dykes microgrenus, B) diagrammes multiéléments des dykes microgrenus. Les données de l'étude (Hassen Ali *et al.*, 2024) sont légèrement transparentes et les données des lithologies cumulatives sont représentées par le champ grisé. LOD = Limites de détection.

5.3 Chimie minérale

5.3.1 Plagioclase

À l'issue de l'étude (Hassen Ali *et al.*, 2024), il a été mis en évidence la présence de trois secteurs lithogéochimiques dans la marge sud de la SALSJ (Figure 24). Les principaux arguments ayant permis le placement de ces secteurs étaient la lithologie, la présence de minéralisation, la calcicité et le pendage des structures planaires. En effet, la calcicité labradoritique du secteur de « Jonquière » (An54) ou du corridor à Fe-Ti-P (Propriété Larouche ; An53) était distincte des calcicités andésinitiques du corridor à Fe-Ti-V (Moquin ; An48 ; (Hassen Ali *et al.*, 2024).

L'extension de l'étude à l'ouest et l'ajout de la teneur en Sr (%) à la calcicité a permis de préciser mieux les domaines lithogéochimiques en secteur. Diyoyo (2025) et Diyoyo *et al.* (2024) ont démontré, grâce à leurs études de la marge sud au nord du Saguenay dans le secteur de Saint-Charles de Bourget/Bégin-Lamarche, qu'il est possible de distinguer différentes injections magmatiques de la SALSJ en utilisant le coupe calcicité An et Sr (%). En effet, trois familles de Sr ont permis de différencier la signature des différentes marges anorthositiques : marge ouest $\sim \text{Sr} < 0.07\%$, marge est $\sim 0.07 < \text{Sr} < 0.10\%$ et marge sud $\sim \text{Sr} > 0.10\%$ (Diyoyo, 2025).

Ces mêmes classes de Sr ont été appliquées à cette étude permettant de découper la marge sud en quatre familles de Sr. La majorité des lithologies de cette étude présentent un Sr moyen (0.07-0.10% ; bleu clair ; Figure 16), et représentent les lithologies non minéralisées, ou le signal régional de la marge sud. Les lithologies avec un Sr haut (0.10-0.12 ; rose ; Figure 15-16) correspondent au signal des intrusions minéralisées et les lithologies avec le Sr le plus élevé ($> 0.12\%$; rouge ; Figure 15-16) correspondent à des zones de l'intrusion directement associées ou très proches de la minéralisation elle-même (Figure 18-16). Finalement, les lithologies avec un Sr le plus faible ($< 0.07\%$; bleu foncé ; Figure 15-16) sont retrouvées à la limite entre deux secteurs, par exemple entre le secteur de « Jonquière » et le corridor à Fe-Ti-V (Figure 17), et semblent correspondre avec des zones mylonitisées.

L'augmentation du Sr est corrélée à une diminution de la calcicité impliquant que les intrusions minéralisées, Sr haut à élevé, ont des calcicités andésinitiques (30-50), tandis que les intrusions à chimie régionales, Sr moyen, ont une calcicité labradoritique (50-70).

Diagramme calcicité vs teneur Sr

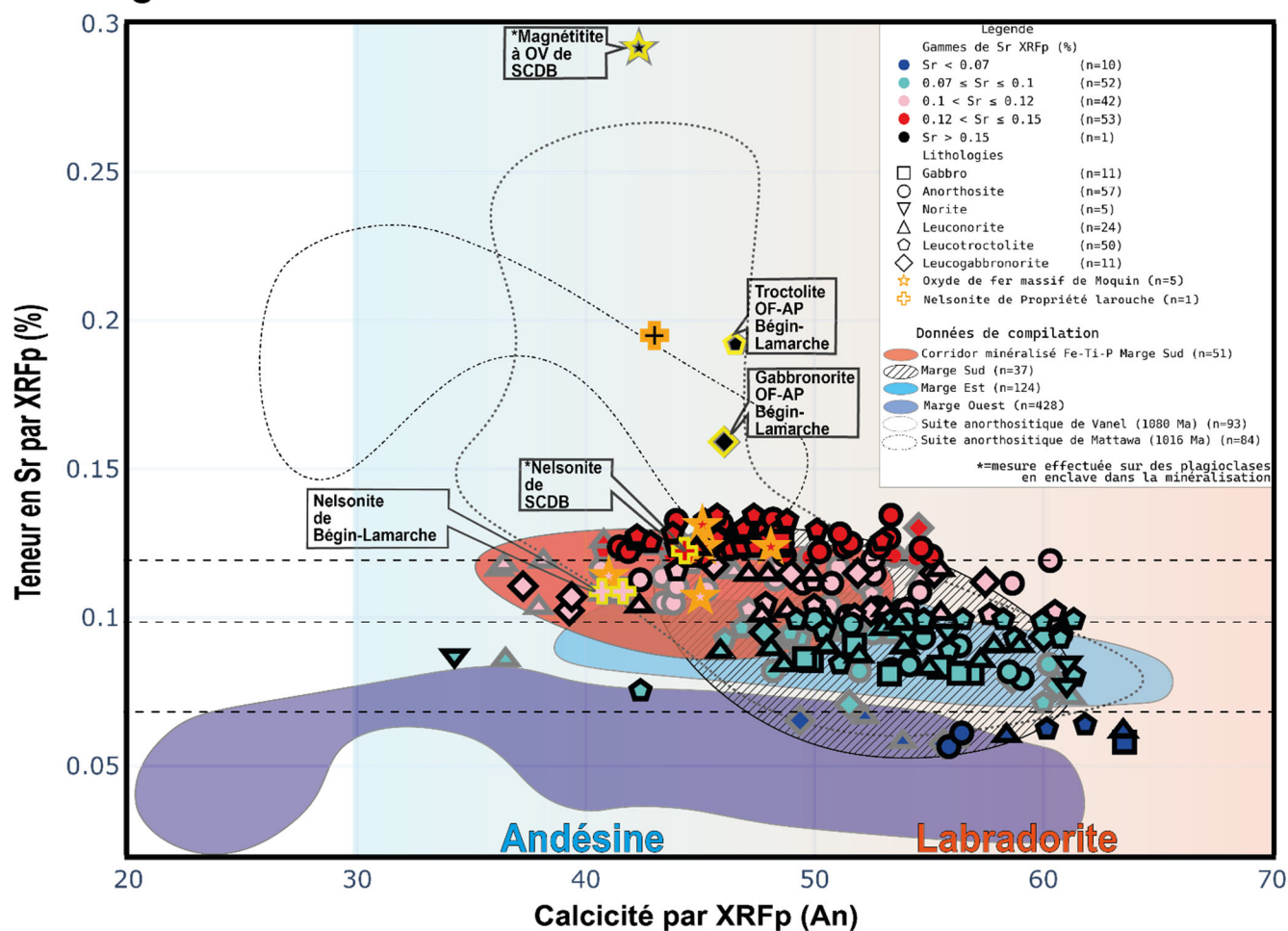


Figure 16 : Diagramme de calcicité (An) vs teneur en Sr (%) mesuré par XRFp dans les lithologies anorthositiques du secteur d'étude (cette étude : symboles non minéralisés=contour noir, symboles minéralisés=contour orange ; données compilées de (Diyoyo Katako, 2024 : symboles non minéralisés=contour gris, symboles minéralisés=contour jaune ; Gueye, 2023 ; (Hassen Ali et al., 2023, 2024) ; Mercier, 2022 ; Miloski et al., 2023 : ellipses). SCDB=St-Charles-De-Bourget

Le complexe subcirculaire lité de Saint-Henri-de-Taillon constitué de leucotroctolites et d'anorthosites (Woussen *et al.*, 1988) est chimiquement défini par une calcicité labradoritique An [57-63] associée à une teneur en Sr moyenne (0.08-0.10% ;

Figure 16-Figure 17). Ces caractéristiques ressemblent à celle du secteur de « Jonquière » défini par une série à olivine de calcicité labradoritique An [50-58] et une teneur en Sr moyenne (0.08-0.10 % ; Figure 17-Figure 18). Ces deux secteurs caractérisant les extrémités « ouest » et « est » de la zone d'étude ne contiennent pas de minéralisations notables et sont représentatives du signal géochimique régional de la marge sud. Ces signatures chimiques sont cohérentes avec les observations du domaine « est » et

« ouest » de Diyoyo *et al.* (2024), au nord de la rivière Saguenay, avec des gammes de calcicité de An [46-61] et de Sr moyennes ($\leq 0.10\%$).

Au centre de la zone d'étude se manifeste deux corridors minéralisés, définis grâce aux différences pétrologiques, structurales et géochimiques par rapport au reste de la marge sud. Le corridor à Fe-Ti-V se distingue par la présence de la minéralisation de Moquin, et n'a pas été reconnu au nord du Saguenay. Le corridor à Fe-Ti-P contient la minéralisation de Propriété Larouche et constitue la continuité du corridor minéralisé de Saint-Charles-de-Bourget/Bégin-Lamarche de Diyoyo *et al.* (2024) ; Figure 17). En effet, le corridor à Fe-Ti-V est défini par une série à olivine avec une calcicité labradoritique à andésine An[45-59] et une teneur en Sr haute [0.08-0.12%] (Figure 17). Ce corridor abrite la minéralisation de Moquin (Fe-Ti-V) mise en place dans des leucotroctolites dont la calcicité est andésinitique An[45-47] et la teneur en Sr plus élevée [0.12-0.13%] (Figure 17-Figure 18). Le même comportement est observable dans le corridor à Fe-Ti-P caractérisé par une série à orthopyroxène $\pm$ olivine, avec une calcicité labradoritique à andésinitique An[48-58] et une teneur en Sr élevée [0.09-0.13%] (Figure 17).

Les lithologies hôtes des minéralisations montre une calcicité encore plus basse, andésinitique An[43], et une teneur en Sr qui augmente encore [0.19%] dans la minéralisation en Fe-Ti-P de Propriété Larouche (Figure 17-Figure 18). Ces observations sont cohérentes avec celles de Diyoyo *et al.* (2024) puisqu'il observe pour le corridor minéralisé de Saint-Charles-de-Bourget/Bégin-Lamarche une calcicité An[35-49] et une teneur en Sr élevée (0.10-0.13%) avec la minéralisation en Fe-Ti-P avec des valeurs de Sr le plus haut (0.15-0.19%). La marge sud est donc constituée de différents types de magma, les magmas aux concentrations de Sr moyennes ($< 0.10\%$), non minéralisés et les magmas riches en Sr ($> 0.10\%$) contenant la minéralisation (Figure 16). Ces magmas se sont mis en place dans la marge sud sous la forme de trois-quatre intrusions ayant formé les secteurs non-minéralisés de Jonquière et le complexe de Saint-Henri-de-Taillon et les corridors à Fe-Ti-V et Fe-Ti-P (Figure 17-Figure 18).

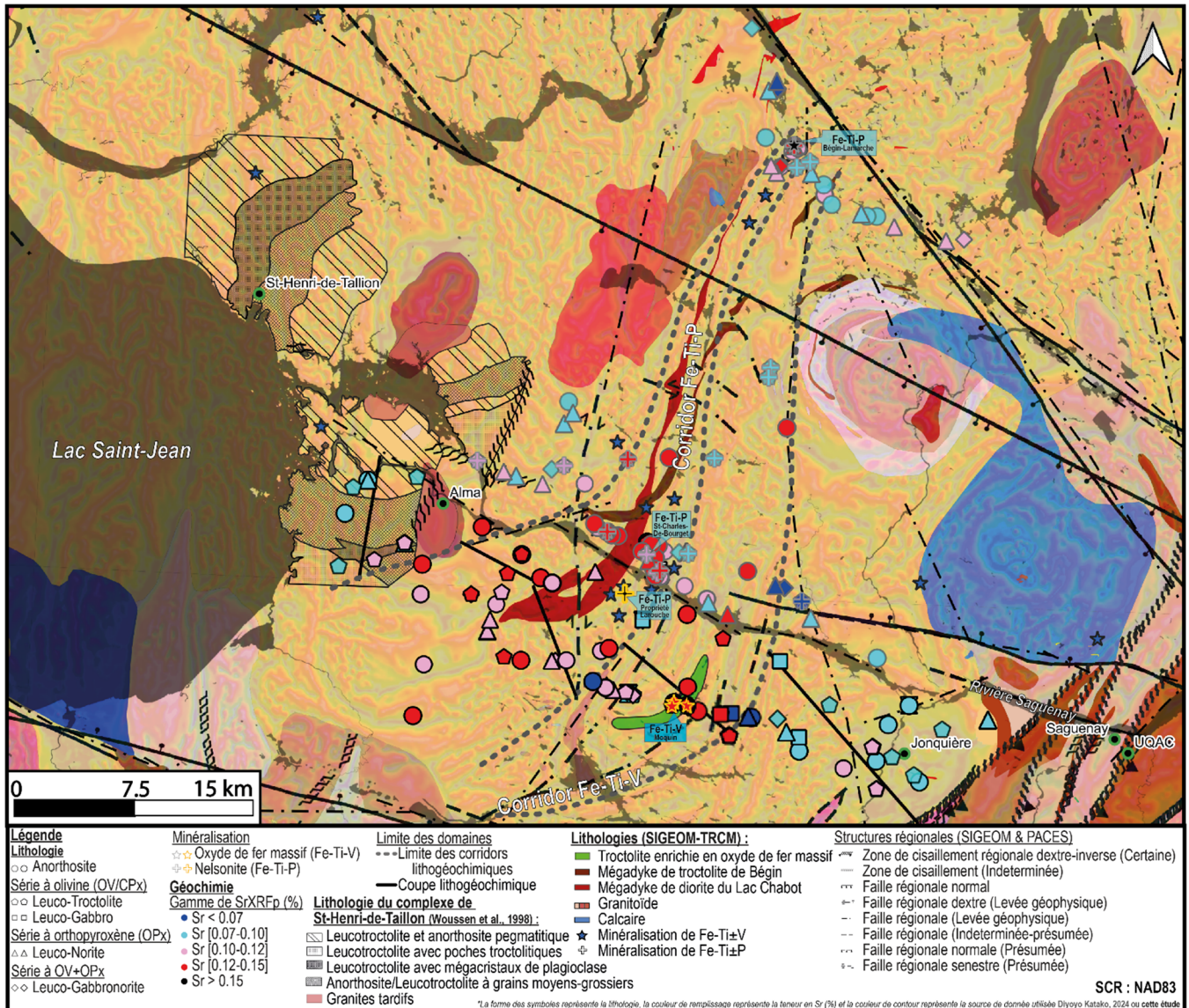


Figure 17 : Carte lithogéochimique An vs Sr de la marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ) montrant la distribution des principales lithologies et des minéralisations d'oxydes de fer Fe-Ti±V±P sur fond de tilt angle magnétique et de géologie régionale (géologie modifiée des bases de données du SIGEOM, de la TRCM et du PACES). Les délimitations des secteurs lithogéochimiques et des corridors minéralisés à Fe-Ti±V et Fe-Ti±P sont matérialisés par les lignes pointillées grises).

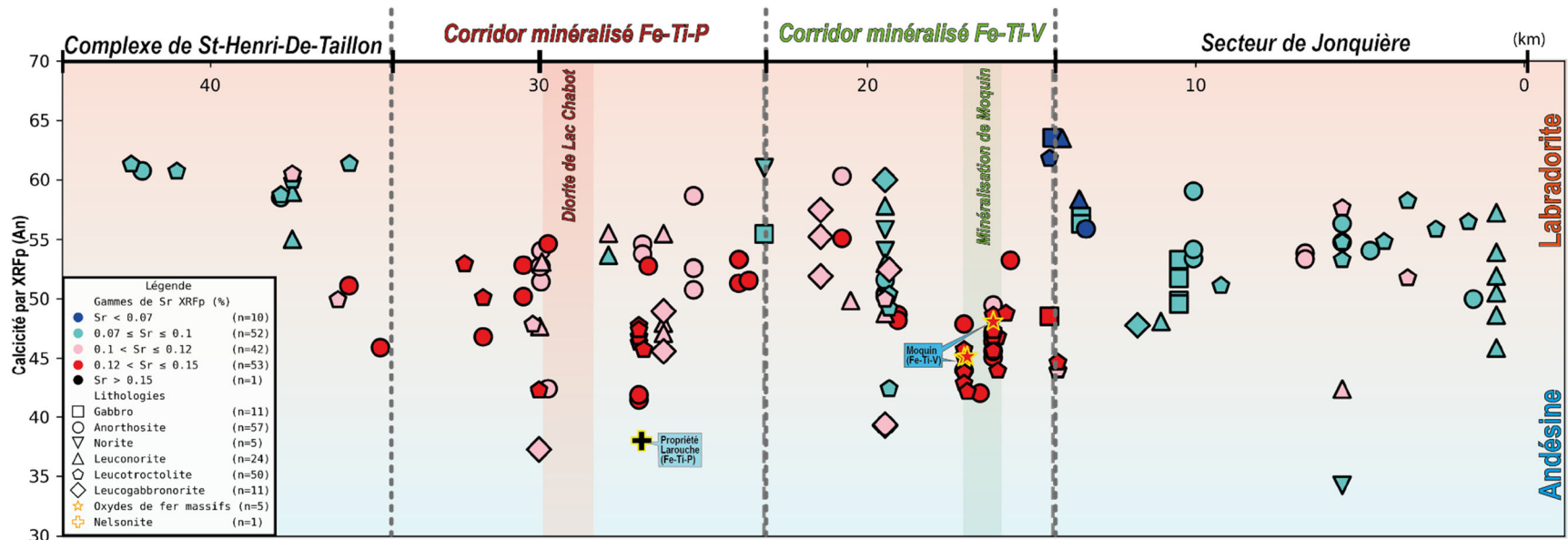


Figure 18 : Diagramme de la calcacité médiane et des teneurs de Sr (%) des porphyroclastes de plagioclase mesuré par XRFp le long de la coupe est-ouest entre Jonquière et Alma, avec les délimitations des secteurs lithogéochimiques et des corridors minéralisés à Fe-Ti±V et Fe-Ti±P (lignes pointillées ; zone minéralisée de Moquin : champ vert ; mégadyke de Diorite de Lac Chabot : champ rouge). Les données de la calcacité des plagioclases et de Sr sont issues de la médiane d'au mieux 3 points de mesures effectuées sur trois porphyroclastes de plagioclases différents par échantillon analysé.

5.3.2 Olivine et pyroxènes

L'étude de la chimie des minéraux ferromagnésiens primaires des lithologies cumulatives permet d'inférer sur les processus de différenciation des intrusions grâce au nombre de magnésium (Mg#) et sur leurs profondeurs de cristallisation grâce au Al_2O_3 des pyroxènes (Banerjee *et al.*, 2024 ; Heinonen *et al.*, 2020).

5.3.2.1 Mg# d'olivine et pyroxène

La calcicité des plagioclases mesurés dans les intrusions litées (ex. Sept Îles) montre une relation linéaire avec le Mg# mesuré dans les olivines (Figure 19A), les clinopyroxènes (Figure 19B) et les orthopyroxènes (Figure 19C). Ainsi donc dans une suite intrusive, la calcicité permet d'estimer l'évolution magmatique des cumulats : un cumulat avec une calcicité de plagioclase labradoritique [50-70] sont associés à un Mg# élevé et donc à un magma primitif. À l'inverse des intrusions avec des calcicités de plagioclase andésinitiques [30-50] sont associées à un Mg# faible et donc un magma plus évolué. Les olivines de la marge sud sont plus évoluées, avec des valeurs plus basses de Mg# (Fo#) 49-65 et calcicité An42-63, que les lithologies de la Suite mafique-ultramafique de Baie à Cadie qui est plus primitive, (Fo#79-87, An66-89) et caractérisée par la présence de minéralisations en Ni-Cu (champ vert, Figure 19A-B : Vaillancourt 2001). La marge sud présente des valeurs de Mg# et calcicité similaires aux intrusions plus évoluées présentant des minéralisations à Fe-Ti-P tel que l'intrusion litée de Sept-Îles (champ gris), et à Fe-Ti-V tel que la suite de l'Étoile (champ bleu) et l'intrusion litée de Kiglapait (ligne noire, Figure 19A-B). La suite de l'Étoile est une suite mafique-ultramafique (gabbro-norite-troctolite-pyroxénite-anorthosite), contemporaine de la SALSJ et contenant des minéralisations de Fe-Ti-V associées à des plagioclases de calcicité andésinitique (An35-48 ; Maier *et al.*, 2025). L'intrusion litée de Kiglapait est un des corps plutoniques troctolitiques appartenant à la suite plutonique de Nain. Cette intrusion, datée à 1307 Ma, contient des minéralisations de Fe-Ti dans la zone sommitale, associée à des plagioclases de calcicité andésinitique (An<50 ; Morse, 2015). Enfin, dans la suite intrusive de Sept-Îles, l'intrusion litée de Sept-Îles est constituée principalement de lits anorthositiques, troctolitiques et gabbroïques. Mise en place à 564 Ma, cette intrusion contient deux horizons de minéralisations de Fe-Ti-P, corrélés à une diminution de calcicité de plagioclase dans des chimies andésinitiques (An34-An47 ; (Namur *et al.*, 2010). Dans le cas des minéralisations en Fe-Ti-V (Moquin) de la marge sud, les olivines sont caractérisées par un Mg# [48-63] associé à une calcicité de plagioclase An [41-48] (Figure 19A). À l'inverse, les olivines des secteurs non minéralisées sont définies par des valeurs supérieures, légèrement plus primitives, comme

le montre la chimie du complexe de Saint-Henri-de-Taillon (Fo#67-74, An54-61, champ jaune, Figure 19A).

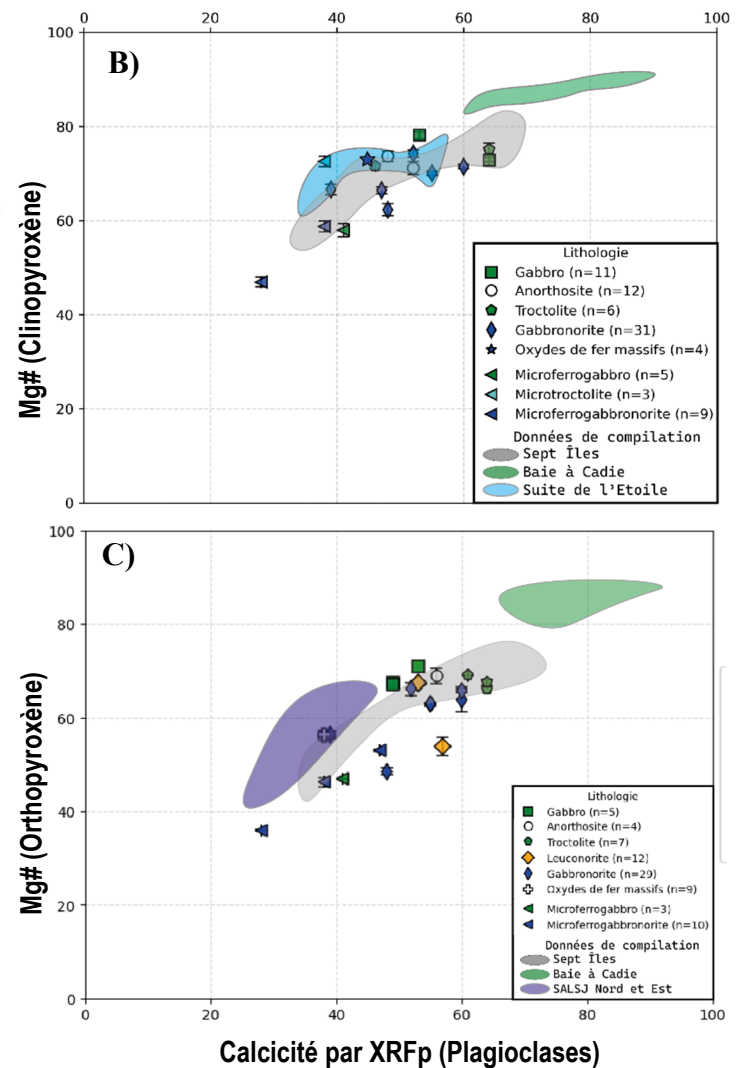
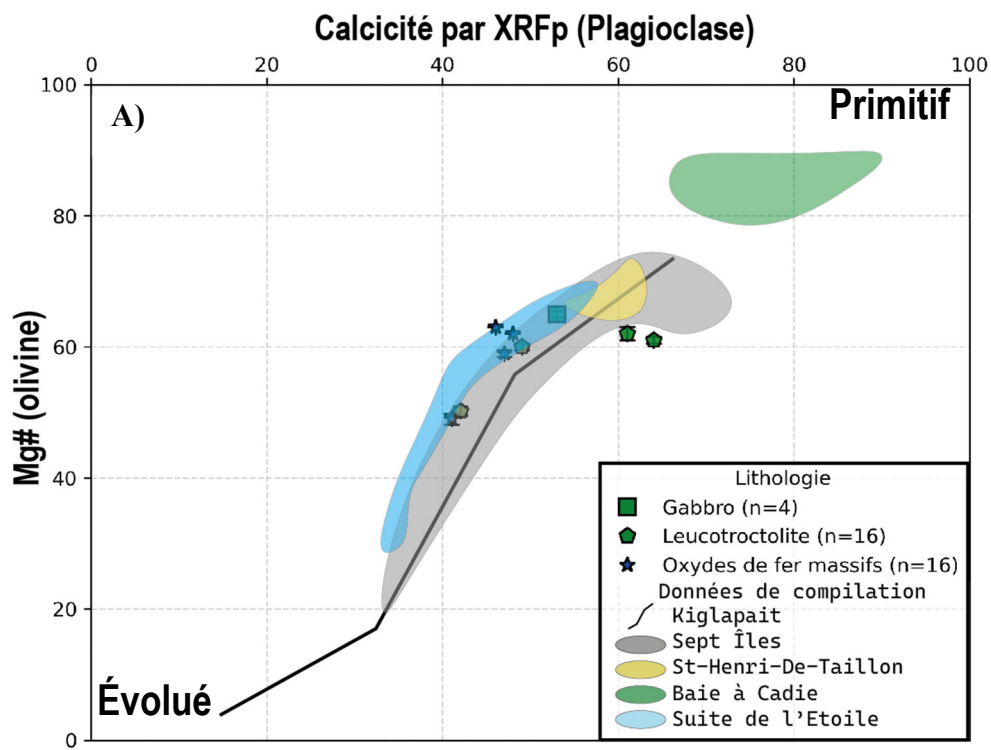


Figure 19 : Diagramme binaire de la calcicité des plagioclases mesurés par XRFp en fonction du Mg# A) des olivines B) des clinopyroxènes, C) des orthopyroxènes mesurés par laser dans les porphyroclastes des lithologies de la série à olivine et à orthopyroxènes de la marge sud. Les données de compilations proviennent des études de (Grant, 2020) ; Maier (2022 ; Suite de l'Etoile) ; Morse (2015 ; intrusion litée de Kiglapait) ; Namur *et al.* (2012 ; intrusion litée de Sept-Îles) ; Vaillancourt (2001 ; Suite mafique-ultramafique de la Baie à Cadie) ; Woussen *et al.* (1988 ; complexe de Saint-Henri-de-Taillon). Chaque point représente la moyenne des An et Mg# effectuée dans un même échantillon (n=nombre d'analyses).

5.3.2.2 Géobarométrie (Al_2O_3 dans les orthopyroxènes)

Dans certaines roches à orthopyroxène de suites anorthositiques les mégacrists d'orthopyroxène riches en Al_2O_3 (4 – 8 %), sont communs (ex. Rogaland, Norvège : Charlier *et al.*, 2010 ; Ahvenisto, Finland: Heinonen *et al.*, 2020). Ces « high Aluminium orthopyroxene megacrysts » (HAOM) ont permis à Emslie *et al.* 1994 de développer un géo-baromètre qui corrèle la concentration en Al_2O_3 d'orthopyroxène avec la profondeur de cristallisation des suites anorthositiques (Banerjee *et al.*, 2024 ; Fram et Longhi, 1992).

Dans le cas de la série à orthopyroxène de la marge sud associé au corridor minéralisé à Fe-Ti-P (Propriété Larouche, St-Charles-de-Bourget et Bégin-Lamarche), les orthopyroxènes analysés dans cette étude contiennent de faibles concentrations en Al_2O_3 (0.79 - 2.39% Figure 20). Selon la figure de Heinonen *et al.* (2020) , ces faibles concentrations impliquent une pression de cristallisation inférieure à 2.2 kbar (<8 km) interprétées comme issue de la cristallisation fractionnée isobarique (Figure 20). Ainsi, les orthopyroxènes des intrusions et des minéralisations de la série à orthopyroxène de la marge sud de la SALSJ ont cristallisé à faible profondeur.

Les observations dégagées par les olivines et les orthopyroxènes sont donc extrapolables à la marge sud de la SALSJ : la marge sud est donc constituée d'au moins quatre intrusions cristallisées à faible profondeur avec des minéralisations associées à des magmas plus évolués.

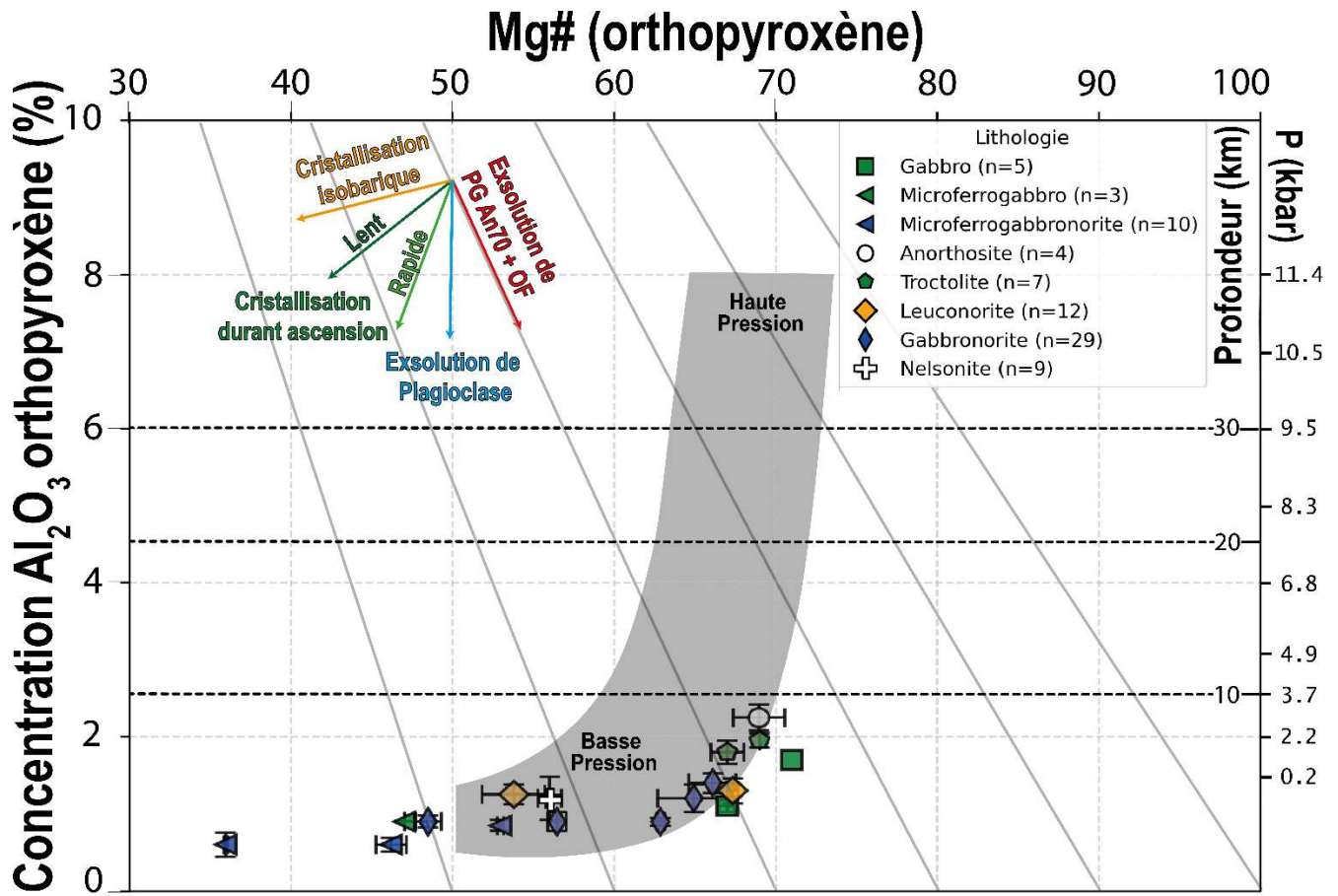


Figure 20 : Diagramme binaire Mg# vs concentration d' Al_2O_3 (%) des porphyroclastes d'orthopyroxènes de la marge sud mesurés par laser. Les vecteurs interprétatifs des conditions de cristallisations proviennent de Heinonen *et al.* (2020) et le champ de pression de Banerjee *et al.* (2024). Chaque point représente la moyenne des $[\text{Al}_2\text{O}_3]$, Mg# et An effectués dans un même échantillon (n=nombre d'analyses).

5.4 Structures

La marge sud de la SALSJ est caractérisée structurellement par un litage primaire et une foliation secondaire. Le litage primaire s'observe par l'alternance de niveaux/bandes principalement d'anorthosite (Figure 4D), de leuconorite (Figure 6D) ou de leucotroctolite (Figure 4D). Ces bandes ont une granulométrie variable, grains moyens à mégacristique et une épaisseur métrique, quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. L'orientation de ces bandes primaires est parallèle à la foliation secondaire, définie par l'étirement des couronnes de minéraux ferromagnésiens. Dans cette étude les mesures planaires primaires et secondaires ne seront pas différenciées. Dans la marge sud, un total de 43 mesures planaires (Figure 21 A-B) ont été prises et ont aidé à définir quatre secteurs structuraux (Figure 22-Figure 23).

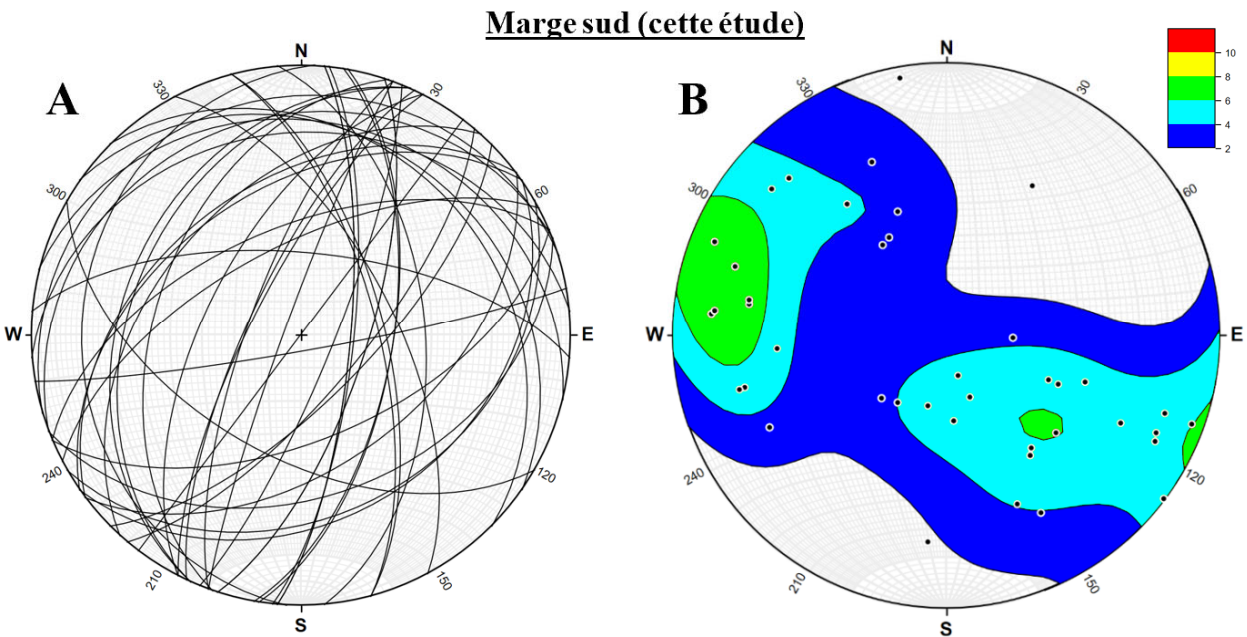


Figure 21 : Stéréogrammes de Wulff des foliations de la marge sud (n=43) A) grand cercle ; B) pôles avec les contours de Kamb

Les secteurs hors des corridors minéralisés : secteur de Jonquière (Figure 22A) à l'est et complexe de Saint-Henri-de-Taillon (Figure 22B) à l'ouest sont caractérisés par des pendages faibles, généralement entre 20 à 40° (Figure 22A-B). Le secteur de Jonquière a des foliations orientées NE-SO à pendage relativement faible vers le sud-est (Figure 22A). Ces couches se verticalisent en se rapprochant du centre du transect passant d'un pendage subhorizontal à un pendage modéré (~40°). Peu de mesures ont été prises dans le complexe de Saint-Henri-de-Taillon, mais elle concorde avec les observations de Woussen et al. (1988) qui décrit ce complexe comme une intrusion subcirculaire à très faible pendage (Figure 23 ;

Woussen *et al.*, 1988). Les secteurs centraux minéralisés, corridor à Fe-Ti-V (Figure 22C) à l'est et corridor à Fe-Ti-P (Figure 22D) à l'ouest sont caractérisés par une orientation NE-SO (Figures 22C-D-Figure 23). Le corridor à Fe-Ti-V (Moquin) est caractérisé par un pendage fort, entre 70 à 90° (Figure 22C-Figure 23) et est bordé par des zones de mylonites (Figure 23). Le corridor à Fe-Ti-P montre des pendages plus variables : entre 26 à 72° (Figure 22D-Figure 23).

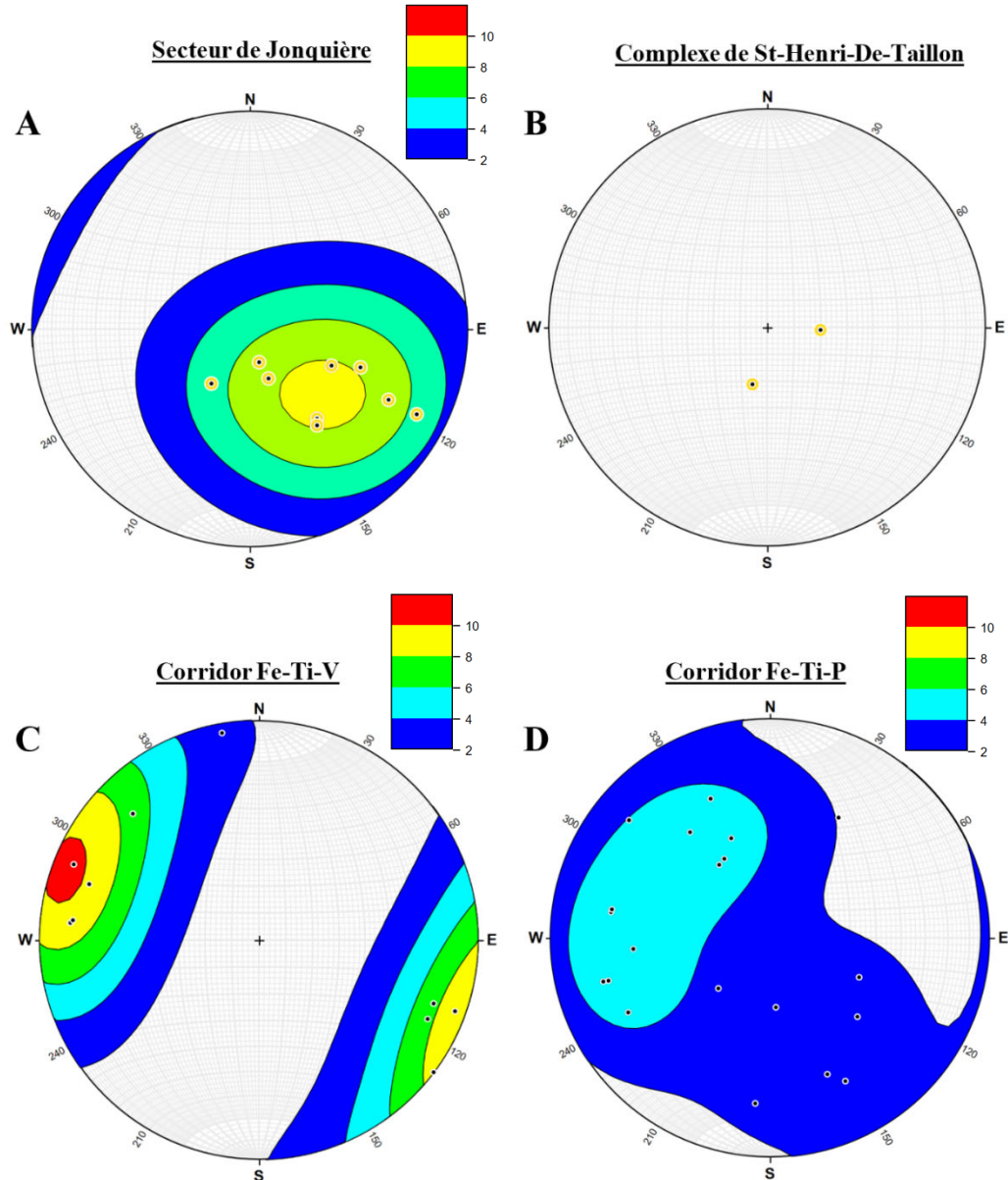


Figure 22 : Stéréogrammes de Wulff des pôles des données structurales des secteurs de la marge sud avec les contours de Kamb : hors des corridors minéralisés A) secteur de Jonquière (n=9) ; B) secteur de Saint-Henri-de-Taillon (n=2) et dans les corridors minéralisés C) à Fe-Ti-V (n=12) et D) à Fe-Ti-P (n=20). NB : La méthode de Kamb permet de créer des contours de densité basés sur l'écart-type de la densité de valeur attendue pour une répartition de donnée binomiale (théorique) par rapport à la densité de point réel. Si la distribution des valeurs dans une aire donnée est supérieure à la valeur attendue (théorique), alors il s'agit d'un « cluster » de données. L'écart entre la distribution de donnée réelle et la distribution de donnée attendue est donné par incrément de 2σ , plus il est élevé (couleur chaude), plus il y a de données dans cette zone (Marshak et Gutam, 1988).

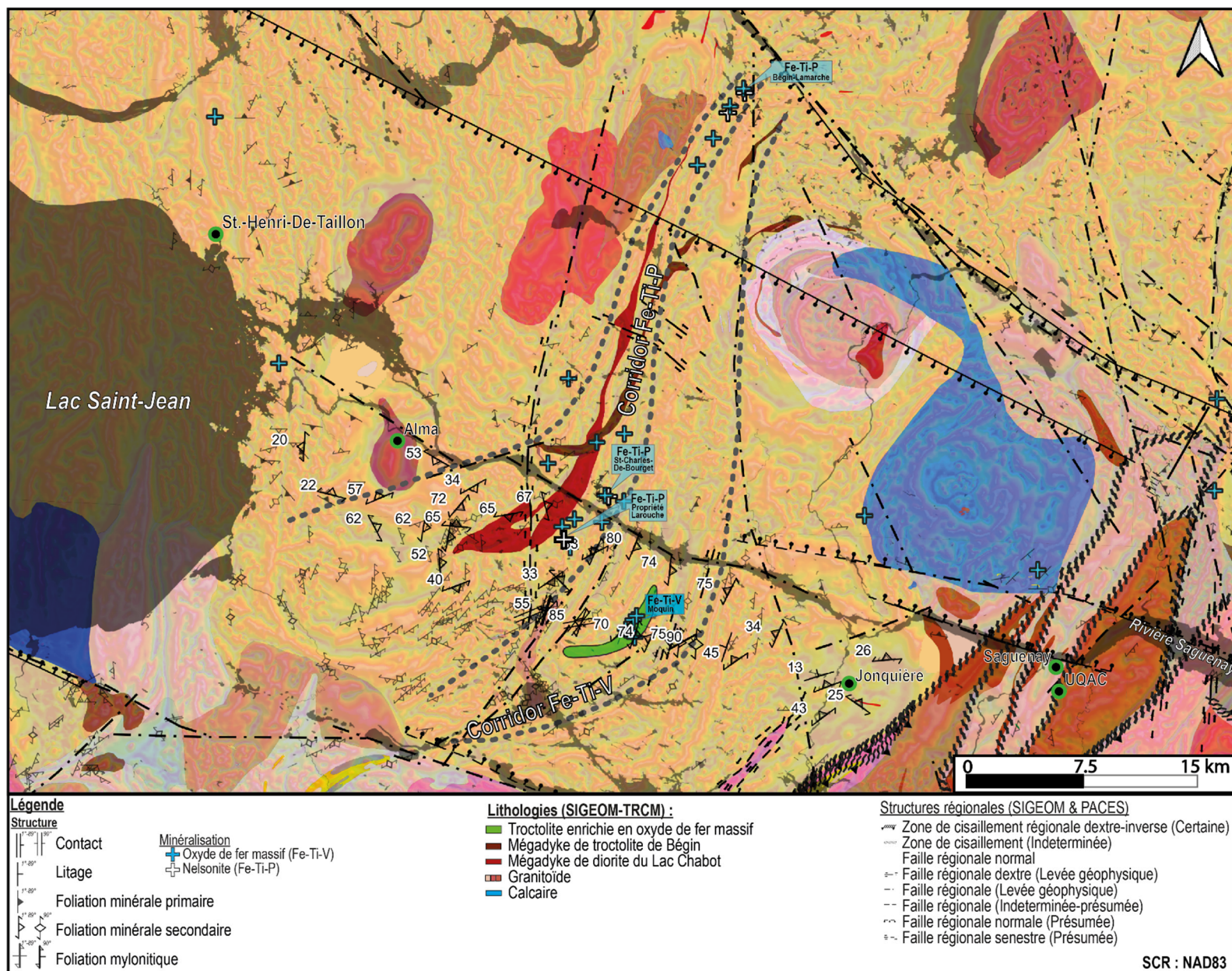


Figure 23 : Carte des structures planaires mesurées dans la marge sud avec leurs pendages (symboles noirs) associés avec les structures planaires tirées du SIGEOM (symboles gris) sur fond de tilt angle magnétique et de géologie régionale (SIGEOM | Système d'information géominère | Carte interactive, 2025).

6 Conclusion

Grâce à la chimie minérale par XRFp et LA-ICP-MS et la cartographie de terrain, la marge sud a pu être segmentée en quatre secteurs litho-structuro-géochimiques associés à la composition des plagioclases (An et Sr). Une signature caractéristique également a pu être établie pour des zones minéralisées en Fe-Ti-V-P grâce au couple calcicité An-Sr.

La marge sud de la SALSJ est constituée des deux séries : une série à olivine caractérisée par une présence majeure de lithologies troctolitiques ± gabbroïques et une série à orthopyroxène caractérisé par une présence majeure de lithologies noritiques. La série à olivine se retrouve dans les secteurs de Jonquière à l'est, le complexe de Saint-Henri-de-Taillon à l'ouest, et le corridor à Fe-Ti-V abritant la minéralisation de « Moquin ». La série à orthopyroxènes compose le corridor à Fe-Ti-P abritant la minéralisation de « Propriété Larouche ».

Concernant les secteurs non-minéralisés, le secteur de Jonquière et le complexe de Saint-Henri-de-Taillon, situés aux extrémités est et ouest de la zone d'étude, sont définis par des associations lithologiques en bandes métriques à pendage faible, une calcicité labradoritique et une teneur en Sr moyenne ($< 0.10\%$ Sr). À l'inverse, les intrusions des corridors minéralisées à Fe-Ti-V et Fe-Ti-P sont définies par des associations lithologiques en bandes à pendage modéré à fort, une calcicité labradoritique et une teneur en Sr élevée ($> 0.10\%$ Sr). Enfin, à l'intérieur de ces corridors minéralisés, il est possible de distinguer la signature des lithologies hôtes de la minéralisation, caractérisées par une forte teneur en Sr ($> 0.12\%$), mais surtout une calcicité beaucoup plus faible (andésinitique). Cette organisation se prolonge au nord de la zone d'étude et corrèle avec les signatures géochimiques des minéralisations de Fe-Ti-P de Bégin-Lamarche et de Saint-Charles de Bourget. La chimie minérale de la série à olivines a permis de déterminer que les corridors minéralisés sont issus d'un magma plus évolué que les roches environnantes non minéralisées. La chimie des orthopyroxènes suggère une faible profondeur de cristallisation ($< 8\text{km}$) pour les roches de la marge sud de la SALSJ.

La marge sud de la SALSJ est donc une suite anorthositique polyphasée formée à faible profondeur dont les minéralisations en Fe-Ti-V-P se forment à partir magmas évolués mis en place dans des corridors préférentiels dans le secteur d'étude. Ceci confirme que l'utilisation de la XRFp dans les roches anorthositiques se révèle être un outil puissant et performant pour la cartographie et l'exploration et la vectorisation des minéralisations Fe-Ti-V-P dans ces massifs, et la compréhension des suites anorthositiques en général.

7 Références

- Actlabs. Geochemistry Schedule of Services & Fees. Actlabs. https://actlabs.com/wp-content/uploads/2025/08/Actlabs_Geochemistry_Schedule_of_Services_2025-07-17_CAD.pdf 2025.
- Banerjee, S., Pufahl, P. K. et Longstaffe, F. J. (2024). The Lac à l'Orignal phosphate deposit and constraints on high-quality phosphatic ore in massif-type anorthosite, Grenville Province, Canada. *Journal of Geochemical Exploration*, 263, 107499. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2024.107499>
- Batanova, V. G., Thompson, J. M., Danyushevsky, L. V., Portnyagin, M. V., Garbe-Schönberg, D., Hauri, E., Kimura, J., Chang, Q., Senda, R., Goemann, K., Chauvel, C., Campillo, S., Ionov, D. A. et Sobolev, A. V. (2019). New Olivine Reference Material for *In Situ* Microanalysis. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 43(3), 453-473. <https://doi.org/10.1111/ggr.12266>
- Bounour, O., Dare, S. et Simard, R.-L. (2025, 28 mai). *Cartographie à l'aide du XRF portatif des faciès de la marge nord de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean associés à des minéralisations en Ni-Cu-Co, Province de Grenville centrale, Québec* [Manuscrit Brut]. Université du Québec à Chicoutimi.
- Charlier, B., Duchesne, J.-C., Vander Auwera, J., Storme, J.-Y., Maquil, R. et Longhi, J. (2010). Polybaric Fractional Crystallization of High-alumina Basalt Parental Magmas in the Egersund–Ogna Massif-type Anorthosite (Rogaland, SW Norway) Constrained by Plagioclase and High-alumina Orthopyroxene Megacrysts. *Journal of Petrology*, 51(12), 2515-2546. <https://doi.org/10.1093/petrology/egq066>
- Corriveau, L., Perreault, S. et Davidson, A. (2007). Prospective metallogenic settings of the Grenville Province. *Geological Association of Canada*, (5), 819-847.
- Diyoyo, J. K. (2025). *Cartographie de la marge sud de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ), associée aux minéralisations Fe-Ti-V-P du corridor de Saint-Charles-de-Bourget et de Bégin-Lamarche* [Maîtrise en sciences appliquées (soumis), Université du Québec à Chicoutimi].
- Diyoyo, J. K., Dare, S., Simard, R.-L. et Moukhsil, A. (2024, 10 avril). *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* [Manuscrit Brut]. UQAC.
- Fram, M. S. et Longhi, J. (1992). Phase equilibria of dikes associated with Proterozoic anorthosite complexes. *American Mineralogist*, 77(5-6), 605-616.
- Grant, M. (2020). *Formation of magmatic Fe-Ti-V-P deposits within the Lac St. Jean area Saguenay, Québec, Canada: Insights from trace element composition of Fe-oxides and apatite* [Maîtrise en sciences de la Terre, University of Ottawa].
- Guérin Tremblay, H. (2011). *Cartographie et caractérisation des roches du dépôt d'oxydes de Fe-Ti du Lac à la Mine*.

- Gueye, B. (2023, 24 avril). *Répartition spatiale de la composition de plagioclases de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean, secteur Nord-Ouest du Lac-Saint-Jean : implications pour l'exploration minérale* [Projet de fin d'étude]. UQAC.
- Hassen Ali, T., Simard, R.-L., Dare, S. et Moukhsil, A. (2023, 8 mai). *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.apport préliminaire sur l'avancement des travaux* (MB 2023-08) [Manuscrit Brut]. MRNF.
- Hassen Ali, T., Simard, R.-L., Dare, S. et Moukhsil, A. (2024, 8 mai). *Cartographie pétrogéochimique, par XRF portative, de la marge sud de la Suite anorthositique (secteur St Bruno-Arvida) et ses minéralisations Fe-Ti-V-P associées, Province de Grenville central, Québec* (MB 2024-07) [Manuscrit Brut]. MRNF.
- Hébert, C., Cadieux, A.-M. et Breemen, O. V. (2005). Temporal evolution and nature of TiFeP mineralization in the anorthositemangeritecharnockitegranite (AMCG) suites of the south-central Grenville Province, Saguenay Lac St. Jean area, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 42(10), 1865-1880. <https://doi.org/10.1139/e05-050>
- Hébert, C., Van Breemen, O., Cadieux, A.-M. et Gosselin, C. (2009). *Région du réservoir Pipmuacan, (SNRC 22E): synthèse géologique*. Ressources naturelles et faune Québec.
- Heinonen, A., Kivisaari, H. et Michallik, R. M. (2020). High-aluminum orthopyroxene megacrysts (HAOM) in the Ahvenisto complex, SE Finland, and the polybaric crystallization of massif-type anorthosites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 175(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s00410-019-1648-5>
- 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. <https://doi.org/10.1139/e92-113>
- 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. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(95\)00102-6](https://doi.org/10.1016/0301-9268(95)00102-6)
- Longhi, J. et Ashwal, L. D. (1985). Two-stage models for lunar and terrestrial anorthosites: Petrogenesis without a magma ocean. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 90(S02). <https://doi.org/10.1029/JB090iS02p0C571>
- Maier, R. P. (2022). *Petrogenesis of the mafic part of the Étoile Suite, Quebec, and its vanadium mineralization* [Maîtrise en sciences de la Terre, Université du Québec à Chicoutimi].
- Maier, R. P., Dare, S. A. S. et Smith, W. D. (2025). Petrogenesis of the 1149 Ma Etoile Suite Mafic Intrusion, Quebec: implications for vanadium mineralisation in Proterozoic anorthosite-bearing terranes. *Mineralium Deposita*, 60(2-3), 323-349. <https://doi.org/10.1007/s00126-024-01298-9>
- Marshak, S. et Gutam, M. (dir.). (1988). *Basic methods of structural geology* (8. [pr.]). Prentice Hall.

- McDonough, W. F. et Sun, S. -s. (1994). The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 3-4(120), 223-253. [https://doi.org/doi:10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/doi:10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Mercier, F. (2022, 4 avril). *Répartition spatiale des faciès de la Suite d'anorthosite du Lac-St-jean: implications pour exploration minérale* [Projet de fin d'étude]. UQAC.
- Miloski, P. (2023). *Geochemical variation of oxide-apatite mineralization associated with Proterozoic massif-type anorthosites in the Central Grenville Province, Quebec, Canada* [Doctorat en sciences de la terre et de l'atmosphère, Université du Québec à Chicoutimi].
- Miloski, P., Dare, S., Morisset, C.-E., Davies, J. H. F. L., Perrot, M. G. et Savard, D. (2024). Petrogenesis of Fe-Ti-P mineral deposits associated with Proterozoic anorthosite massifs in the Grenville Province: insights from oxide and apatite trace-element geochemistry at Lac à l'Orignal, Quebec, Canada. *Mineralium Deposita*, 59(3), 519-556. <https://doi.org/10.1007/s00126-023-01216-5>
- Miloski, P., Dare, S., Morisset, C.-E., Perrot, M. G. et Davies, J. H. F. L. (2023). Petrogenesis of oxide-apatite mineralization associated with proterozoic anorthosite massifs at Lac Mirepoix, Quebec, Canada: A multi-injection model for Fe-Ti-P mineralization in the Central Grenville Province. *Ore Geology Reviews*, 163, 105734. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2023.105734>
- Morse, S. A. (2006). Labrador massif anorthosites: Chasing the liquids and their sources. *Lithos*, 89(1-2), 202-221. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2005.12.009>
- Morse, S. A. (2015). Kiglapait Intrusion, Labrador. Dans *Layered Intrusions* (p. 589-649). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9652-1>
- Namur, O., Charlier, B. et Holness, M. B. (2012). Dual origin of Fe–Ti–P gabbros by immiscibility and fractional crystallization of evolved tholeiitic basalts in the Sept Iles layered intrusion. *Lithos*, 154, 100-114. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.06.034>
- Namur, O., Charlier, B., Toplis, M. J., Higgins, M. D., Liégeois, J.-P. et Vander Auwera, J. (2010). Crystallization Sequence and Magma Chamber Processes in the Ferrobasic Sept Iles Layered Intrusion, Canada. *Journal of Petrology*, 51(6), 1203-1236. <https://doi.org/10.1093/petrology/egq016>
- Paton, C., Hellstrom, J., Paul, B., Woodhead, J. et Hergt, J. (2011). Iolite: Freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26(12), 2508. <https://doi.org/10.1039/c1ja10172b>
- Paul, B., Petrus, J., Savard, D., Woodhead, J., Hergt, J., Greig, A., Paton, C. et Rayner, P. (2023). Time resolved trace element calibration strategies for LA-ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 38(10), 1995-2006. <https://doi.org/10.1039/D3JA00037K>
- Savard, D., Dare, S., Bédard, L. P. et Barnes, S. (2023). A New Mapping Protocol for Laser Ablation (with FAST-FUNNEL) Coupled to a TIME-OF-FLIGHT Mass Spectrometer (LA-FF-ICP-ToF-MS) for the Rapid, Simultaneous Quantification of Multiple Minerals. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 47(2), 243-265. <https://doi.org/10.1111/ggr.12482>

- SIGÉOM | Système d'information géominière | Carte interactive. (2025).
https://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCarteIntr?l=F
- Tondoh, N. A. D. D. (2021, 6 décembre). *Développement d'une méthode d'analyse chimique de plagioclase par fluorescence X portative appliquée à la répartition spatiale des faciès de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean* [Projet de fin d'étude]. UQAC.
- Vaillancourt, C. (2001). *Étude géochimique et économique de la suite mafique et ultramafique de la Baie-à-Cadie au Lac Kénogami Saguenay–Lac-St-Jean Québec*. Université du Québec à Chicoutimi.
<https://doi.org/10.1522/12270310>
- Woodruff, L. G., Nicholson, S. W. et Fey, D. L. (2013). *A Deposit Model for Magmatic Iron-Titanium-Oxide Deposits Related to Proterozoic Massif Anorthosite Plutonic Suites (2010–5070–K)* [Scientific Investigations Report]. USGS. <http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5070/k>
- Woussen, G., Dimroth, E., Corriveau, L. et Archer, P. (1981). Crystallization and emplacement of the Lac St-Jean anorthosite massif (Quebec, Canada). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 76(3), 343-350. <https://doi.org/10.1007/BF00375461>
- Woussen, G., Martignole, J. et Nantel, S. (1988). The Lac-St-Jean anorthosite in the Saint-Henri-de-Taillon area (Grenville Province) : a relic of a layered complex. *Canadian Mineralogist*, 26(4), 1013-10.

Annexes numériques

Annexe 1 : Description pétrographique des affleurements de géofiches observée durant la campagne d'été 2025, avec les proportions modales et un récapitulatif des données acquises (Lames minces, XRF, Roche totale)

Annexe 2.1 : Données bruts de XRFp pour les éléments majeurs et mineurs

Annexe 2.2 : Résultats des analyses par XRFp des plagioclases et calcul de leurs calcicités

Annexe 2.3 : Médiane, écart-type et écart-type relatif du Sr et de la calcicité des plagioclases par XRFp

Annexe 2.4 : Contrôle qualité (QAQC) des calibrants et moniteurs des analyses de XRFp

Annexe 3.1 : Résultats des analyses de roche totale (Actlabs)

Annexe 3.2 : Résultats des matériaux de références pour la géochimie roche totale

Annexe 4.1 : Résultats bruts des analyses de chimie minérales au LA-ICP-MS (clinopyroxène, olivine, orthopyroxène, plagioclase, amphibole, apatite)

Annexe 4.2 : Calcul du Mg# (olivine et pyroxènes) et du An (plagioclase) grâce aux éléments majeurs exprimés en oxydes et mesurés au LA-ICP-MS

Annexe 4.3 : Résultats du LA-ICP-MS pour matériaux de référence