



Évolution structurale, modélisation des paléocontraintes et implications sur les minéralisations aurifères orogéniques le long de failles majeures : application à la Faille de Cadillac, Abitibi, Québec

Pierre Bedeaux, Réal Daigneault et Pierre Pilote

MB 2015-13

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.

Évolution structurale, modélisation des paléocontraintes et implications sur les
minéralisations aurifères orogéniques le long de failles majeures : application
à la Faille de Cadillac, Abitibi, Québec

par

Pierre Bedeaux

Réal Daigneault

Pierre Pilote

Université du Québec à Chicoutimi

Rapport réalisé dans le cadre de la convention entre le MERN et l'UQAC

Le 31 mars 2015

RÉSUMÉ

La Faille de Cadillac (FC) est une discontinuité structurale de plusieurs centaines de kilomètres de longueur délimitant dans sa portion québécoise la frontière entre la Sous-province d'Abitibi au nord et la Sous-province de Pontiac au sud. Plusieurs régimes de déformation sont documentés le long de la faille, notamment en raccourcissement-chevauchement, en extension et en décrochement dextre ou senestre. La séquence chronologique de ces différents régimes ou leur localisation le long de segments distincts de la faille varient selon les auteurs, ce qui rend difficile l'intégration de ces observations dans un cadre tectonique général. Ce projet, financé par le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, vise d'une part à synthétiser les styles structuraux observés le long de la faille et à les intégrer dans un modèle d'évolution structurale et, d'autre part, à préciser la nature du Groupe de Piché, un assemblage volcanique situé au cœur de la FC.

Quatre événements de déformation ont été documentés. Par ordre chronologique, se sont succédé les événements suivant : raccourcissement N-S, extension, raccourcissement apparent NW-SE et décrochement dextre. La FC peut être découpée d'ouest en est en quatre parties représentant des styles structuraux différents : les segments de Rouyn-Noranda, Joanna-Bousquet, Malartic et Val-d'Or. Chaque événement de déformation est exprimé différemment selon le segment. Les événements d'extension et de raccourcissement apparent n'ont pas été observés dans les segments de Malartic et de Val-d'Or. Cette variation spatiale et temporelle de l'expression de la déformation suggère : 1) une segmentation de la FC en quatre parties reflétant des changements dans les assemblages de roches de part et d'autre de la FC, 2) une évolution compartimentée de la FC, certains segments étaient actifs, tandis que d'autres ne l'étaient pas, 3) la FC est issue de la liaison de plusieurs structures qui ont été combinées durant l'histoire de la déformation.

Le Groupe de Piché a été investigué à l'aide d'observations de terrain et d'analyses géochimiques. Il présente une variation lithologique latérale reflétant la segmentation de la FC. La composition des roches volcaniques qui le composent varie d'ultramafique-mafique à très localement felsique. Les roches du Groupe de Piché sont très similaires

aux lithologies comparables rencontrées dans le Groupe de Malartic, ce qui suggère un lien génétique entre elles. L'affinité magmatique de ces roches varie de tholéiitique à calco-alcaline.

Mots-Clés : Faille de Cadillac, Abitibi, Pontiac, Déformation, Failles, Plis, Décrochement dextre, Raccourcissement, Extension, Segmentation.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	4
1. Introduction	7
2. Problématique : contexte géologique de la Faille de Cadillac, Sous-province d’Abitibi	7
Style structural de la FC	8
Rôle tectonique.....	12
Rôle comme métallotecte de l’or.....	13
3. Objectifs	14
4. Remerciements	14
5. Géologie régionale	15
6. Méthodologie et travaux réalisés.....	18
Travaux de terrain	18
Traitement et analyses	19
Travaux réalisés.....	19
7. Styles structuraux à proximité de la FC.	20
Segment de Rouyn-Noranda.....	21
Segment de Bousquet	27
Segment de Malartic.....	29
Segment de Val-d’Or.....	33
Localités typiques de la FC	35
8. Groupe de Piché	51
Répartition des lithologies.....	51
Groupe de Piché à la mine Pan Canadian.....	54
Analyses lithogéochimiques.....	58
9. Discussion et conclusion	70
Évolution structurale de la FC.....	70
Origine du clivage Nord-Ouest	71
Origine du Groupe de Piché	71
Pistes de recherches futures :.....	72
10. Références	75
11. Annexe 1 – Cartographies détaillées	83

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Géologie simplifiée de la Sous-province d’Abitibi.....	8
Figure 2.2 : Empreinte structurale de la Sous-province d’Abitibi Sud dans sa portion québécoise.....	9
Figure 2.3 : Segmentation de la Faille de Cadillac.....	11
Figure 2.4 : Découpage de la FC et de la Faille Parfouru en segments.....	11
Figure 4.5.1 : Carte géologique simplifiée des unités entourant le segment québécois de la Faille de Cadillac.....	16
Figure 7.1 : Synthèse des différentes fabriques structurales en fonction des segments. ..	24
Figure 7.2 : Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale Sp pour le secteur de Rouyn-Noranda.....	25
Figure 7.3 : Relations de recoupement entre les différentes fabriques structurales.....	26
Figure 7.4 : Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale Sp pour le secteur de Joanna-Bousquet.....	28
Figure 7.5: Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale Sp pour le secteur de Malartic.....	30
Figure 7.6 : Photographie de lame mince illustrant la relation angulaire entre la fabrique principale et le litage primaire dans le segment de Malartic.	31
Figure 7.7 : Cartographie du site de Burbank.....	32
Figure 7.8 : Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale Sp pour le secteur de Val-d’Or.....	34
Figure 7.9 : Cartographie détaillée du site d’Astoria.....	37
Figure 7.10 : Éléments structuraux du site d’Astoria.	38
Figure 7.11 : Cartographie détaillée du site McWatters.	40
Figure 7.12 : Détails des zones clés indiquées dans la Figure 7.11.....	41
Figure 7.13 : Éléments structuraux du site de McWatters.....	42
Figure 7.14 : Cartographie détaillée du site de Norbenite.	45
Figure 7.15 : Détail des différentes parties de la tranchée de Norbenite.	46
Figure 7.16 : Éléments structuraux du site de Norbenite.....	47
Figure 7.17 : Cartographie détaillée du site d’Orenada Zone 2.....	49
Figure 7.18 : Éléments structuraux du site d’Orenada Zone 2.	50

Figure 8.1 : Caractéristiques du Groupe de Piché.....	52
Figure 8.2 : Cartographie détaillée du site de Pan Canadian	56
Figure 8.3 : Caractéristiques lithologiques du site de Pan Canadian.....	57
Figure 8.4 : Distribution des échantillons en fonction des éléments immobiles.	63
Figure 8.5 : Classification des roches du Groupe de Piché.....	64
Figure 8.6 : Diagrammes cationique de Jensen (1976).....	65
Figure 8.7 : Discrimination magmatique des roches du Groupe de Piché en fonction de leur provenance.	66
Figure 8.8 : Discrimination magmatique des roches du Groupe de Piché en fonction de leur lithologie.	67
Figure 8.9A : Diagrammes de Terres Rares des différentes lithologies du Groupe de Piché.....	68
Figure 8.10A : Diagrammes d'éléments traces des différentes lithologies du Groupe de Piché.....	69

1. INTRODUCTION

Le présent document vise à rendre compte des travaux réalisés dans le cadre du projet Faille de Cadillac (FC) réalisé en partenariat entre le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec et l'UQAC et impliquant la collaboration des entreprises minières Ressources Yorbeau Inc., Mines Agnico-Eagle Ltd, Niogold Mining Corporation, Hecla Mining Company, Corporation Minière Osisko et Alexandria Minerals Corporation. Ce rapport vise à établir la synthèse de la FC, les styles de déformation qui y sont associés et son évolution structurale en se basant sur deux étés de travaux de terrain à visée structurale. Il jette également les bases de la description du Groupe de Piché, associé spatialement à la FC. Ce rapport se veut davantage un guide descriptif de la FC et des éléments qui lui sont rattachés qu'une étude interprétant les implications tectoniques de cette faille. Le but est plutôt d'offrir une synthèse pour quiconque souhaite travailler sur des problématiques impliquant la FC ou le Groupe de Piché. Les interprétations fournies dans ce texte s'appuient avant tout sur des descriptions de la géologie et de relations structurales provenant de sites estimés représentatifs et stratégiques.

2. PROBLÉMATIQUE : CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE LA FAILLE DE CADILLAC, SOUS-PROVINCE D'ABITIBI

La Sous-province d'Abitibi fait partie de la Province de Supérieur au Canada. Elle est formée de roches volcano-sédimentaires d'âge archéen. Elle est séparée de la Sous-province du Pontiac au sud par la FC. Cette dernière représente une structure majeure d'orientation Est-Ouest qui constitue un métallotecte de premier ordre dans la Sous-province d'Abitibi. Ce métallotecte s'exprime par l'association spatiale avec les gisements orogéniques, principalement dans les camps miniers de Val-d'Or, Cadillac, Malartic et Rouyn-Noranda (Figure 2.1, Kerrich et al., 2000; Dubé et Gosselin, 2007). La majorité de ces gisements sont situés à une certaine distance de la faille, mais quelques exceptions sont localisées au cœur de la zone de faille (p.ex. Joanna, O'Brien et Lapa; Trudel et al., 1992; Dupéré et al., 2011; Simard et al., 2013).

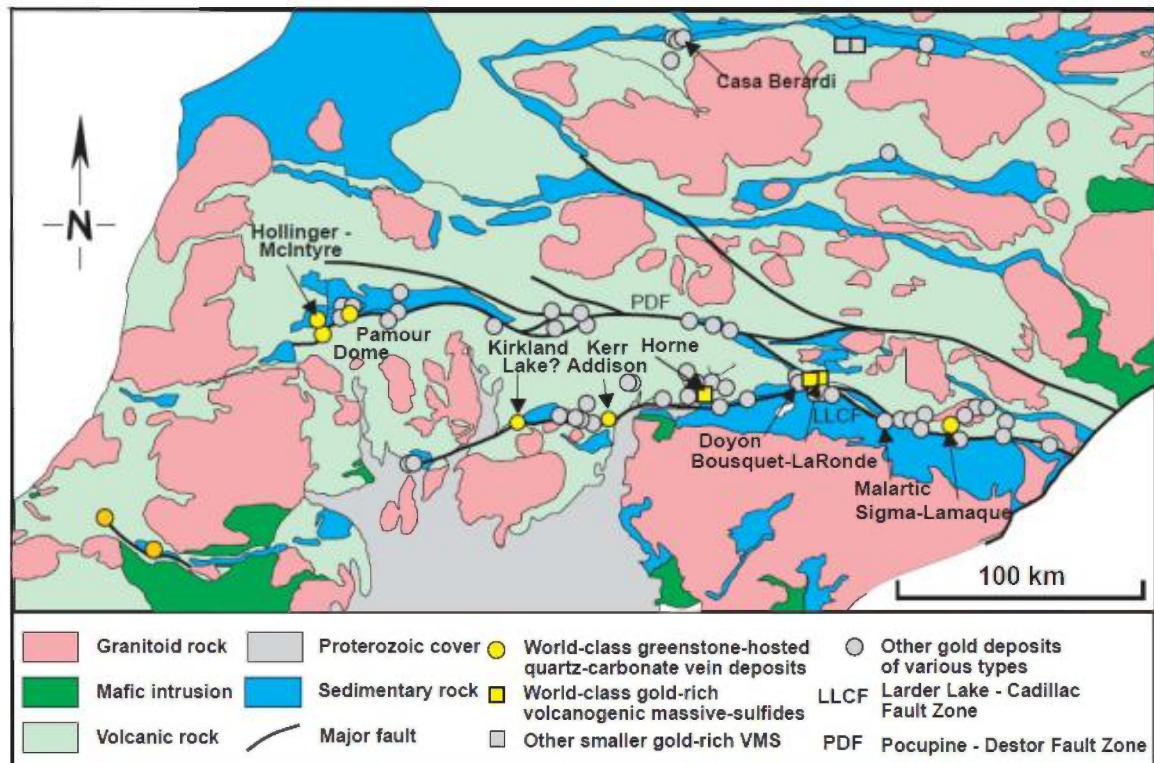


Figure 2.1 : Géologie simplifiée de la Sous-province d'Abitibi. Les gisements aurifères orogéniques sont dispersés le long des failles majeures de Cadillac et de Porcupine-Destor. Tiré de Dubé et Gosselin, (2007).

Style structural de la FC

La FC a une orientation globalement Est-Ouest avec un pendage abrupt à modéré vers le Nord dans sa portion québécoise (Figure 2.2). En partant de l'Ouest, elle subit une inflexion brusque de 30° vers le SE là où la Faille de Parfouru, une faille d'orientation SE (Figure 2.3), vient rejoindre et se paralléliser avec la FC. La Faille de Parfouru constitue le contact entre les roches volcaniques du Groupe de Blake River et les roches sédimentaires du Groupe de Kewagama (Hubert et al., 1984; Tourigny et al., 1988). Les failles Marbenite et Norbenite sont des structures parallèles à la Faille de Parfouru localisées dans le Groupe de Malartic. Elles reflètent également le tracé de la FC, puisqu'au niveau de Val-d'Or, ces deux failles secondaires prennent une orientation Est-Ouest avant de rejoindre le pluton de Bourlamaque (Desrochers 1996, Pilote 2014).

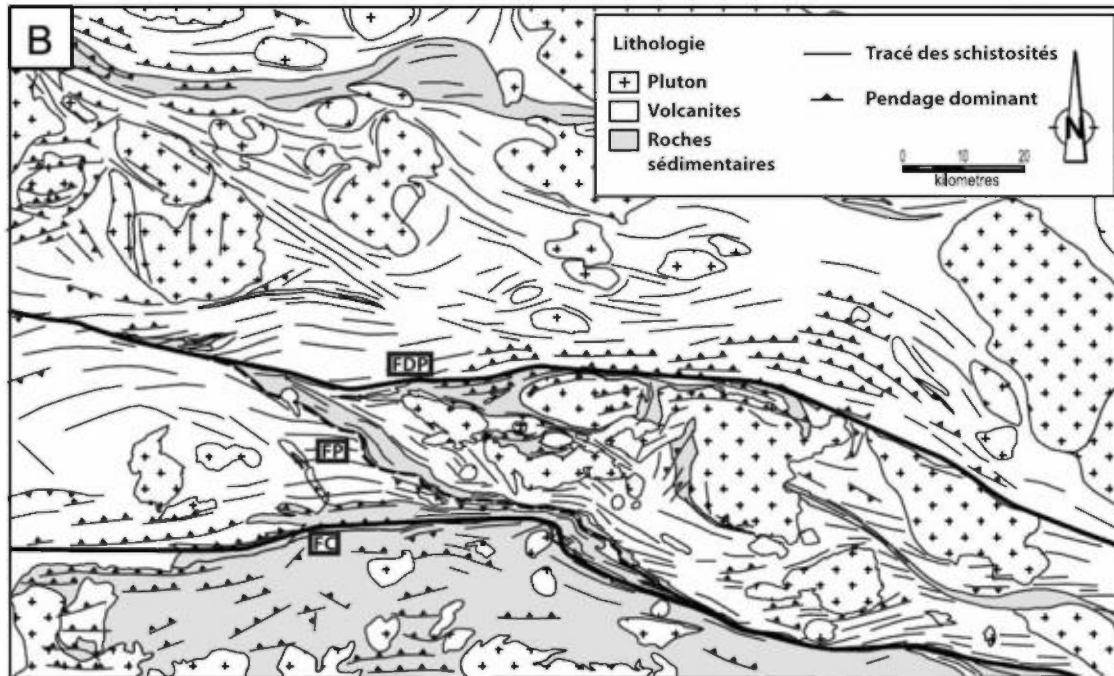


Figure 2.2 : Empreinte structurale de la Sous-province d'Abitibi Sud dans sa portion québécoise. Nom des failles : (FC) = Faille de Cadillac, (FP) = Faille de Parfouru, et (FDP) = Faille de Destor-Porcupine. Modifiée de Daigneault et al., 2002).

La FC représente globalement une frontière entre deux domaines métamorphiques différents (Jolly, 1978; Dimroth et al., 1983a; Imreh, 1984; Powell et al., 1995a), le métamorphisme étant relativement uniforme au faciès des schistes verts ou inférieur au nord de la faille (Powell et al., 1995a) tandis qu'au Sud le métamorphisme est généralement plus élevé, débutant au faciès des schistes verts et augmentant vers le Sud. Cependant, cette transition vers un métamorphisme plus élevé est inégale d'Est en Ouest. En se basant sur l'apparition de la staurotide, le passage au faciès amphibolite se fait entre 1 km (Benn et al., 1994; Fallara et al., 2000) et 5 km (Dimroth et al., 1983a; Imreh, 1984; Powell et al., 1995a) au Sud du de la Faille de Cadillac.

Trois segments majeurs (Figure 2.3), définis par leurs différentes orientations et ayant des styles structuraux différents, sont documentés dans la littérature. Le segment ouest est situé entre Rouyn-Noranda et l'intersection avec la Faille de Parfouru (Figure 2.3). Dimroth et al. (1983b) y décrivent un style structural caractérisé par des plis avec traces axiales Est-Ouest dans les roches sédimentaires du Groupe de Cadillac et de plans axiaux subparallèles au plan moyen de la FC. La schistosité principale (Sp) est également

orientée Est-Ouest et contient une linéation d'étirement verticale. Ces auteurs interprètent l'ensemble comme l'expression d'un contexte de raccourcissement en compression. Tourigny et al. (1988) observent des éléments similaires et suggèrent également la présence de transpression et de décrochement tardif le long de plans de cisaillement locaux. De plus, Daigneault et al. (2002) relatent la présence de plis mineurs en Z ainsi que d'une linéation d'étirement directionnelle surimposée localement sur la linéation pendage, interprétée comme étant associée à un cisaillement dextre postérieur au raccourcissement. Le segment central de Malartic (Figure 2.3) définit la portion où la FC est orientée NO-SE. Daigneault et al. (2002) documentent ici deux générations de plis asymétriques en Z. La schistosité principale (Sp) a ici encore une orientation subparallèle à la FC, mais son pendage est abrupt. Les plis de deuxième génération sont superposés sur la Sp. Ces éléments, ainsi que la linéation d'étirement oblique dans le plan Sp, suggèrent un cisaillement dextre fortement développé dans ce secteur (Daigneault et al., 2002).

Le segment E, soit celui du secteur Val-d'Or (Figure 2.3), a été décrit par Robert (1989). Le style structural est dominé par une Sp à faible angle antihoraire avec la FC et localement reprise par des plis asymétriques en Z. Un clivage de crénulation est localement observé et est décrit comme de plan axial aux plis en Z. Les linéations d'étirement sont observés ici encore dans le plan de Sp et plongent moyennement à fortement vers l'Est. Robert (1989) interprète ces éléments comme l'expression d'une transpression dextre puis d'une transition d'un régime en compression à un régime en cisaillement dextre.

L'ensemble de tous ces différents articles illustrent bien la complexité et l'hétérogénéité du style structural observé le long de la FC. De plus, ces études sont centrées sur des secteurs isolés et leurs conclusions ont par la suite été appliquées et généralisées à l'ensemble de la FC, si bien qu'à l'heure actuelle aucune interprétation sur l'histoire globale de la déformation de cette faille ne fait consensus (Ayer et al., 2002). Dans la portion Ontarienne de la faille, la présence d'épisode de décrochement dextre n'est pas reconnue (Benn et Peschler, 2005) ou minimisée (Wilkinson et al., 1999). L'orientation générale de la faille plutôt OSO y a probablement une importance.

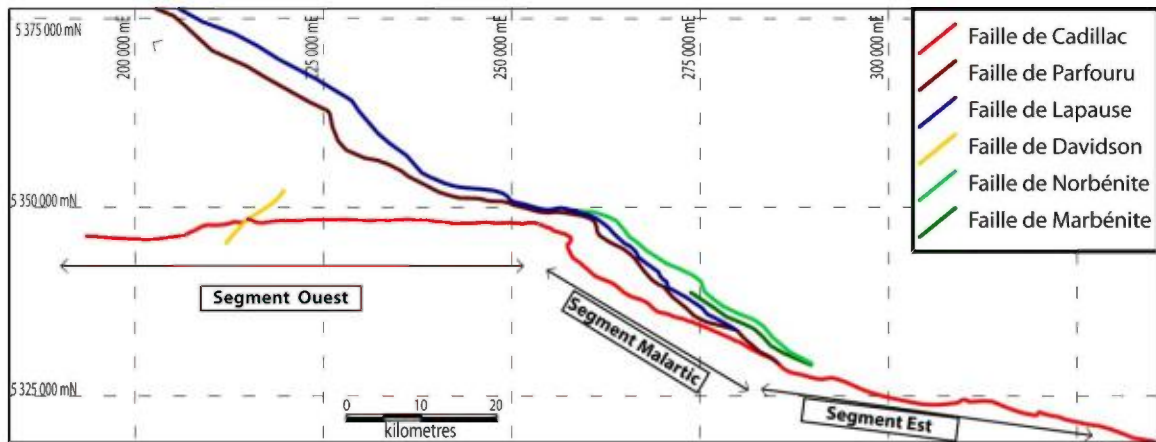


Figure 2.3 : Segmentation de la Faille de Cadillac présentant également les failles secondaires à proximité.

Les nombreuses études réalisées sur les modélisations de paléocontraintes ainsi que leurs relations avec les fluides hydrothermaux et les séismes ont montré l'importance des points de blocages le long d'une faille, ces derniers délimitant des segments dont les comportements sont différents face à la déformation (Cox et Ruming, 2004, Micklethwaite et Cox, 2004; Micklethwaite et al., 2010). Ces segments sont séparés par des points de blocages, faisant obstruction à la propagation de la déformation (Scholz, 2007; Rafini, 2011). Ces points sont généralement définis par l'intersection avec d'autres failles dont l'orientation n'est pas optimale face aux contraintes ou par des changements d'attitude du plan de faille principal. Dans le cas de la FC, selon Rafini (2011), la flexure majeure dans le secteur de la mine Lapa (Figure 2.4) et, à moindre échelle, la Faille de Davidson et la flexure au niveau de Val-d'Or sont d'excellents candidats comme points

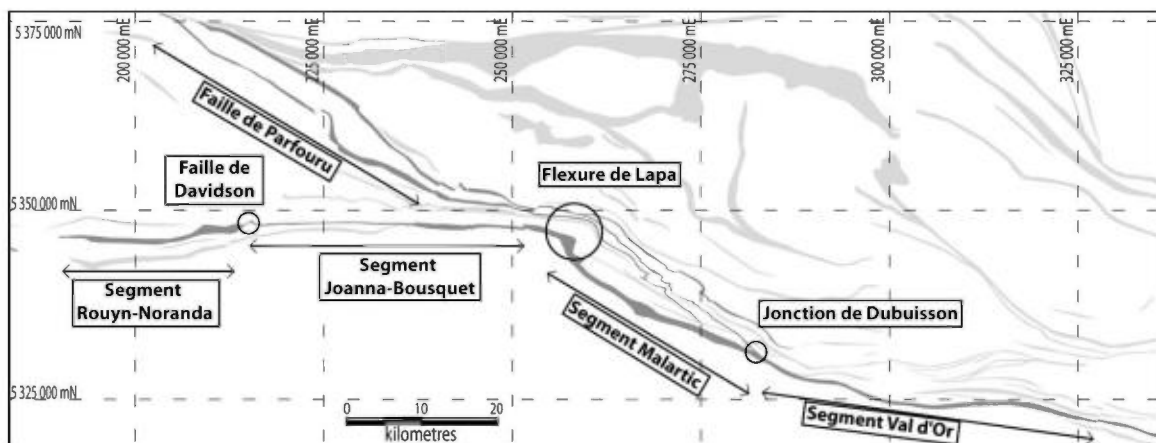


Figure 2.4 : Découpage de la FC et de la Faille Parfouru en segments et leurs transitions, tirée des travaux de Rafini (2011).

de blocage (Figure 2.4). Les différents styles structuraux documentés plus haut tendent à appuyer cette interprétation.

Rôle tectonique

Plusieurs ensembles de roches sont associés spatialement à la FC, notamment les Groupes de Cadillac, de Timiskaming et de Piché. Le Groupe de Piché représente une unité lithotectonique aux relations encore mal définies. Il consiste en plusieurs séquences ultramafiques et mafiques (komatiite, basalte et andésite).

Dans le secteur de Rouyn-Noranda, la FC est bordée au Nord par les volcanites du Groupe de Blake River et au Sud par l'unité sédimentaire du Groupe de Pontiac. La FC proprement dite, une zone de quelques dizaines de mètres de large, coïncide alors spatialement avec le Groupe de Piché. Bien que la position du Piché dans l'histoire de l'Abitibi soit encore sujette à débat, cette unité offre un site exceptionnel logé au cœur de la zone de faille et qui peut être suivi de façon discontinue tout au long de cette structure. Cependant, ce groupe présente une hétérogénéité lithologique ainsi qu'une épaisseur variable latéralement (Landry, 1991). Par exemple, le Piché tend à s'épaissir dans le secteur de Malartic et à être beaucoup moins large dans le secteur de McWatters.

Globalement, la FC est interprétée comme une cicatrice de la subduction oblique de la Sous-province de Pontiac sous la Sous-province d'Abitibi (Dimroth et al., 1983b; Ludden et al., 1986; Hodgson et Hamilton, 1989, Card, 1990 Mueller et al., 1996; Daigneault et al., 2002). Cette collision oblique entraîne un raccourcissement régional qui évolue vers un régime de transpression dextre où le régime de contrainte devient progressivement orienté Nord-Ouest (Robert, 1989 et Wilkinson et al., 1999). Les points soutenant cette interprétation sont :

- le magmatisme associé spatialement et temporellement à la création des arcs volcaniques et aux épisodes tectoniques est similaire aux produits de fusion partielle dans les environnements de subduction contemporains (Laflèche et al., 1991, Lacroix et al., 1998, Mueller et Donaldson, 1992; Chown et al., 2002);
- les séries sédimentaires de type molasse (Timiskaming) bordant la Zone de déformation de Cadillac-Larder-Lake (ZDCLL) sont typiques du soulèvement et

- de l'érosion associés aux orogènes (Hyde, 1980; Stone, 1990; Mueller et Donaldson, 1992);
- les turbidites de type flysch de la Sous-province de Pontiac sont compatibles avec l'interprétation d'un prisme accréctionnaire (Card, 1990).

Plusieurs auteurs suggèrent des alternatives à l'hypothèse du modèle de subduction pour expliquer la géométrie de l'Abitibi. Par exemple, Goodwin et Smith (1980) suggèrent le modèle tectonique de la sagduction pour expliquer l'homogénéité spatiale du grade métamorphique rencontré dans la Sous-province d'Abitibi. Plus récemment, il a été proposé par Ayer et al., (2002) que l'architecture de l'Abitibi puisse être attribuée à une construction volcanique autochtone plissée lors d'un contexte de raccourcissement où les failles n'auraient qu'un impact mineur. De leur côté, Benn et Peschler (2005) suggèrent que la complexité structurale de l'Abitibi est issue de plis de décollement entre la surface de la croûte, fragile, et la croûte plus profonde, ductile. Les failles majeures seraient l'évolution avancée d'anticlinaux et le décrochement dextre n'aurait qu'un rôle mineur. Ces approches présentent de nombreuses similitudes avec la notion de tectonique verticale présente à l'Archéen, laquelle a été abondamment proposée dans les dernières années (Chardon et al., 2002; Cagnard et al., 2006a; Cagnard et al., 2006b; Cagnard et al., 2007; Gapais et al., 2009). Comme suggérés par Choukroune et al., (1997) et Chardon et al. (2002), il est également envisageable que la structure actuelle de l'Abitibi soit issue de la compétition entre diapirisme et le raccourcissement conventionnel, ces deux mécanismes ayant pu être actifs dans des endroits différents de la sous-province. Dans tous les cas, les rôles qu'a joués la FC concernant les aspects métamorphiques, métallogéniques et sédimentaires restent indéniables. Le débat sur son implication à l'échelle tectonique demeure toutefois entier.

Rôle comme métallotecte de l'or

Même si la relation chronologique entre les épisodes de déformation et la minéralisation aurifère reste sujette à débat, l'âge de l'épisode de décrochement se situe entre 2680 Ma et 2670 Ma (Mueller et al., 1996, Chown et al., 2002 et Davis, 2002) tandis que l'âge de cette minéralisation aurifère est estimé plus jeune que 2680 Ma (Jemielita et al., 1990, Zweng et al., 1993, Kerrich et Cassidy, 1994 et Neumayr et al., 2000). Aussi, bien

qu'aucune évidence structurale directe ne suggère que le décrochement tardif et l'épisode de minéralisation soient synchrones, l'hypothèse que l'événement de minéralisation orogénique survienne pendant le décrochement dextre est supportée par les âges proposés. Cependant, les gisements aurifères orogéniques encaissés au sein de la faille ou à proximité présentent des évidences de mise en place dans un régime en compression produisant des mouvements inverses le long de structures à fort pendage (Sibson et al., 1988; Robert et al., 1995; Ferkous et Tremblay, 2000). La relation entre les minéralisations aurifères et les différentes phases de déformations reste à éclaircir dans la Sous-province d'Abitibi.

3. OBJECTIFS

Le présent rapport s'inscrit dans un projet de recherche visant une synthèse de la FC afin d'établir son évolution structurale. Le projet vise également à préciser le rôle de la relation «raccourcissement-décrochement» dans la mise en place de la minéralisation aurifère orogénique. À cette fin, plusieurs objectifs vont permettre d'atteindre ce but :

- Caractériser et intégrer l'empreinte structurale des différents segments de la FC et établir un cadre chronologique des événements de déformation.
- Caractériser les styles de déformation aux zones limites proposées entre les différents segments (points de transition).
- Établir les relations entre les événements de déformation et le passage des fluides minéralisateurs.
- Caractériser l'unité lithotectonique représentée par le Groupe de Piché.

Ce rapport aborde les résultats liés aux empreintes structurales de la FC ainsi que la caractérisation et la documentation du Groupe de Piché.

4. REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée et soutenue par le Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles sous la supervision de Pierre Pilote. Le projet (et l'auteur) a énormément profité de sa grande connaissance de l'Abitibi et de sa méthodologie de travail. Ce

rapport a été réalisé dans le cadre de la thèse de doctorat de l'auteur sous la direction de Réal Daigneault et la codirection de Silvain Rafini. Réal Daigneault est l'instigateur du projet et a, entre autre, permis de cadrer et définir les objectifs et de garder le cap. Silvain Rafini a été d'une grande aide pour lier ce travail aux connaissances actuelles sur les gisements aurifères orogéniques.

Les travaux de terrains n'auraient pu être accomplis sans l'appui de plusieurs compagnies d'exploration. En particulier, Alexandria Minerals Corporation est grandement remercié pour avoir gracieusement apporté un support logistique et pour avoir donné accès à leurs données, leurs décapages et leurs forages. À titre particulier, les échanges avec Philippe Berthelot ont beaucoup aidé à la compréhension du Groupe de Piché dans le secteur de Val-d'Or. Ressources Yorbeau Inc. a également fourni d'autres échantillons provenant de forages ainsi que l'accès à leurs décapages et aux données associées. Corporation minière Osisko, et à titre particulier Pierre de Chavigny, ont permis l'accès à l'ancienne fosse de Buckshot et à l'échantillonnage de plusieurs forages. Agnico-Eagle a autorisé l'accès et permis la visite des sites miniers de Laronde et Lapa.

Les étudiants en géologie ayant joué le rôle d'assistants du MERN sur le terrain ont été d'un grand appui dans la conduite des différents travaux réalisés au cours des deux campagnes de terrain. Plus particulièrement, Alexandre Krushnisky et Nathaly Desjardins ont été d'une aide inestimable pour la réalisation des cartographies et l'aide aux travaux de terrain en général.

5. GÉOLOGIE RÉGIONALE

La portion québécoise de la Sous-province d'Abitibi, est communément divisée en 2 parties : la Zone Volcanique Nord (ZVN) et la Zone Volcanique Sud (ZVS) qui jouxte la Sous-province de Pontiac, située au Sud de la ZVS et séparée de celle-ci par la FC (Fig. 4.1). Ces deux ensembles sont interprétés comme des arcs volcaniques accrétés selon Chown et al. (2002). La ZVS est constituée de plusieurs alternances de bandes volcaniques et sédimentaires d'orientation grossièrement Est-Ouest interprétées comme l'expression d'un volcanisme d'arc continental et océanique (Card, 1990) associé à une activité mantellique et à un environnement de subduction (Mueller et al., 1994; Davis et

al., 2000; Scott et al., 2002). Dans la ZVS, on peut distinguer trois grands groupes de roches volcaniques : le Groupe de Malartic, le Groupe de Louvicourt et le Groupe de Blake River. Les Groupe de Malartic et de Louvicourt, situés à l'Est de la Faille de La Pause sont interprétés comme des produits du volcanisme de plancher océanique caractérisé par une proportion importante de basaltes et de komatiites associés à des dykes et des filons-couches (Dimroth et al., 1982; Imreh, 1984; Scott et al., 2002) évoluant vers un environnement interprété comme associé à la subduction, illustré par des séquences volcano-sédimentaires (Wyman, 1999; Wyman et al., 2002). La mise en place des Groupes de Malartic et de Louvicourt s'étend de 2714 Ma à 2702 Ma (Pilote et al., 1998 et 2000). Le Groupe de Blake River représente un assemblage de séquences volcaniques basaltiques à rhyolitiques issu d'un environnement de plaine océanique (Dimroth et al., 1982). Pearson et Daigneault, (2009), ainsi que Mueller et al., (2012) ont proposé un modèle de caldera à l'origine de l'architecture volcanique du Groupe de Blake River. Le Groupe de Groupe de Blake est délimité au Sud par la FC et à l'Est par la Faille de Parfouru.

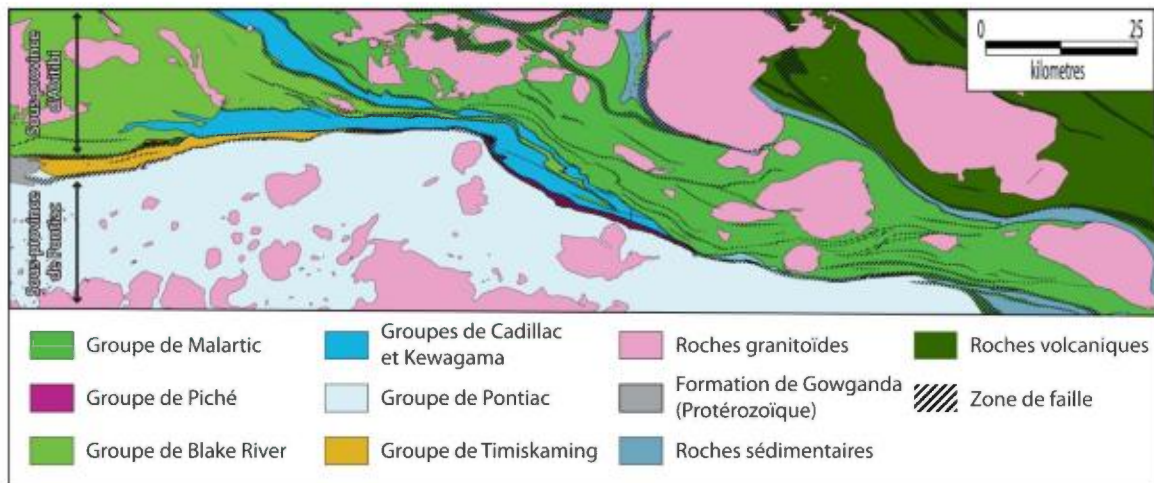


Figure 4.5.1 : Carte géologique simplifiée des unités entourant le segment québécois de la Faille de Cadillac. Modifiée de Hubert et al. (1984), Imreh (1984) et Desrochers et Hubert (1996).

Plusieurs bassins sédimentaires sont également présents dans le Sud de la Sous-province de l'Abitibi. On distingue les Groupe de Cadillac et de Timiskaming, associés spatialement à la FC. Le Groupe de Cadillac est composé essentiellement de dépôts turbiditiques intercalés de conglomérats et de formations de fer. Il est interprété comme

un bassin inter-arc issu d'un environnement profond (Dimroth et al., 1982). Le Groupe de Timiskaming quant à lui est intimement relié à la FC et regroupe des séquences massives de conglomérats polygéniques intercalés de séquences gréseuses issues d'un environnement fluviatile peu profond (Mueller et Donaldson, 1992; Mueller et al., 1994). La source des fragments de conglomérats est identifiée comme les roches sédimentaires, plutoniques et volcaniques proximales du bassin (Dimroth et al., 1982; Legault et Hattori, 1994). Ces deux bassins se sont formés conjointement avec l'activité tectono-magmatique (Card, 1990), bien que le Groupe de Timiskaming soit déposé plus tardivement vers 2680 Ma (Mueller et al., 1996; Davis, 2002). Enfin, le Groupe de Pontiac constitue les roches supracrustales de la Sous-province de Pontiac. Composé de turbidites et de quelques formations de fer, il est interprété comme un bassin d'avant-arc évolué d'un prisme d'accrétion (Dimroth et al., 1982; Camiré et Burg, 1993; Davis, 2002).

La Sous-province d'Abitibi est recoupé par deux séries d'intrusions granitoïdes : une série de composition TTG et des intrusions porphyriques (Feng et Kerrich, 1992; Chown et al., 2002). La mise en place de ces intrusions s'étend sur une période allant de syn-volcanique jusqu'à post-déformation (Rive et al., 1990; Davis et al., 2000).

Le métamorphisme régional va du faciès sous-schistes verts jusqu'à la transition schistes verts-amphibolites (Powell et al., 1995a). Le métamorphisme est documenté comme synchrone à tardif par rapport au développement de la schistosité régionale (Powell et al., 1995a; Dimroth et al., 1983a). Néanmoins, Simard (2010) présente des évidences que le métamorphisme prograde a débuté au plus tard au début de l'événement de raccourcissement. Localement un métamorphisme de contact est observable au pourtour des plutons au sein des roches volcaniques (Dimroth et al., 1983a). Enfin, les roches à proximité des failles présentent une forte altération hydrothermale (Card, 1990; Morin et al., 1993; Powell et al., 1995b; Daigneault, 1996).

À l'échelle régionale, le grain structural est illustré majoritairement par une foliation généralement Est-Ouest et avec un pendage vers le Nord (Daigneault, 1996; Daigneault et al., 2002). Le degré de déformation est élevé à l'échelle régionale et s'accroît à proximité des failles. Ces dernières sont communément associées à des contacts entre

différentes lithologies. La foliation principale tend à devenir parallèle le long de ces dernières. Localement, plusieurs foliations secondaires sont également notées, la plus importante ayant une orientation globalement Nord-Est.

6. MÉTHODOLOGIE ET TRAVAUX RÉALISÉS

La réalisation de ces objectifs repose sur l'utilisation conjuguée d'une phase d'acquisition de données sur le terrain soutenue par le MRN puis d'une phase de traitement des informations recueillies.

Travaux de terrain

L'essentiel des travaux de terrains a été concentré sur la FC stricto sensu dans la partie québécoise. Ils consistent de manière générale à caractériser les différents segments délimités le long de la FC pour définir les styles et l'évolution de la déformation (Figure 2.4).

Le cadre d'étude est découpé en plusieurs segments permettant d'illustrer les transformations des styles structuraux et du degré de la déformation en s'approchant de la FC. Ces segments sont définis en premier lieu pour jalonner le style structural de la FC (segments Rouyn-Noranda, Joanna-Bousquet, Malartic et Val-d'Or), ainsi que de la faille de Parfouru, une structure SE dont le point d'intersection apparent avec la FC coïncide avec une transition entre deux segments distincts de la faille. Ponctuellement, les secteurs sélectionnés pour faire l'objet d'une cartographie plus détaillée ont été définis de manière à tenir compte des données disponibles sur SIGEOM au niveau des affleurements, des accès, des particularités et des problématiques locales.

Pour chaque segment, l'objectif était de réaliser une coupe structurale transversale à la faille à l'aide de cartographies de détails et de relevés structuraux afin d'illustrer le changement de style de déformation, près et loin de la faille. Le principe est de documenter le comportement de la déformation à l'aide d'observations ponctuelles et de quelques cartographies de détail. Une attention particulière a également été portée aux roches du Groupe de Piché. Les éléments structuraux recueillis sont représentés par les fabriques (schistosité, clivage), les linéations d'étirement associées, les plis asymétriques

et leurs éléments associés (plan axial, axe de pli), les veines et les différents types d'indicateurs cinématiques de mouvement. Le but est de définir, à partir de ces éléments, l'empreinte des différentes phases de déformation, les limites sur le terrain de leurs expressions structurales et les différents mouvements. Ce travail est effectué par la caractérisation de secteurs ou de sections types à travers la faille. Ensuite la correspondance a été établie entre les différents styles structuraux d'un secteur à l'autre.

Traitement et analyses

Les informations recueillies ont été numérisées sous forme de cartes des différents secteurs étudiés à l'aide d'un SIG (MapInfo et ArcGIS) et synthétisées, notamment sous forme de stéréonets. Des lames minces de 30 µm ont été confectionnées à partir des échantillons pour compléter les observations de terrain. Des doublets de lames orientées selon les plans XZ et YZ ont également réalisés. L'ensemble de ces informations permet ainsi d'établir les relations chronologiques de la déformation à l'échelle d'un segment, puis de la FC dans son ensemble. Il est alors possible de retracer l'évolution de la déformation le long de la faille, notamment les variations de style aux points de transition.

Les échantillons prélevés le long des sections issus du Groupe de Piché ont servi à des analyses de roche totale et aussi d'éléments-traces dans le but de préciser la nature des protolithes et l'empreinte de l'altération. L'interprétation de ces données est basée sur la signature en éléments du groupe des Terres Rares ainsi qu'une classification des précurseurs calculés à l'aide du logiciel Lithomodeleur du CONSOREM. L'objectif est de préciser au mieux la signature géochimique des roches du Groupe de Piché avec les lithologies adjacentes de la Sous-province de l'Abitibi.

Travaux réalisés

À l'issue des campagnes de terrain 2013 et 2014, 509 stations ont été réalisées, comprenant l'observation d'affleurements et la cartographie détaillée de 12 sites, permettant de répertorier les différents styles structuraux de la FC. Afin de préciser et documenter certains aspects structuraux, 150 lames minces ont également été confectionnées.

Parallèlement, 135 échantillons ont été analysés pour circonscrire et documenter le Groupe de Piché. Parmi eux, 75 proviennent de forages réalisés par les compagnies d’exploration minérale Ressources Yorbeau, Corporation Minière Osisko et Alexandria Minerals Corporation. La stratégie d’échantillonnage a tenu compte des objectifs suivants :

- Dans chaque segment de la faille, atteindre une représentativité de l’ensemble du Groupe de Piché en prélevant au moins un échantillon par lithologie dominante dans ce segment, en s’appuyant sur les données d’affleurement et la géologie connue.
- Dans le segment de Rouyn-Noranda, obtenir des échantillons de la Formation de McWatters pour tester une possible affinité avec le Groupe de Piché.
- Échantillonner certaines lithologies ultramafiques provenant des bandes de roches volcaniques situées dans le Groupe de Pontiac afin de tester la ressemblance éventuelle entre ces roches et celles du Groupe de Piché.

	Segment Rouyn-Noranda	Segment Joanna-Bousquet	Segment Malartic	Segment Val-d’Or	Total
Stations de mesures	106	168	130	105	509
Analyses géochimiques	23	10	73	29	135
Cartographies détaillées	4	2	3	3	12

Tableau 6.1 : Répartition des mesures structurales, des analyses lithogéochimiques et des aires cartographiées par segments.

7. STYLES STRUCTURAUX À PROXIMITÉ DE LA FC

À la conclusion des deux campagnes de terrain, il apparaît que la distribution des éléments structuraux, leurs relations géométriques entre eux, leurs orientations et de façon générale le style de déformation varient le long de la FC. Cette section porte sur la description des différents styles de déformation, ainsi que sur les événements auxquels ils sont rattachés. Ces événements sont décrits par ordre chronologique, avec une emphase sur la variation de l’expression de ces événements en fonction des différents segments dans lesquels ils sont observés. Les caractéristiques structurales de chaque segment sont récapitulées dans un tableau comparatif (Tableau 7.1) et dans la Figure 7.1. Les

implications sur l'histoire de la déformation de la FC sont traitées dans la section « Discussion et Conclusion »

Segment de Rouyn-Noranda

Ce segment se situe à l'extrémité ouest de la FC au Québec, il expose la totalité des quatre événements de déformation documentés dans ce rapport. Ce segment permet d'ailleurs de circonscrire le cadre chronologique de ces différents événements. Le premier est interprété comme un épisode de raccourcissement à l'origine du grain structural prédominant en Abitibi sous la forme d'une fabrique pénétrative d'orientation Est-Ouest. Cette fabrique s'étend dans le Groupe de Pontiac au Sud, mais tend à disparaître au Nord dans le Groupe de Blake River. Elle est très bien développée dans le bassin du Timiskaming, dans lequel elles constituent le plan axial de plis isoclinaux ayant un regard structural vers l'Est. De manière générale, son pendage est modérément à fortement incliné vers le Nord. Le pendage s'accroît surtout à proximité du Groupe de Piché et de la FC. La linéation d'étirement est exprimée par l'aplatissement des fragments dans les roches volcaniques et sédimentaires sous forme de « galettes » ovales dont le grand diamètre est vertical dans le plan de la schistosité. L'étirement de minéraux confirme également la plongée en direction-pendage vers le Nord.

Le second événement de déformation est suggéré par la présence récurrente d'un clivage de crénulation subhorizontal recoupant la fabrique principale. Ce clivage est observé dans tout le Groupe de Timiskaming ainsi que dans le Groupe de Pontiac à proximité du contact Sud de Groupe de Timiskaming. Localement, ce clivage agit comme plan axial de plis ouverts à axe subhorizontal affectant la fabrique principale et le litage primaire (Figure 7.3A). Ce clivage peut être interprété comme l'effet d'un raccourcissement vertical postérieur au raccourcissement Nord-Sud. Cette hypothèse peut être appuyée par la forme sigmoïde des fragments dans les unités de conglomérats du Groupe de Timiskaming, indiquant un mouvement normal le long du plan de la fabrique principale. Dans ce scénario, deux mécanismes découlent de l'épisode d'extension : 1) la création d'une fabrique subhorizontale ou 2) la réactivation du plan de fabrique principale avec étirement et déformation d'objets le long de celui-ci. En effet, aucun affleurement n'a permis d'observer ces deux éléments structuraux conjointement.

Une troisième fabrique est communément visible dans ce secteur. D'orientation Nord-Ouest, elle est globalement verticale, mais avec des fluctuations importantes autant vers le Nord-Est que vers le Sud-Ouest. L'étude de lames minces suggère que ce clivage recoupe le clivage subhorizontal (Figure 7.3A). Sa distribution spatiale est concentrée vers l'Est du segment, à proximité de la Faille de Davidson, à tel point que cet élément structural devient dominant par rapport aux autres clivages dans ce secteur. Des plis asymétriques en « S » ouverts à fermés sont localement associés à ce clivage.

Le dernier événement documenté est interprété comme un décrochement dextre principalement exprimé dans les 100 m de part et d'autre de la FC et du Groupe de Piché. Plusieurs éléments structuraux expriment cet épisode tardif et ne sont pas toujours tous représentés à l'échelle de l'affleurement. Le premier élément est un clivage de crénulation N-E à pendage vertical recoupant toutes les autres fabriques (Figure 7.3B, C et D). Il est très communément accompagné d'un pli asymétrique en Z dont il constitue le plan axial. Ces plis mineurs sont généralement ouverts à fermés et affectent la fabrique principale et le litage primaire. Des objets en forme de dominos ou de sigma indiquent également un mouvement latéral dextre. Dans la FC et à proximité, le décrochement dextre s'exprime également par la formation de plans de cisaillement Sud-Est à composante dextre le long desquels est emportée la fabrique principale. Localement, les relations angulaires entre les fabriques principale et Nord-Est suggèrent une relation de type C-S. Dans ce cas, la fabrique principale rejoue en cisaillement et emporte le clivage N-E.

	Segment Rouyn-Noranda	Segment Joanna-Bousquet	Segment Malartic	Segment Val-d'Or
Raccourcissement Nord-Sud (raccourcissement)	<ul style="list-style-type: none"> • Schistosité E-W avec pendage modéré vers le Nord • Plis isoclinaux E-W • Linéation d'étirement à mouvement pendage vers le Nord • Plongée modérée 	<ul style="list-style-type: none"> • Schistosité verticale E-W • Plis isoclinaux E-W • Linéation d'étirement à mouvement pendage vers l'Ouest • Forte plongée 	<ul style="list-style-type: none"> • Schistosité verticale ESE • Plis fermés ESE • Zones de cisaillement inverses EW • Linéation d'étirement à mouvement pendage vers l'Est • Plongée modérée 	<ul style="list-style-type: none"> • Schistosité E-W avec pendage fort vers le Nord • Linéation d'étirement à mouvement pendage vers le Nord-Est • Plongée modérée
Extension	<ul style="list-style-type: none"> • Clivage horizontal • Plis ouverts • Indicateurs de mouvement dans la schistosité (Sigma et dominos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicateurs de mouvement dans la schistosité (Sigma et dominos) 		
Raccourcissement NE-SW	<ul style="list-style-type: none"> • Clivage NO à fort pendage • Plis mineurs NO en "S" 	<ul style="list-style-type: none"> • Clivage NO à fort pendage • Plis mineurs NO en "S" 		
Raccourcissement NO-SE (décrochement)	<ul style="list-style-type: none"> • Clivage vertical NE • Plis mineurs NE en "Z" • Relations C-S et bandes de cisaillement dextres • Autres indicateurs de mouvement (Sigma et dominos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Clivage vertical NE • Autres indicateurs de mouvement (Sigma et dominos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Clivage vertical NE • Plis mineurs NE en "Z" • Relations C-S et bandes de cisaillement dextres • Autres indicateurs de mouvement (Sigma et dominos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Clivage vertical NE • Plis mineurs NE en "Z" • Relations C-S et bandes de cisaillement dextres • Autres indicateurs de mouvement (Sigma et dominos)

Tableau 7.1 : Synthèse par segment des éléments structuraux associés à chaque événement de déformation.

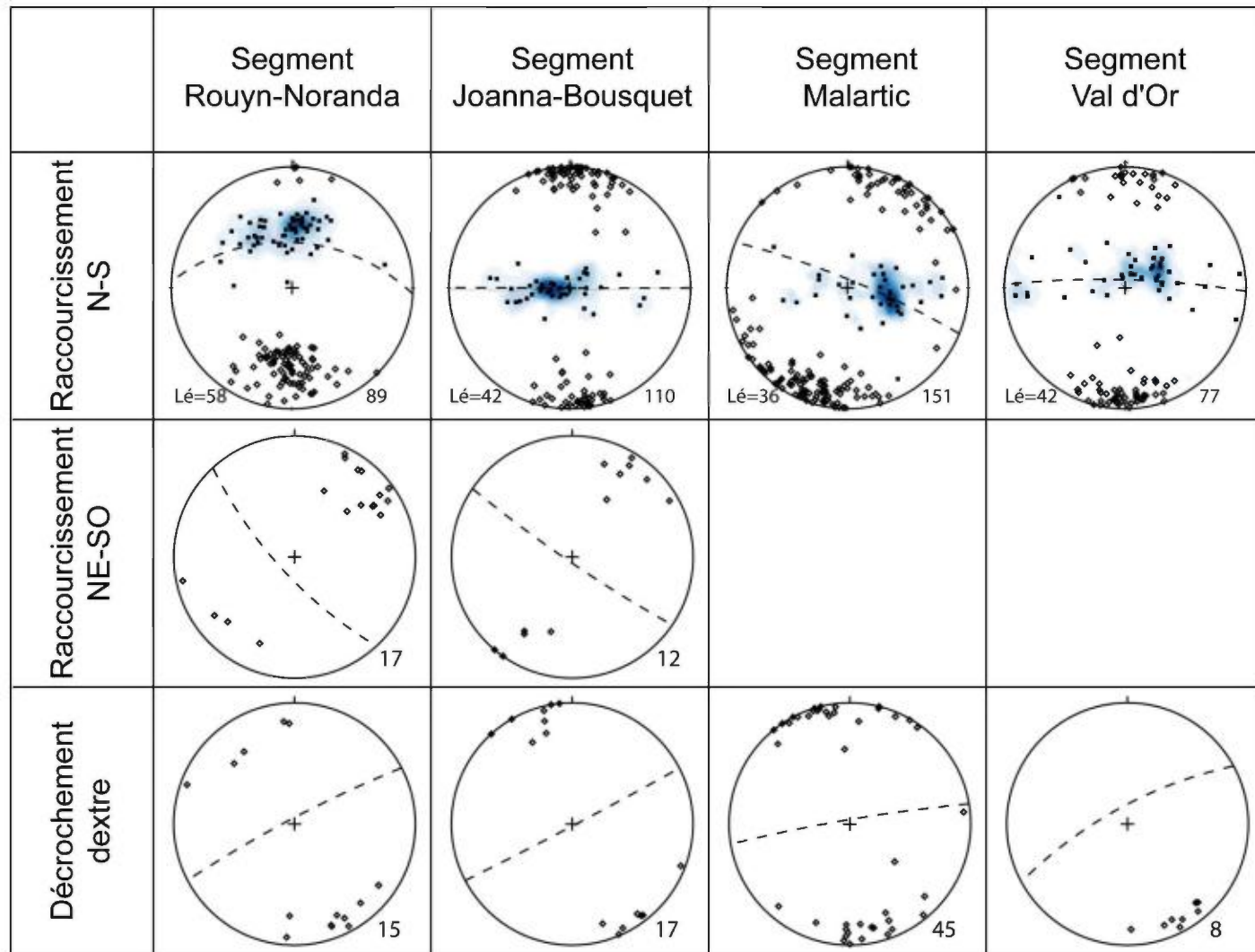


Figure 7.1 : Synthèse des différentes fabriques structurales en fonction des segments.

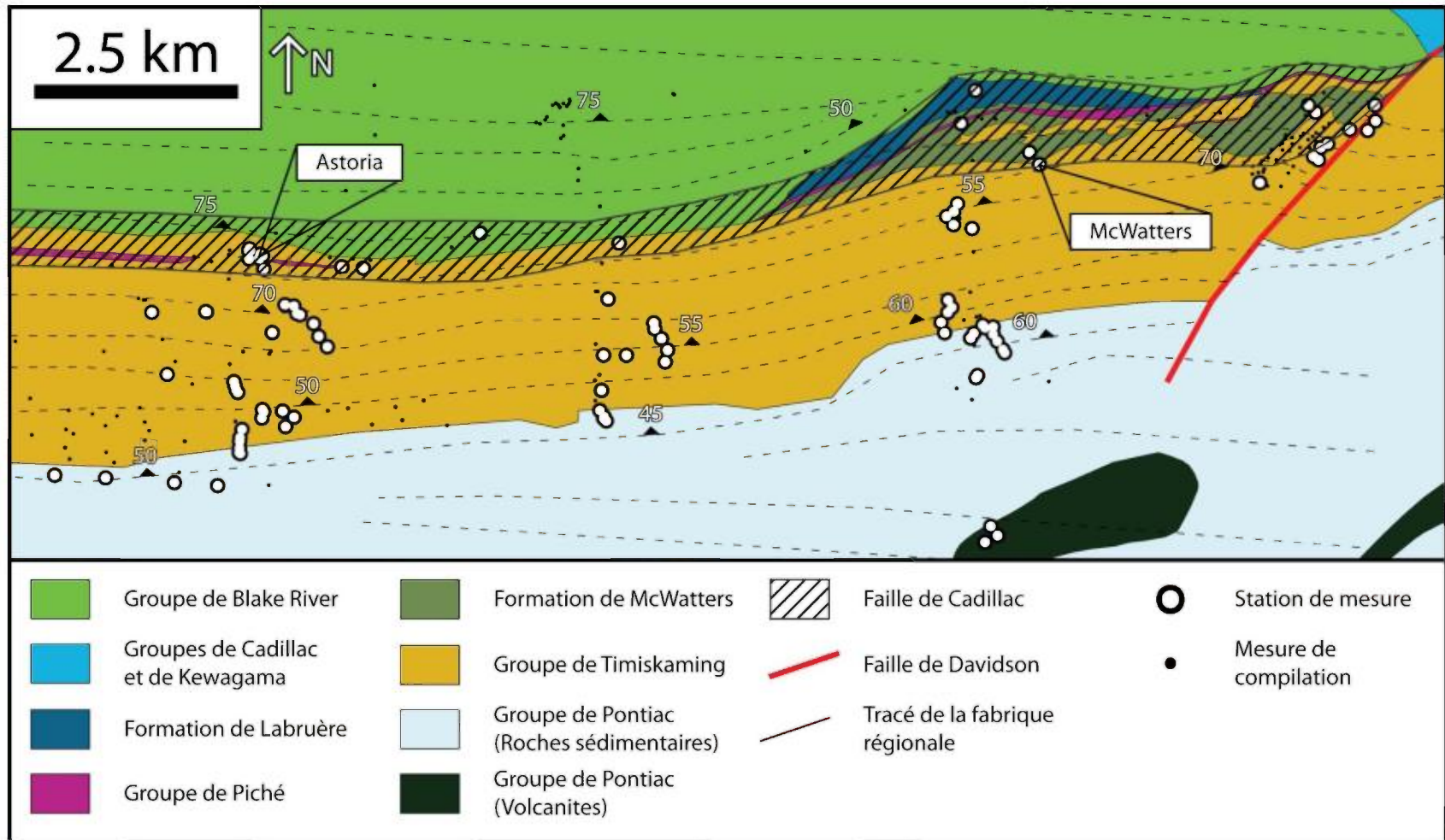


Figure 7.2 : Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale S_p pour le secteur de Rouyn-Noranda, basée sur des observations de terrain (comprenant également Goulet, 1978; Gelinas et al., 1984; Hubert et al., 1984; Gauthier et al., 1986; Diop, 2011) et de la banque de données SIGEOM du MERN. L'absence de tracé pour la schistosité régionale n'indique pas nécessairement l'absence de déformation, mais plutôt le manque de données structurales.

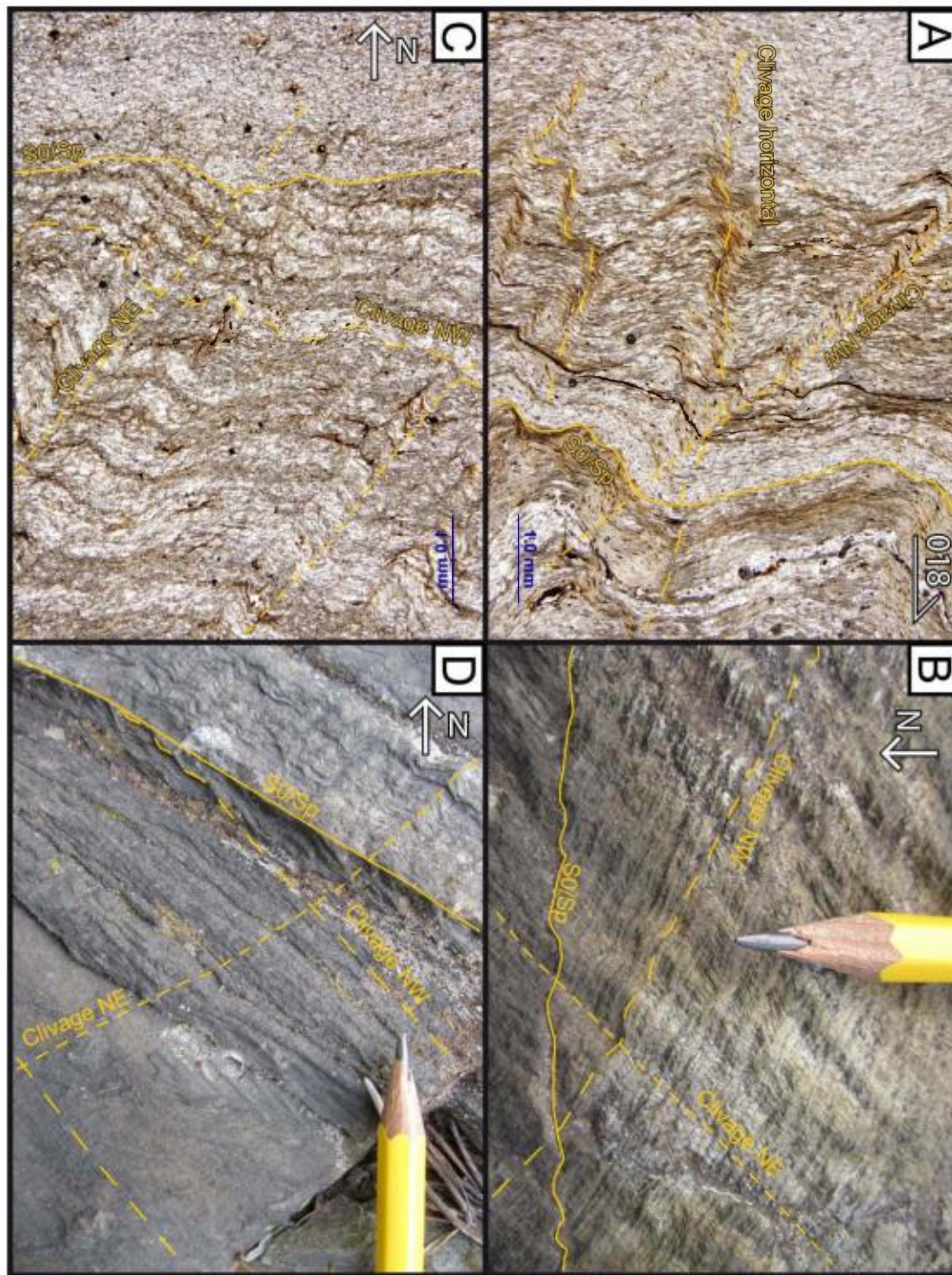


Figure 7.3 : Relations de recoupement entre les différentes fabriques structurales. A) Photographie de lame mince illustrant les relations de recoupement, dans l'ordre, entre les fabriques principale, horizontale et NO. B) Relations de recoupement dans l'ordre, entre les fabriques principale, NO et NE. C) Idem que B) mais vue en lame mince. D) Autre exemple de recoupement entre les fabriques principale, NO et NE.

Segment de Bousquet

Le segment de Bousquet (Figure 6.4) expose très bien l'effet de l'épisode de raccourcissement sur le pourtour de la FC. La schistosité, globalement Est-Ouest, est parallèle au tracé de la faille ainsi qu'aux litages primaires des roches volcaniques et sédimentaires. L'ensemble a un pendage subvertical incliné vers le Nord qui tend légèrement vers le Sud en se dirigeant vers le Nord (80°). La linéation d'étirement est très bien développée et plonge verticalement vers l'Ouest dans le plan de schistosité. Les seuls indicateurs observés dans ce segment sont des fragments de formes sigmoïdes aplatis dans la schistosité, indiquant un mouvement vertical, le bloc Nord descendant tandis que le bloc Sud remonte, suggérant un mouvement normal qui peut être associé aux évidences d'extension tardives observées dans le segment de Rouyn-Noranda.

Les autres éléments structuraux comprennent un clivage subvertical Nord-Ouest associé à des plis asymétriques en S reprenant la fabrique S_p et le litage primaire. Ce clivage est très bien développé à l'ouest du segment, à proximité de la Faille de Davidson et jusqu'à la moitié du segment.

Le dernier événement de déformation observé est le décrochement dextre. Il est beaucoup moins bien exprimé que dans les autres segments, avec quelques observations du clivage NE à proximité de la FC. Aucun pli asymétrique lié à ce clivage n'a été observé ici. Dans les roches des Groupes de Blake River et de Cadillac, des fragments aplatis avec une forme sigmoïde suggèrent un mouvement latéral dextre.

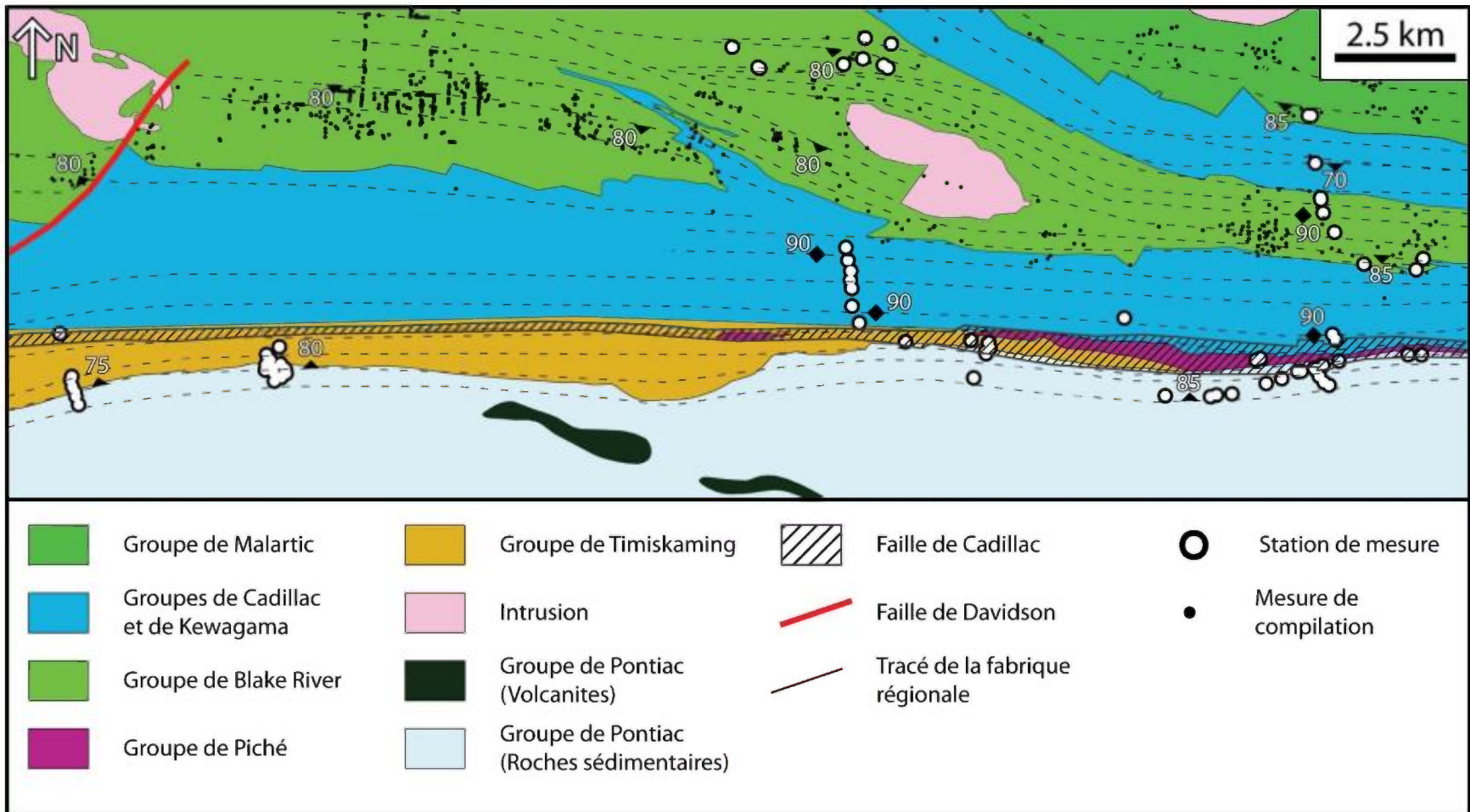


Figure 7.4 : Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale S_p pour le secteur de Joanna-Bousquet basée sur nos observations de terrain, celles de Tourigny et al., 1988; Trudel et al., 1992) et de la banque de données SIGEOM du MERN. L'absence de tracé pour la schistosité régionale n'indique pas nécessairement l'absence de déformation, mais plutôt le manque de données structurales.

Segment de Malartic

Comme expliqué dans l'introduction, le segment de Malartic (Figure 7.5) a comme particularité que les contacts des grandes unités (Groupes de Pontiac, de Piché, de Cadillac, de Blake River, de Kewagama et de Malartic) et globalement son architecture sont orientés vers le Sud-Est. L'une des grandes inconnues de la FC et de ce secteur de la Sous-province d'Abitibi consiste en l'origine de cette déviation, c'est-à-dire si cette orientation provient de l'architecture initiale lors de la mise en place des roches ou si elle a été acquise lors de la déformation.

L'épisode de raccourcissement est symbolisé par une fabrique pénétrative subverticale dont l'orientation est variable, dépendamment si elle est observée à proximité ou non d'une zone de déformation majeure (contacts, failles). Éloignée de ces structures, la schistosité régionale S_p possède une orientation Est-Ouest à Est-Sud-Est et est oblique au litage primaire Sud-Est caractéristique de ce segment. Cette observation est visible à l'échelle du microscope (Figure 7.6), de l'affleurement (site de Norbenite illustré plus loin dans la section) et du segment (Figure 7.5). Pour appuyer cette interprétation, la Figure 7.6 montre en lame mince la relation angulaire entre le litage primaire et le plan d'aplatissement des constituants (fragments, minéraux) d'une unité de grès dans le Groupe de Kewagama. La Figure 7.7 détaille la géologie du décapage de Burbank, situé au cœur du pli en Z dans le Groupe de Malartic, où une seule fabrique, Est-Ouest, est observée et correspond ici encore au plan d'aplatissement. Les plis en Z locaux et régionaux observés dans les Groupes de Cadillac et de Malartic seraient donc en partie issus de l'épisode de raccourcissement. Cependant, à proximité des zones de déformations majeures, la fabrique principale définissant l'aplatissement et le débit schisteux est parallèle à ces zones de déformations ainsi qu'aux litages primaires (voir décapage Norbenite plus bas). À l'échelle du secteur, cette dualité dans l'orientation de la fabrique principale forme une relation de type C-S compatible avec un épisode de raccourcissement Nord-Sud. Dans ce scénario, le raccourcissement produit une fabrique pénétrative Est-Ouest, tandis que les contacts majeurs et autres structures forment des plans idéalement orientés pour un décrochement latéral. À proximité de ces structures, la schistosité est entraînée parallèlement le long de ces plans en décrochement. En dehors de

cette relation, peu d'indicateurs cinématiques directement liés au raccourcissement ont été documentés. Dans l'extrémité Sud-Est du segment, là où la FC oblique vers l'Est, des plans de cisaillements fortement inclinés vers le Nord, le long desquels la fabrique principale est emportée, suggèrent des failles inverses.

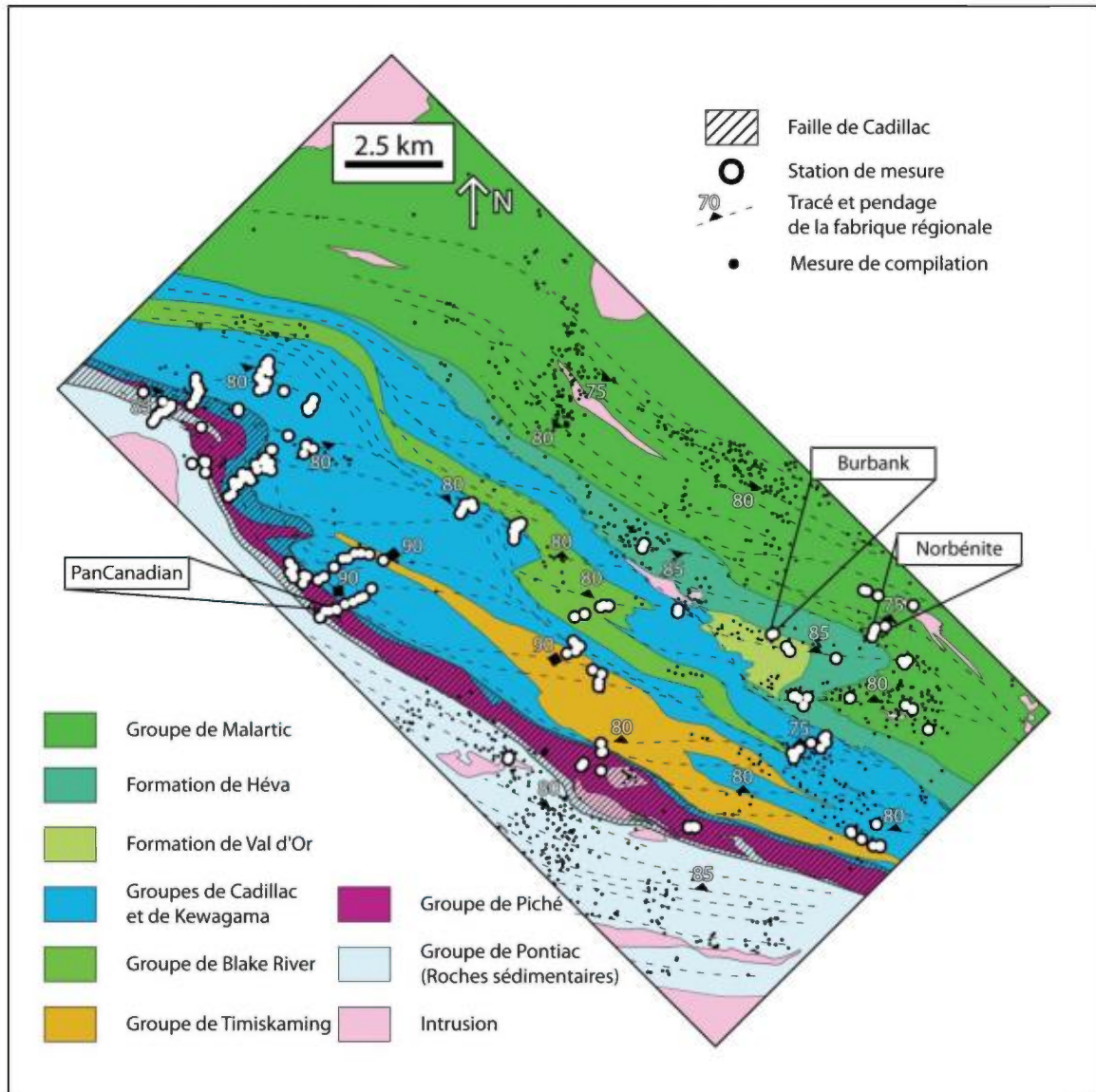


Figure 7.5: Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale S_p pour le secteur de Malartic basée sur les observations de terrain et la banque de données SIGEOM du MERN (Desrochers et al., 1993; Desrochers et Hubert, 1996; Pilote et al., 2000; Pilote, 2013; Pilote et al., 2014). L'absence de tracé pour la schistosité régionale n'indique pas nécessairement l'absence de déformation, mais plutôt le manque de données structurales.

L'autre particularité de ce segment est l'absence d'éléments structuraux visible en surface semblant être reliés à l'événement d'extension. De plus, le clivage Nord-Est n'est également pas représenté. Cependant, de nombreux éléments appuient la présence de l'épisode de décrochement dextre, dont le pli en « Z » (Figure 7.5).



Figure 7.6 : Photographie de lame mince illustrant la relation angulaire entre la fabrique principale et le litage primaire dans le segment de Malartic.

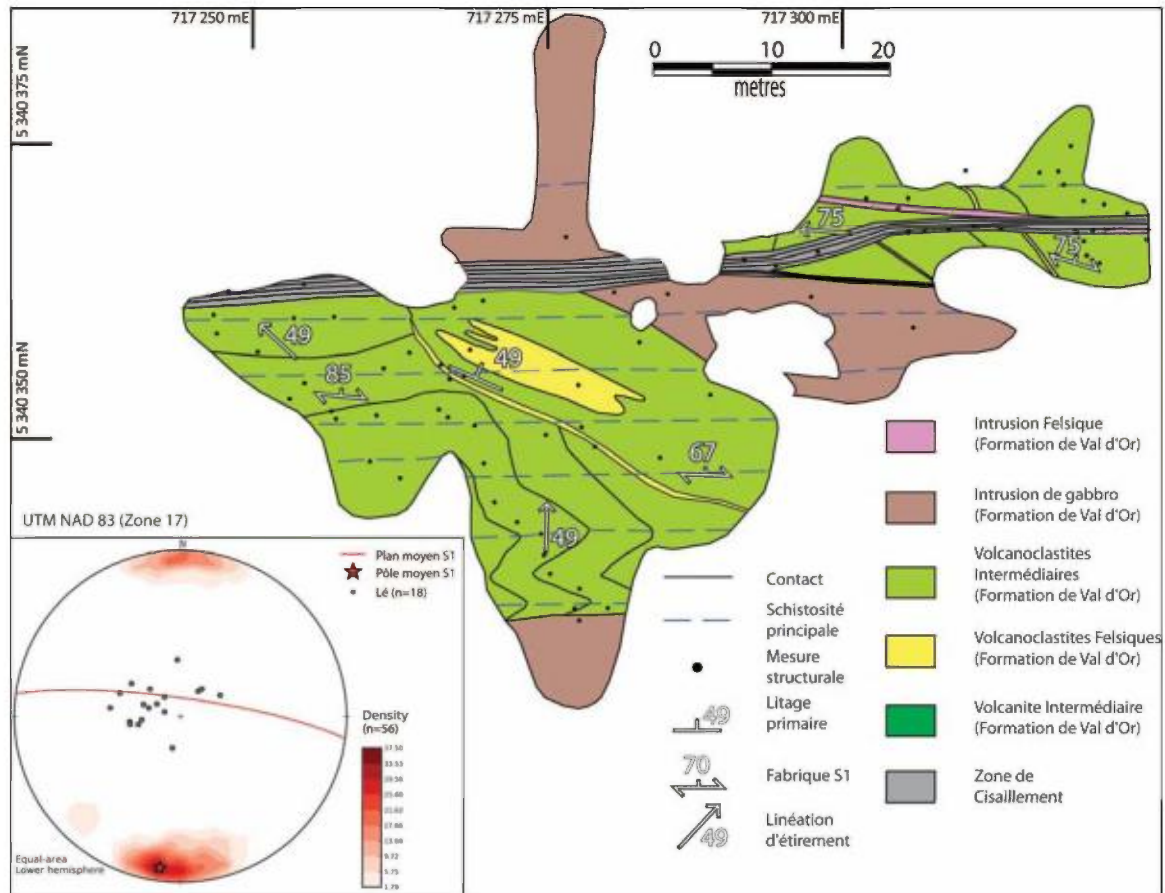


Figure 7.7 : Cartographie du site de Burbank. Localisation sur la Figure 7.5

Segment de Val-d'Or

Contrairement aux autres segments, celui de Val-d'Or (Fig. 6.8) ne permet l'observation que des éléments structuraux associés à l'épisode de raccourcissement ainsi qu'à celui de décrochement dextre. Ici l'orientation Est-Ouest de la fabrique principale Sp domine de nouveau. Les contacts, les litages primaires et les grandes zones de déformation sont subparallèles entre elles. La fabrique Sp est très développée et est subparallèle au litage et aux contacts. Le pendage est très élevé, proche de 90° dans la majorité des cas. L'aplatissement est également très prononcé dans les 200 m qui bordent la FC, mais il diminue rapidement en s'éloignant, à tel point que la déformation n'est pratiquement plus visible dans les roches volcaniques du Groupe de Malartic. La linéation d'étirement associée est fortement plongeante vers l'Est. À noter l'absence d'observation d'indicateurs cinématiques supportant un mouvement vertical le long de la FC dans ce segment.

L'épisode d'extension n'offre pas d'évidence dans ce segment. Cependant, sur le décapage d'Orenada Zone 2 (décrit plus en détail plus loin), une linéation d'intersection subhorizontale est observée dans le plan de la schistosité, laissant penser à l'existence d'un clivage subhorizontal comme dans le segment de Rouyn-Noranda. L'hypothèse de l'existence d'un clivage subhorizontal dans ce segment avait auparavant été suggérée par Robert (1989).

Le décrochement tardif est très bien développé sous plusieurs formes au sein même de la FC. Le développement d'un clivage vertical avec une direction Nord-Est est l'élément le plus fréquent. Lui sont associés des plis asymétriques en « Z » affectant le litage primaire et la fabrique principale conjuguée. Plusieurs indicateurs cinématiques soulignent le mouvement dextre le long de la faille, notamment des fragments dans les conglomérats du Groupe de Cadillac ainsi que des bandes de cisaillement le long desquelles est emportée la fabrique principale.

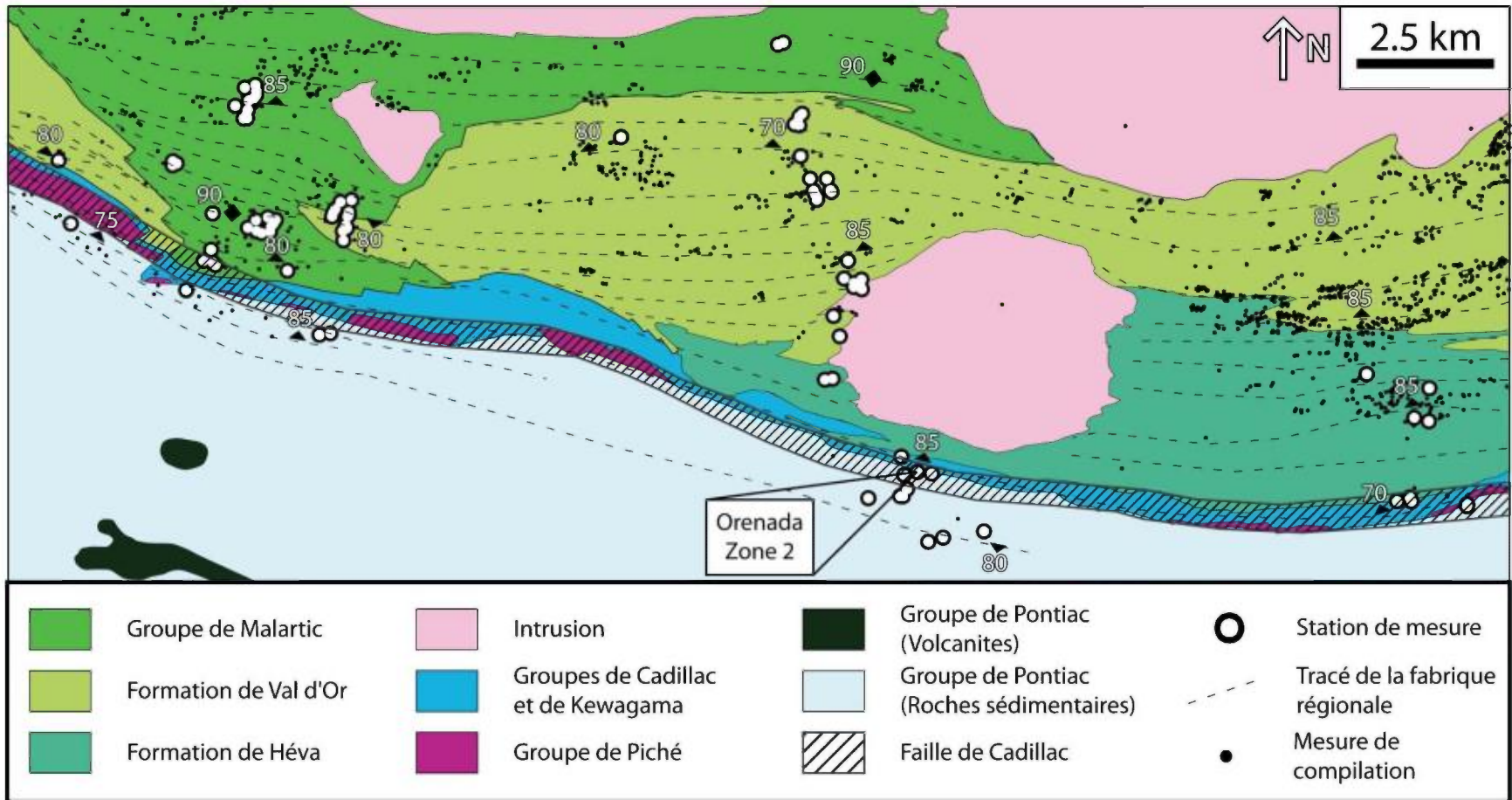


Figure 7.8 : Géologie simplifiée et trajectoires de la schistosité régionale S_p pour le secteur de Val-d'Or basée sur nos observations de terrain (comprenant une compilation de Imreh (1984), Robert (1989), Desrochers et al. (1993), Pilote et al. (1997), Pilote et al. (1998) et Pilote et al. (2014)) et la banque de données SIGEOM du MERN. L'absence de tracé pour la schistosité régionale n'indique pas nécessairement l'absence de déformation, mais plutôt le manque de données structurales.

Localités typiques de la FC

Plusieurs tranchées cartographiées en détail sont des témoins majeurs des différents styles de déformation qui ont été décrits et documentés plus haut. Ces points-clés, au nombre de quatre, sont décrits en détail ci-dessous avec à l'appui des planches photographiques illustrant les éléments critiques et jugés représentatifs de la déformation.

1) Astoria – Segment de Rouyn-Noranda

Le Groupe de Piché est très bien exposé sur le décapage situé juste à côté du site de l'ancienne mine désaffectée d'Astoria (Figure 7.9). Ce décapage expose le contact sud du Groupe de Piché avec le Groupe de Timiskaming. Les roches visibles comprennent, du Nord au Sud, des séquences volcaniques mafiques, puis ultramafiques. Les roches mafiques contiennent de nombreux fragments étirés et boudinés (Figure 7.10a). Cette lithologie est interprétée comme une unité volcanoclastique à fragments de porphyre selon Diop (2011). Les roches ultramafiques sont constituées de schistes carbonatés avec une altération en fuschite prononcée (Figure 7.10b). Du côté Sud, les roches sédimentaires sont composées de séquences pluridécimétriques comprenant des grès et des microconglomérats.

Les roches sont intensément déformées : une schistosité de flux (Sp) est très bien développée à l'échelle du décapage, elle est définie par l'alignement des minéraux micacés dans les schistes ultramafiques et, bien que moins développée dans les roches sédimentaires, est parallèle au litage primaire. Globalement, cette schistosité est orientée Est-Ouest avec un fort pendage vers le Nord. La linéation d'étirement comprise dans cette fabrique varie en orientation à l'échelle du décapage. Au Nord, elle est faiblement à moyennement plongeante vers l'Ouest et devient graduellement fortement plongeante en se dirigeant vers la partie Sud du décapage et plus particulièrement dans le Groupe de Timiskaming. Dans les schistes ultramafiques, la schistosité Sp tend à subir une inflexion vers le Nord-Est. Cette zone d'inflexion est délimitée par deux plans de cisaillement mineurs orientés à environ 280/60, visibles uniquement dans les schistes. La linéation d'étirement plonge davantage le long de ces failles. Des stries horizontales sont également visibles localement dans ces deux plans.

Dans les roches mafiques dans la partie nord du décapage, on observe une situation similaire à celle vue plus au nord dans les roches du Timiskaming : la schistosité est contenue dans un clivage de crénulation S_2 . Ce dernier est lui-même repris par une fabrique S_3 Est-Ouest parallèle au litage. Cette zone coïncide spatialement avec celle où la linéation est subhorizontale.

Plusieurs types d'indicateurs cinématiques sont visibles sur le décapage. Premièrement, les fragments contenus dans le microconglomérat sont étirés dans le plan de S_p et forment des sigmas compatibles avec un mouvement normal, c'est-à-dire que le bloc Nord descend par rapport au bloc Sud (Figure 7.10c). Les fragments de porphyre dans l'unité volcanoclastique mafique forment également parfois des sigmas, mais cette fois-ci compatibles avec un mouvement dextre. Enfin, plusieurs bandes de cisaillements orientées à environ 280° sont observables localement dans les schistes ultramafiques où la fabrique S_p est orientée Est-Ouest, suggérant aussi un mouvement dextre (Figure 7.10d).

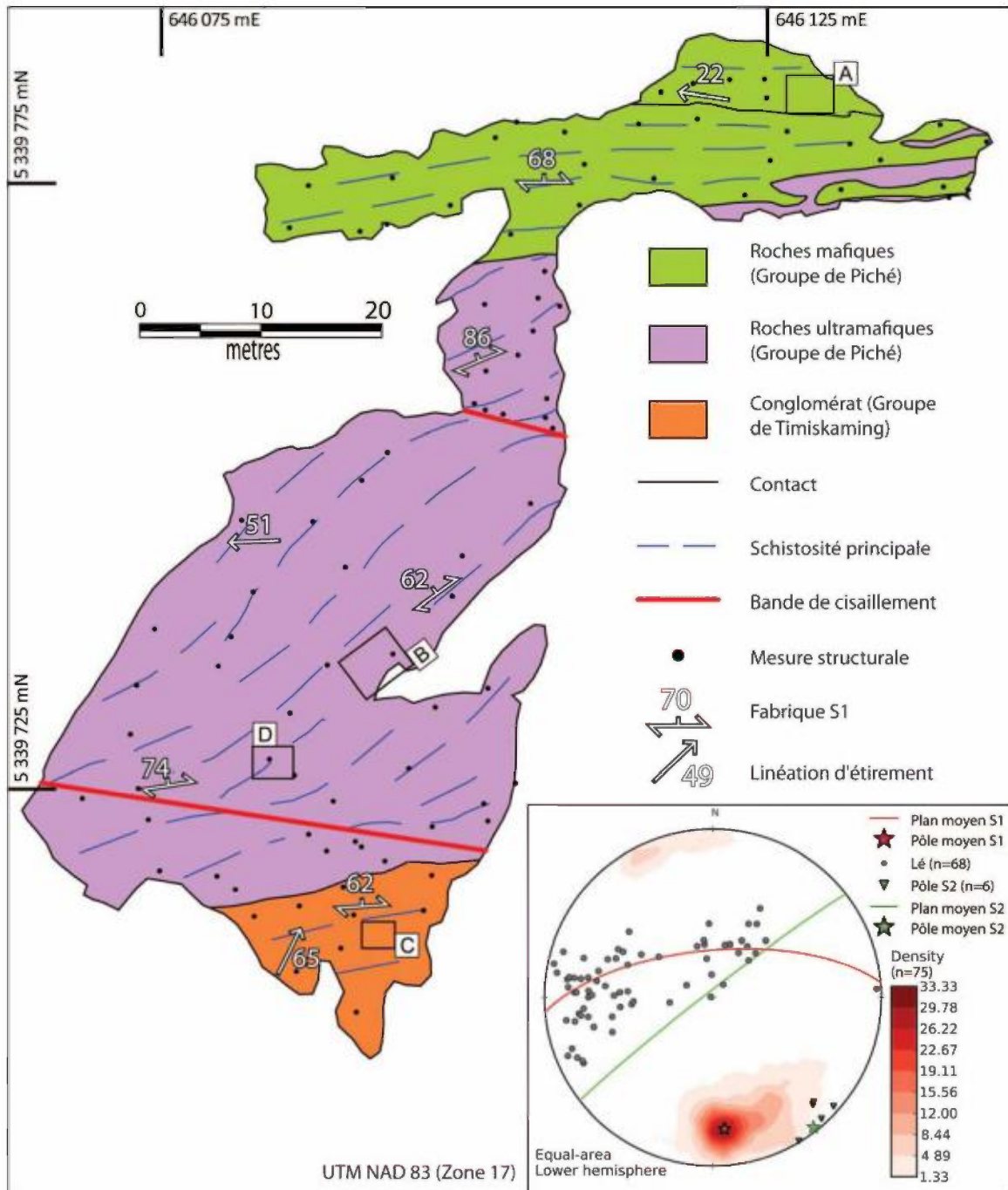


Figure 7.9 : Cartographie détaillée du site d'Astoria. La localisation est précisée sur la Figure 7.2.

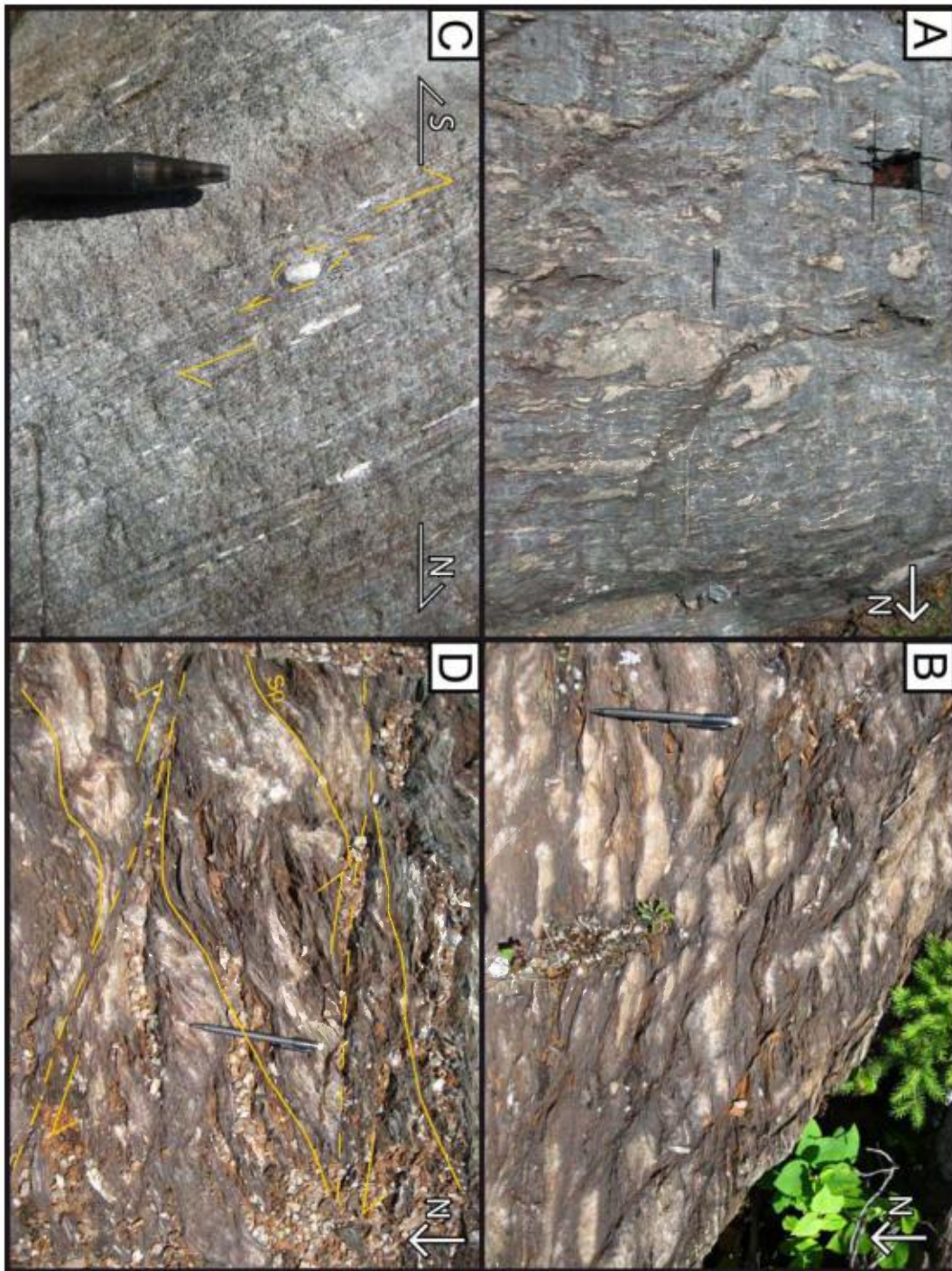


Figure 7.10 : Éléments structuraux du site d’Astoria. A) Unité de volcanoclastites comprenant des fragments boudinés de dykes porphyriques. B) Schistes à talc-carbonate dont le protolithe est anciennement une roche ultramafique. C) Fragment dans le Groupe de Timiskaming avec une ombre de pression indiquant un mouvement normal le long de la schistosité. D) Bandes de cisaillement dans les schistes à talc-carbonate indiquant un mouvement dextre.

2) McWatters – Segment de Rouyn-Noranda

Le site de McWatters (Figure 7.11) est localisé immédiatement au sud de la clôture de la mine du même nom. Bien que n'étant pas directement situé sur la FC, il illustre très bien la complexité engendrée par la superposition de plusieurs phases de déformation et le cloisonnement de la déformation (« *deformation partitioning* ») entre des unités de différents types. La tranchée expose le contact Sud de la Formation de McWatters avec le Groupe de Timiskaming. Cette formation isolée constitue une lentille de roches volcaniques piégée entre deux embranchements de la FC. Cette complexité locale est illustrée dans la Figure 7.2. À l'heure actuelle, l'origine et l'appartenance de ces roches n'ont pas été investiguées. Il pourrait s'agir d'un lambeau issu du Groupe de Blake River à proximité ou encore une unité appartenant au Groupe de Piché. Ici cette formation est représentée par une unité basaltique au Nord et une unité andésitique au Sud, séparées par un contact Est-Ouest. Les basaltes sont relativement massifs, tandis que les andésites ont un aspect bréchiq. Le Groupe de Timiskaming est composé ici de grès et de turbidites. Les contacts dans les roches sédimentaires sont orientés Est-Nord-Est.

Le contact entre les deux ensembles est également ENE (Figure 7.13a). Il est faillé et accompagné d'une intense déformation des roches volcaniques à proximité sous forme d'une forte schistosité Est-Ouest. Cette fabrique est si bien développée que les andésites sont transformées en schistes à moins d'un mètre du contact. La schistosité dans les roches sédimentaires est moins visible, mais assume le rôle de plan axial dans une série de plis serrés (Figure 7.13b). Le regard structural associé aux plis est pointé vers l'Est. La linéation d'étirement liée à cette première phase de déformation plonge de façon modérée vers le Nord. La seconde phase de déformation correspond à un raccourcissement N-E « apparent ». Elle est symbolisée ici par un clivage Nord-Ouest fortement incliné vers le Nord-Est qui recoupe la fabrique principale. Plusieurs plis en S développés dans les andésites sont associés à ce clivage. Le contact entre les andésites et les roches sédimentaires a également une forme en S et suggère que le plan de faille a été plissé par cet épisode de déformation (Figure 7.13a). Le dernier événement de déformation correspond au décrochement tardif régional compatible avec un raccourcissement NO-SE. Il est exprimé par un clivage vertical Nord-Est auquel sont associés des plis parasites

en Z essentiellement visible dans les roches sédimentaires et à proximité de la faille (Figure 7.13c). Le clivage NE recoupe les plis en S et le clivage NO, indiquant qu'il est postérieur aux autres événements de déformation (Figure 7.13d).

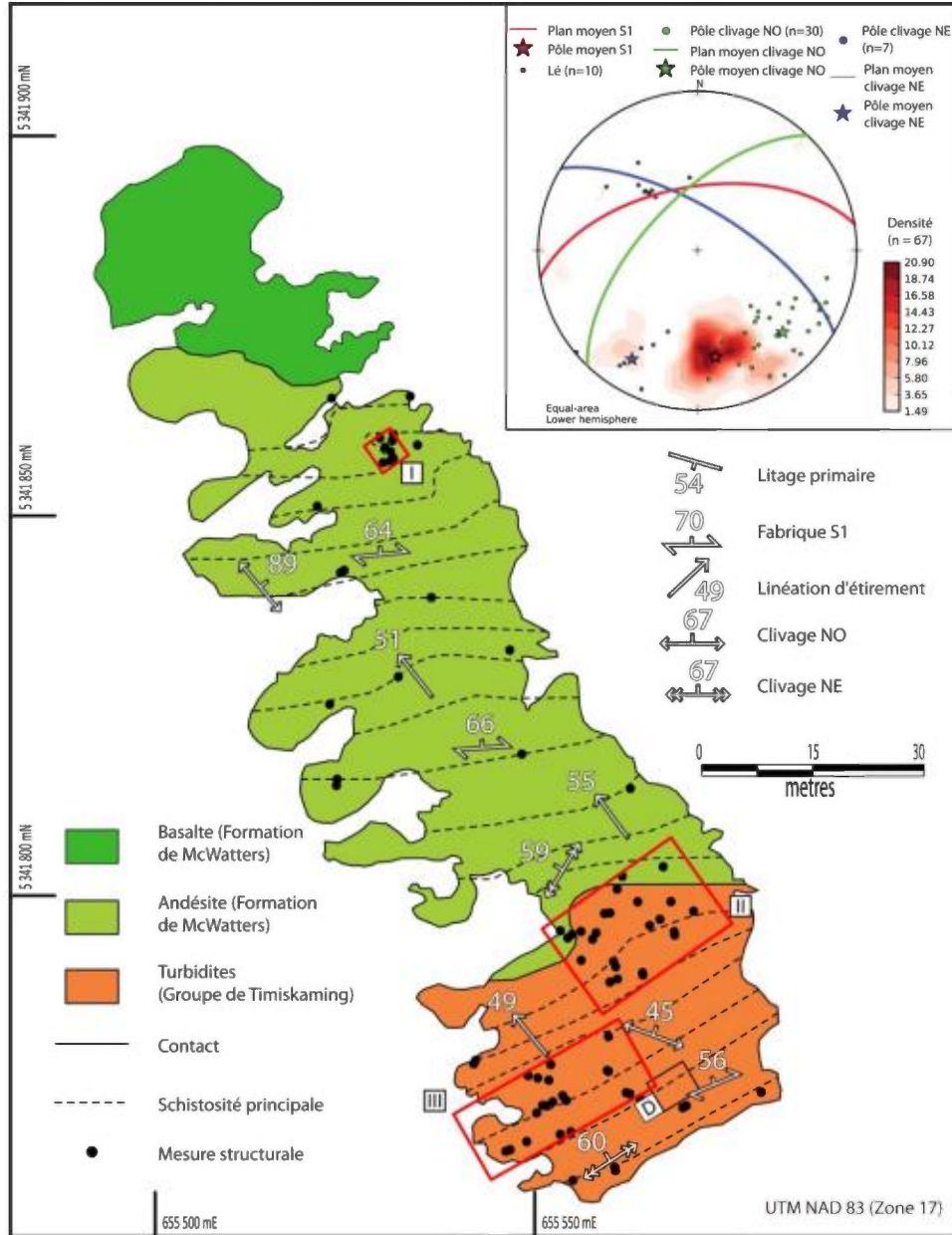


Figure 7.11 : Cartographie détaillée du site McWatters. La localisation est précisée sur la Figure 7.2.

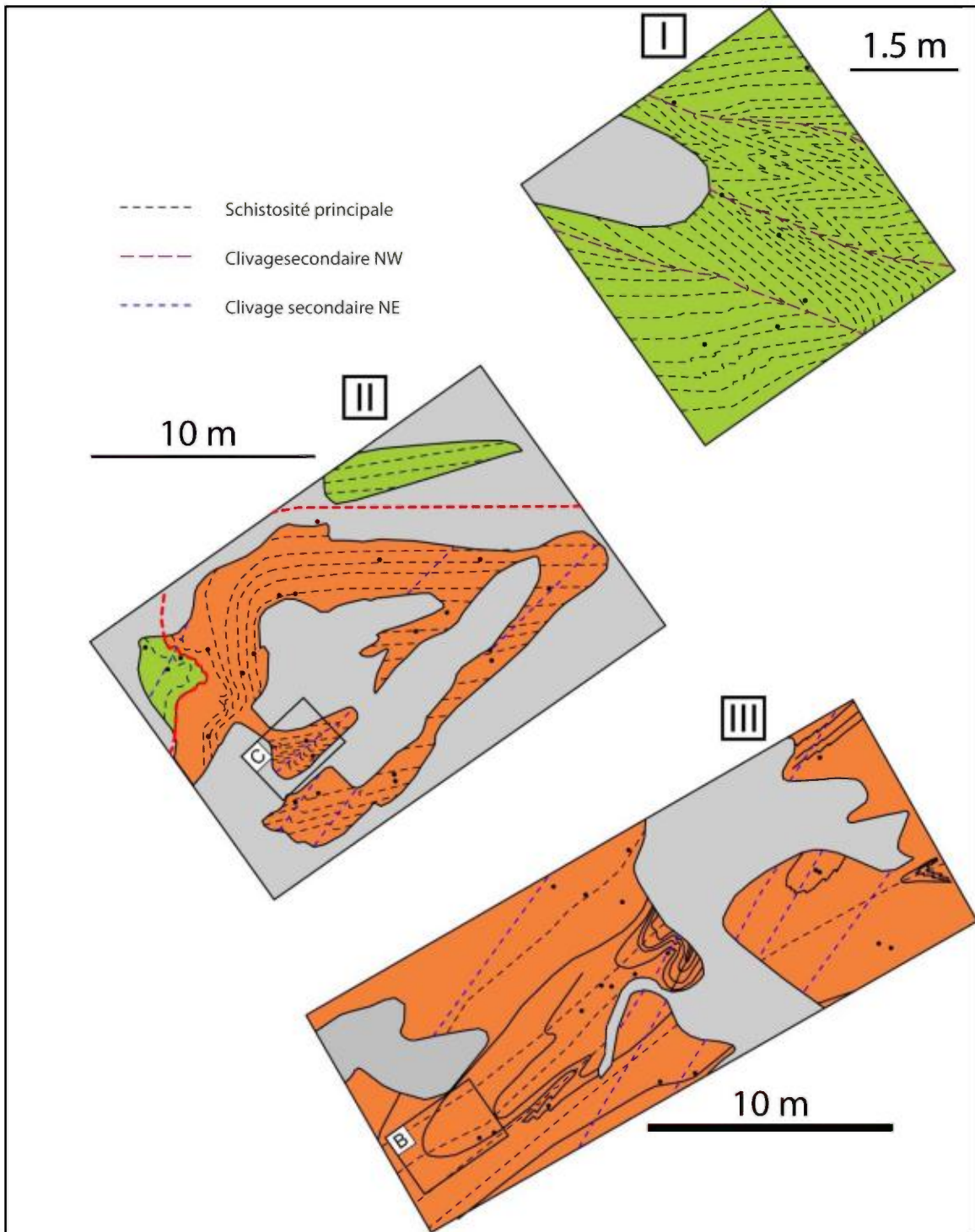


Figure 7.12 : Détails des zones clés indiquées dans la Figure 7.11.

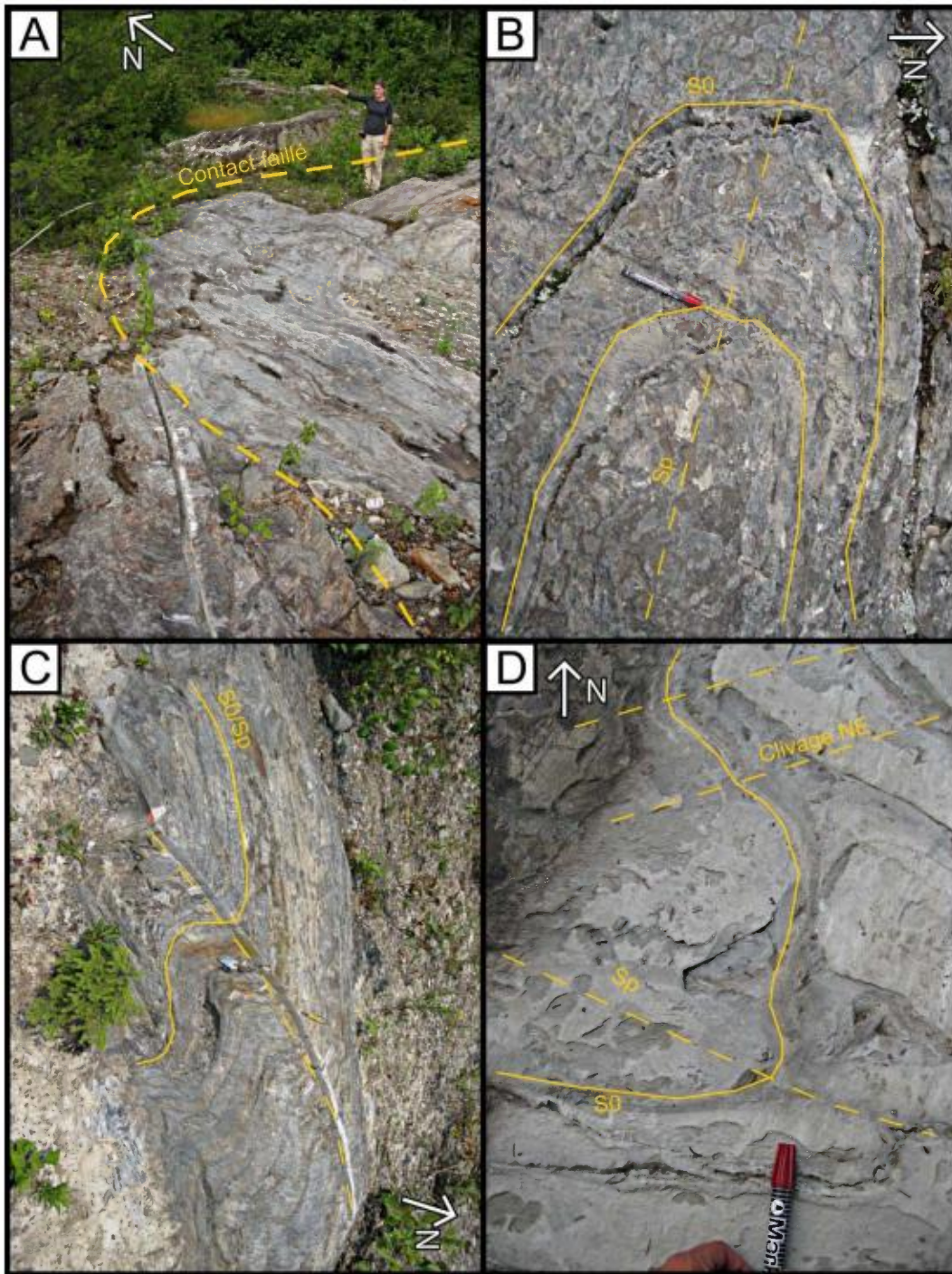


Figure 7.13 : Éléments structuraux du site de McWatters. A) Contact entre les volcanites de la Formation de McWatters (au Nord) et les turbidites du Groupe de Timiskaming (au Sud). Noter la forme en « S » du contact et l'aspect schisteux très développé des volcanites. B) Pli P_1 dans les turbidites du Groupe de Timiskaming. La fermeture du pli est serrée et le regard structural est orienté vers l'Est. C) Pli asymétrique en « Z » associé au clivage Nord-Est affectant le litage primaire et la foliation principale. D) Motif de superposition de plis associés à la fabrique principale et au clivage NE.

3) Norbenite – Segment de Malartic

La Faille de Norbenite (Figure 7.14 et Figure 7.15) est une structure majeure dans le Groupe de Malartic et prend place dans le segment du même nom. Elle est orientée parallèlement à la FC vers le Sud-Est et constitue un témoin de la variation du style de déformation en fonction de la proximité avec une faille. Exposée par une tranchée réalisée par Niogold Mining Corporation, la Faille de proprement dite semble séparer les volcanites basaltiques de la Formation de Jacola au nord de roches ultramafiques de la Formation de Héva au Sud. Les lithologies volcaniques sont basées sur la cartographie réalisée par Tremblay et al. (2009). La totalité des roches volcaniques mafiques et ultramafiques est transformée en schistes. Les roches mafiques sont suggérées par un assemblage à chlorite-carbonate tandis que les roches ultramafiques correspondent à l'assemblage talc-carbonate-chlorite. Leurs contacts sont orientés Est-Ouest dans la partie Nord du décapage et Sud-Est dans la partie Sud. Plusieurs types d'intrusions, de compositions felsique ou mafique selon le cas, recoupent l'ensemble et sont subparallèles aux contacts.

La déformation est principalement matérialisée par une schistosité pénétrative omniprésente et très bien développée (Figure 7.16a). Les intrusions sont moins affectées par la fabrique principale, mais présentent néanmoins un aspect boudiné. L'orientation de la schistosité change progressivement, passant d'Est-Ouest dans la partie nord, où la déformation est la moins présente, à Sud-Est dans la partie sud du décapage au cœur de la Faille de Norbenite. Son pendage est fortement incliné vers le Nord à subverticale. À l'échelle du décapage, cette variation angulaire suggère une zone de cisaillement dextre orientée Sud-Est le long de laquelle est emportée la fabrique principale. Pour appuyer cette interprétation, plusieurs indicateurs cinématiques suggèrent localement des mouvements dextres : dans la partie Nord du décapage, plusieurs plans de cisaillement S-E entraînent la fabrique principale où la linéation d'étirement est subhorizontale, suggérant une relation de type C-S (Figure 7.16c). Dans la partie Sud, d'autres plans de cisaillement S-SE (Figure 7.16d), où est entraînée la fabrique principale SE, indiquent des bandes de cisaillement (« *shear bands* »). L'ensemble suggère un événement de raccourcissement Nord-Sud évoluant vers un décrochement dextre le long de plans

verticaux orientés S-E. La linéation d'étirement a un comportement conforme au reste du segment de Malartic, c'est-à-dire moyennement plongeant vers l'Est. Cependant, la linéation d'étirement est beaucoup moins inclinée dans les plans de cisaillement, indiquant du coulissage le long de ces derniers.

De plus, l'épisode de décrochement dextre est ponctuellement observable grâce à la présence d'un clivage de crénulation recoupant la fabrique principale. Cette dernière est d'ailleurs reprise par des plis fermés à isoclinaux dont le plan axial correspond à ce clivage de crénulation (Figure 7.16b). La variation de l'orientation de ce clivage suggère ici encore un entrainement de la fabrique le long de la zone de cisaillement. Au Nord du décapage, le clivage est globalement orienté Nord-Est, tandis qu'en se dirigeant vers le Sud, son orientation courbe vers l'Est. Il est à noter que ce clivage n'est plus observable au cœur de la zone de cisaillement, suggérant que pendant l'épisode de décrochement tardif, la zone de cisaillement a été réactivée et le clivage tardif est également emportée le long de la faille, formant ainsi une fabrique composite au cœur de la zone de cisaillement où la schistosité principale et clivage tardif sont confondus.

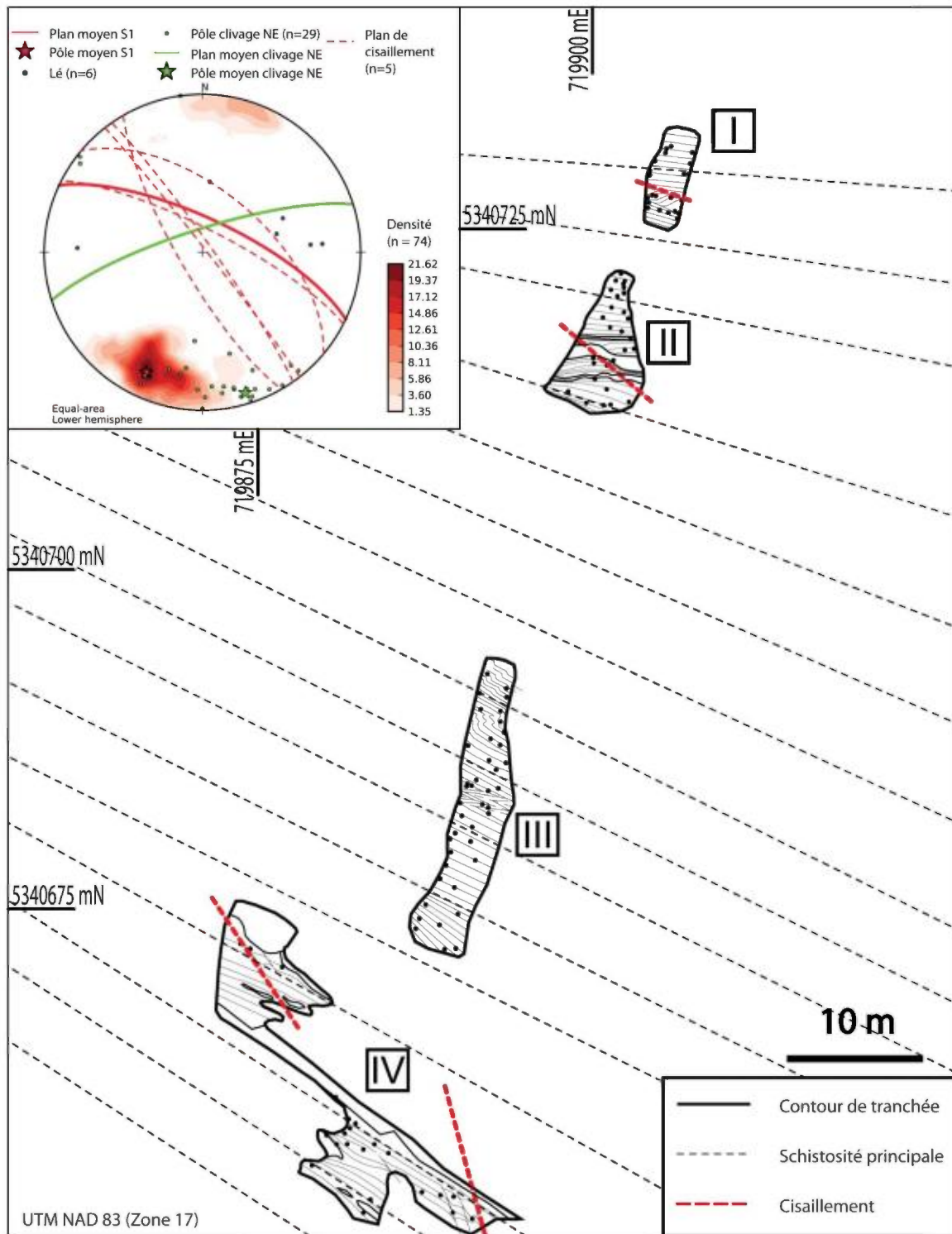


Figure 7.14 : Cartographie détaillée du site de Norbenite. La schistosité régionale se parallélise avec l'orientation de la Faille en approchant du cœur de celle si (affleurement IV). Noter également la variation d'orientation des plans de cisaillement. La localisation est précisée sur la Figure 7.5.

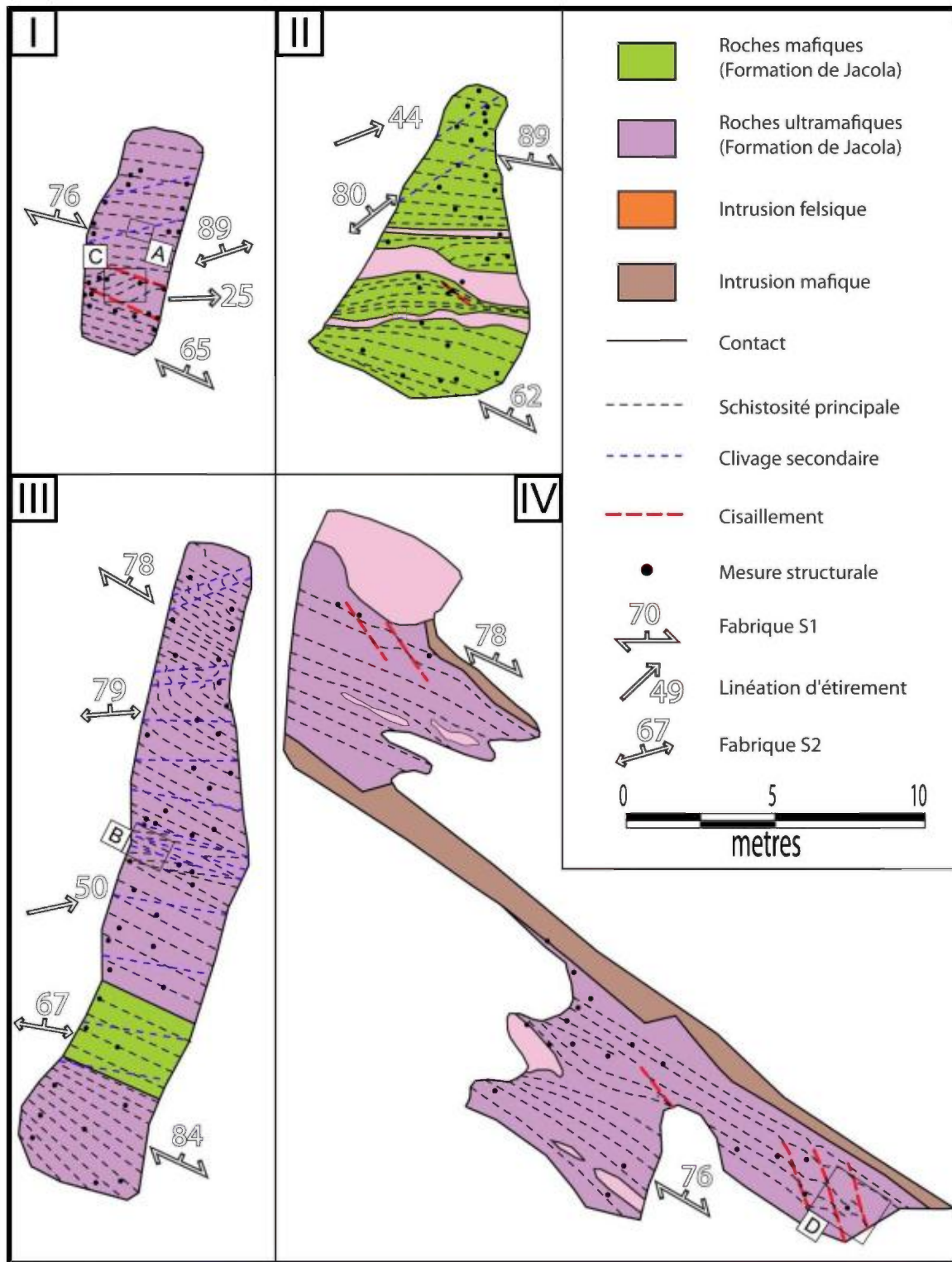


Figure 7.15 : Détail des différentes parties de la tranchée de Norbenite.



Figure 7.16 : Éléments structuraux du site de Norbenite. A) Schistes très bien développés recoupés par un clivage de crénelation Nord-Est associé au décrochement. B) Pli en Z affectant le litage primaire et la fabrique principale subparallèle. Le plan axial est occupé par le clivage Nord-Ouest. C) Relation de type C-S entre la fabrique principale Est-Ouest et un plan de cisaillement Sud-Est, indiquant un mouvement dextre. D) Relation en bandes de cisaillement. Noter la différence d'orientation entre les fabriques principales observées ici et dans la photographie C.

4) Orenada Zone 2 – Segment de Val-d'Or

Ce décapage, situé sur une propriété détenue par Alexandria Minerals Corporation, est localisé dans les roches sédimentaires du Groupe de Cadillac (Figure 7.17). Les lithologies sont constituées de séquences de wackes et de mudrocks intercalées de séquences de conglomérats. La fabrique Sp présente les mêmes caractéristiques qu'à l'échelle du secteur : parallèle au S0, fortement penchée vers le Nord avec une direction Est-Ouest et une linéation d'étirement associée fortement plongeante vers l'Est et le Nord-Est. Cette fabrique est reprise par un clivage de crénulation S2 orientée à environ 250/80. Ce clivage S2 constitue également le plan axial de plis asymétriques en forme de « Z » reprenant S0 et Sp (Figure 7.18a). L'axe de pli associé est très variable. Sa plongée varie de faiblement plongeante vers le Sud-Ouest à moyennement plongeante vers le Nord-Est en passant par une inclinaison subverticale. Au sein des plis P2, la fabrique S2 tend à subir une rotation horaire comme l'indique le changement de son orientation du Sud au Nord.

Deux familles de veines de quartz sont observées sur le décapage. Elles montrent une paragenèse en quartz-tourmaline. La première famille est parallèle à la fabrique S0-Sp et est plissée par les plis P2. Elles sont relativement abondantes à l'échelle du décapage, mais d'une épaisseur le plus souvent faible, d'ordre centimétrique. Contrairement au reste du décapage, la linéation d'étirement mesurée dans les veines est subhorizontale. La seconde famille recoupe la fabrique S0-S1. Elle est le plus souvent observable dans les flancs courts des plis P2.

De nombreux indicateurs de cisaillement sont présents à l'échelle du décapage (Figure 7.18b, c et d). Dans les zones les plus déformées par la fabrique Sp, on observe des fabriques composites de type C-S compatible avec un décrochement dextre. Les plis P2 en « Z » sont compatibles avec un décrochement dextre. La rotation de boudins dans les veines de la première famille, ainsi que les formes en sigma des fragments dans le conglomérat, appuient également ce mouvement.

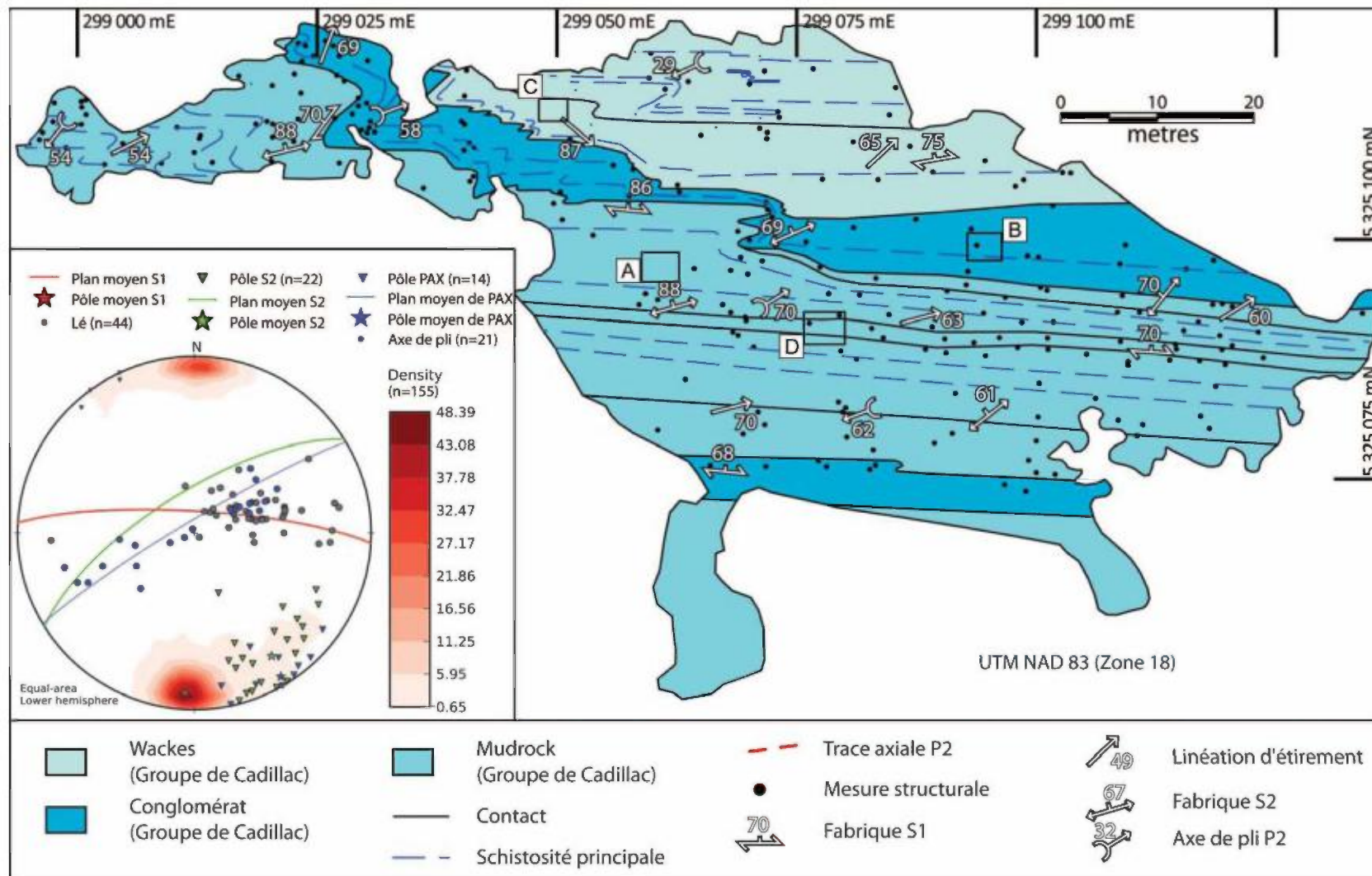


Figure 7.17 : Cartographie détaillée du site d'Orenada Zone 2. La localisation est précisée sur la Figure 7.8.

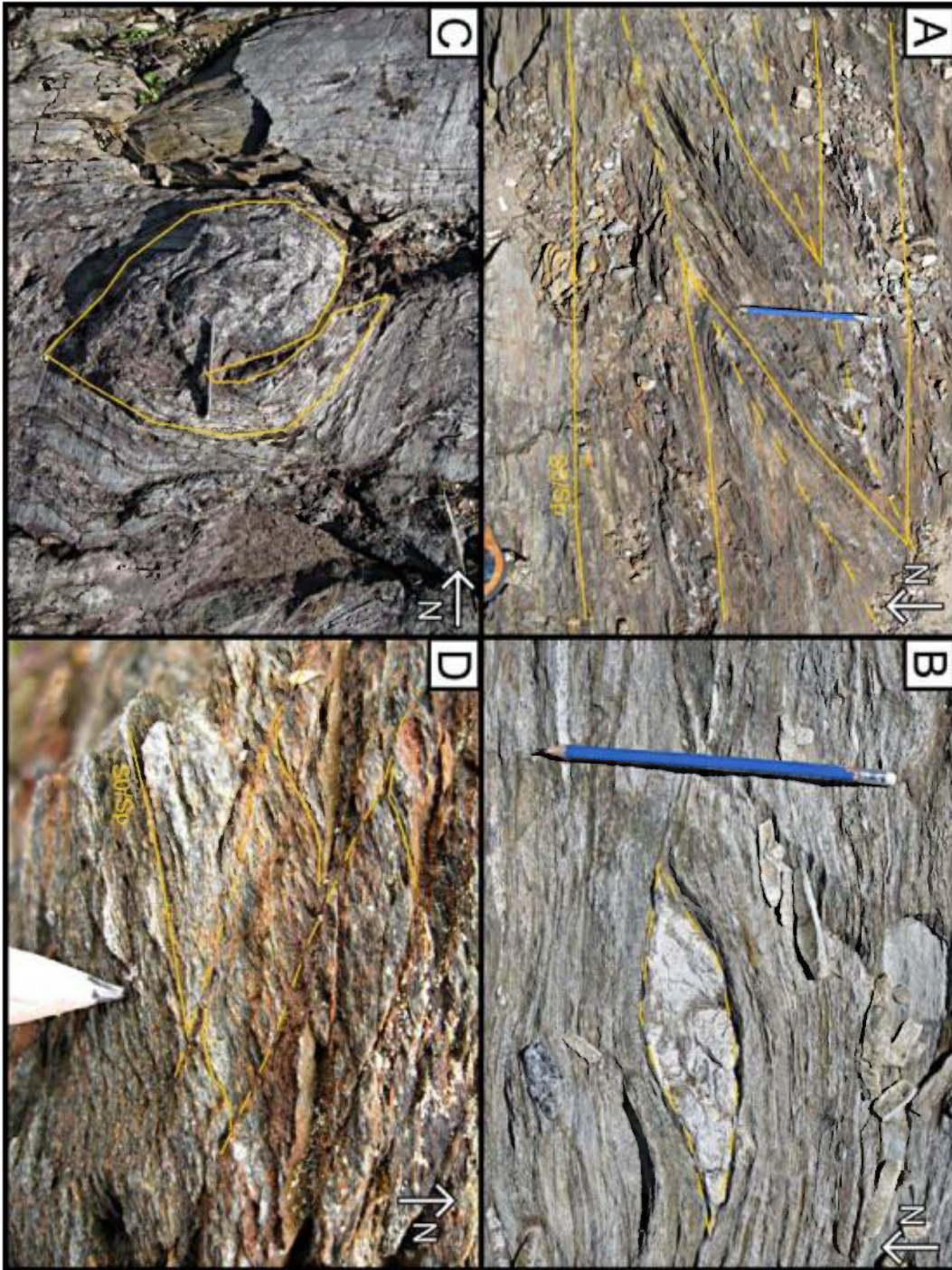


Figure 7.18 : Éléments structuraux du site d'Orenada Zone 2. A) Pli en chevron asymétrique en « Z » reprenant la fabrique principale S_p et associée au clivage Nord-Est. B) Indicateur cinématique dextre sous forme de fragment sigmoïde. C) Veine boudinée, la queue du boudin en rotation horaire indique un mouvement dextre. D) Relation C-S entre la fabrique principale S_p et un plan de cisaillement, indiquant un mouvement dextre.

8. GROUPE DE PICHÉ

Cette partie se destine à établir les caractéristiques qui dominent le Groupe de Piché à l'aide des travaux réalisés dans la présente étude, mais également avec l'appui d'anciens travaux, notamment le travail de maîtrise réalisé par Landry (1991). Cette section aborde d'une part les généralités documentées dans nos travaux de terrain, puis l'aspect géochimique des différentes lithologies du Groupe de Piché.

Répartition des lithologies

En ce qui concerne les lithologies du Groupe de Piché, de la même manière que le style structural de la FC varie en fonction de ses segments, l'épaisseur apparente des unités et l'aspect de la déformation dans le Groupe de Piché varient latéralement selon son extension. Ces différences sont résumées dans le Tableau 8.1 et illustrées dans la Figure 8.1. Elles sont abordées plus en détail ci-dessous.

	Segment Rouyn-Noranda	Segment Joanna-Bousquet	Segment Malartic	Segment Val-d'Or
Forme Épaisseur	<ul style="list-style-type: none"> • Épaisseur constante • Environ 100 m 	<ul style="list-style-type: none"> • Épaisseur variable • Moins de 100 m 	<ul style="list-style-type: none"> • Épaisseur variable • 200 à 800 m 	<ul style="list-style-type: none"> • Écailles • Moins de 100 m
Lithologies dominantes	<ul style="list-style-type: none"> • Komatiites • Basaltes komatiitiques • Volcanoclastites 	<ul style="list-style-type: none"> • Andésites • Basaltes 	<ul style="list-style-type: none"> • Basaltes • Komatiites • Andésites • Volcanoclastites 	<ul style="list-style-type: none"> • Komatiites
Polarité	Inconnue	• Polarité Nord	• Polarité Nord	Inconnue
Contact Nord	• Contact pseudo-concordant	• Contact pseudo-concordant	• Contact pseudo-concordant	• Écailles isolées

Tableau 8.1 : Caractéristiques du Groupe de Piché en fonction des segments régionaux.

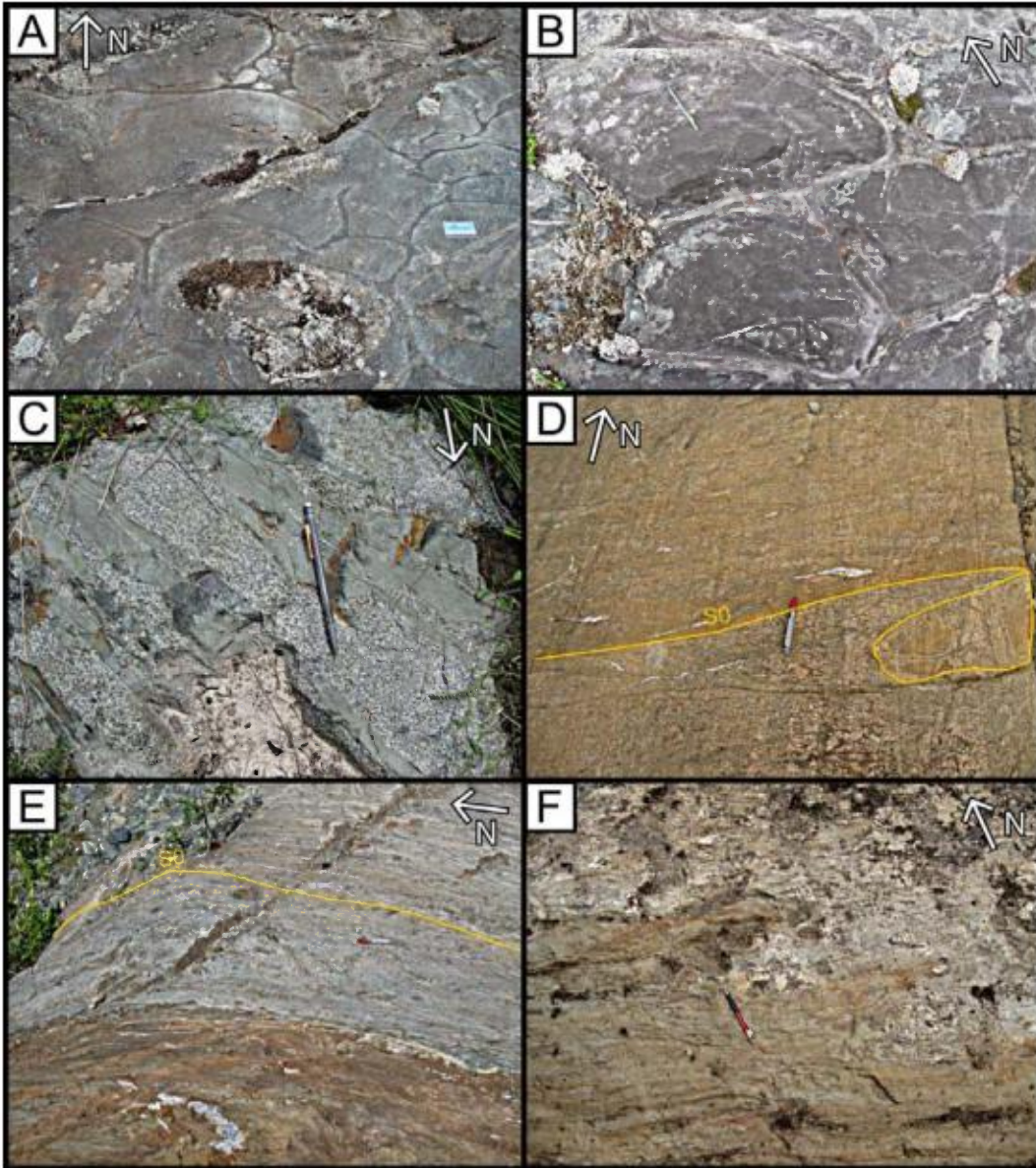


Figure 8.1 : Caractéristiques du Groupe de Piché. A) Andésite en coussins. Segment de Joanna-Bousquet. B) Basalte en coussins indiquant une polarité Nord. Segment de Malartic. C) Injections de gabbro dans une coulée de basalte massive. Segment de Malartic. D) Contact entre deux coulées ultramafiques. Noter la partie massive de la coulée à droite. Segment de Rouyn-Noranda. E) Contact entre le Groupe de Piché et la Formation de Labrière. Segment de Rouyn-Noranda. F) Contact transposé entre le Groupe de Piché et le Groupe de Cadillac. Segment de Malartic.

Segment de Rouyn-Noranda.

Le Groupe de Piché est ici représenté par des roches majoritairement ultramafiques (komatiites) montrant des faciès massifs. Sont également présentes en moindre quantité

des roches mafiques, mais aussi des volcanoclastites. Des intrusions mafiques sont également observées au sein des roches ultramafiques. L'épaisseur de ce groupe est relativement constante, soit environ 100 m. Cependant, les lithologies n'ont pas une continuité latérale prononcée puisque dans le secteur d'Astoria, le contact Nord du Groupe de Piché expose des roches mafiques et volcanoclastites immédiatement au contact de la Formation de Labrière tandis qu'à l'ouest du segment, la totalité du Groupe de Piché exposé ne présente que des roches ultramafiques au contact de la Formation de Labrière. Les roches sont invariablement moyennement à très fortement déformées, possédant parfois un aspect folié, mais principalement schisteux. Bien que des faciès mafiques et ultramafiques soient reconnaissables, aucune polarité n'a pu être déterminée dans les volcanites.

Segment de Bousquet

Le Groupe de Piché est très peu affleurant dans ce segment. Les observations sont basées essentiellement sur deux décapages étudiés par Landry (1991), exposant le contact Nord du Groupe de Piché avec le Groupe de Cadillac. Deux autres affleurements sont également situés dans ce groupe. Les lithologies dominantes vont des andésites basaltiques aux basaltes. Sur les deux décapages, la déformation apparente est très faible. Les faciès volcaniques sont très bien préservés et il est possible de déduire une polarité vers le Nord. Sur les deux autres affleurements, la déformation est plus prononcée, les basaltes présentent une foliation très bien développée. Malgré l'absence de suffisamment de stations d'observation, l'épaisseur du Groupe de Piché est estimée ici à moins de 100 m. Le levé aéromagnétique de ce secteur suggère d'ailleurs une unité continue d'une épaisseur beaucoup moins importante que dans les autres secteurs.

Segment de Malartic

Dans ce segment, le Groupe de Piché a une épaisseur très variable, allant de 200 m à plus de 800 m. Ce groupe peut être divisé ici en deux grands ensembles : une partie constituée de roches ultramafiques au contact du Groupe de Pontiac; et une partie formée d'un ensemble de roches basaltiques et d'intrusions de composition mafique situées dans la partie Nord du Groupe, au contact du Groupe de Cadillac. Les roches ultramafiques

tendent à disparaître vers l'Ouest à proximité de la FC, mais restent présentes en direction du segment de Val-d'Or. Dans l'ouest du segment, l'ensemble mafique incorpore également des roches de composition plus andésitiques et des niveaux volcanoclastiques. Par contre, dans l'est du segment, les unités mafiques tendent à disparaître. L'intensité de la déformation est extrêmement variable. Les zones les plus déformées ne permettent que la supposition de la lithologie primaire et sont globalement associées aux contacts Nord et Sud du Groupe de Piché, mais également aux unités ultramafiques qui sont transformées en schistes à talc. Les unités mafiques présentent quant à elles des aspects totalement frais, incluant des faciès de coussins indiquant une polarité vers le Nord. Il est à noter que les roches les moins déformées ont été observées au cœur du Groupe de Piché, laissant supposé que la déformation ait tendance à se concentrer davantage sur les bordures de ce groupe.

Segment de Val-d'Or

Aucune station d'observation n'a permis de reconnaître en surface le Groupe de Piché dans ce secteur même si sa présence est relativement bien délimitée par les levés aéromagnétiques. Basé sur l'observation et l'échantillonnage de plusieurs carottes de forage aimablement fournies par Alexandria Minerals Corporation, on peut estimer avec un bon degré de confiance que le Groupe de Piché est formé essentiellement de roches ultramafiques accompagnées de roches mafiques et felsiques. Ces roches forment des écailles plutôt qu'une unité continue. L'épaisseur de ces écailles est inférieure à 100 m. Dans tous les forages observés, les roches présentent toujours un aspect schisteux avec aucun protolithe non-altéré préservé.

Groupe de Piché à la mine Pan Canadian

Ce décapage (Nieminen, 1994), situé à proximité de la mine abandonnée Pan Canadian, expose une section des lithologies présente dans le Groupe de Piché (Figure 8.2). Les lithologies sont variées, une part importante étant représentée par des roches basaltiques coussinées (Figure 8.3a) et bréchiques (Figure 8.3b) ainsi que par une intrusion gabbroïque sub-concordante avec le litage primaire. Le litage est orienté vers le Sud-Est. Des volcanoclastites intermédiaires sont également présentes en alternance avec les

basaltes. L'identification de bandes de volcanoclastites au Nord-Est du décapage est discutable et pourrait être interprétée comme un filon-couche de composition felsique avec une apparence en bandes pouvant être héritée de la déformation. Un granoclassement normal dans certaines couches permet d'identifier une polarité vers le Nord-Est (Figure 8.3c). Les basaltes sont trop déformés pour déterminer un sens de polarité.

Les roches volcaniques sont affectées par une fabrique pénétrative subparallèle au litage primaire avec un fort pendage vers le Sud-Ouest. Cette foliation varie en intensité : dans les basaltes l'aspect est schisteux, tandis que dans les volcanoclastites elle apparaît subtilement comme aplatissement des fragments. Le gabbro est de façon générale frais et non déformé. Cependant, une zone de cisaillement d'environ 5 mètres de large recoupe l'intrusion avec une orientation parallèle à celle de la foliation (Figure 8.3d). Dans cette zone de cisaillement, plusieurs bandes de cisaillement SSE entraînent la foliation. Cette relation indique un mouvement dextre le long de la zone de cisaillement, compatible avec l'épisode de raccourcissement ou encore de décrochement dextre tardif. La linéation d'étirement mesurée dans le plan de foliation est modérément plongeante vers le Sud-Est et est donc similaire au comportement de la linéation d'étirement dans le reste du segment de Malartic.

Plusieurs types de veines à quartz-tourmaline sont présents sur la tranchée. D'après les travaux de prospection publiés par Nieminen (1994), ces veines ont une signature sub-économique en or. Le premier type de veine, au Nord, est en échelon dans une surface enveloppe subparallèle à la foliation. Les veines elles-mêmes sont orientées Est-Ouest. La seconde famille est constituée d'une seule veine plissée à l'échelle du décapage. Elle est essentiellement visible dans la partie Nord de l'intrusion mafique et le plan axial du pli correspond à l'orientation de la foliation. Le dernier type correspond à un mode en cisaillement. Il s'agit d'un ensemble de veines boudinées, associées spatialement et parallèlement à la zone de cisaillement.

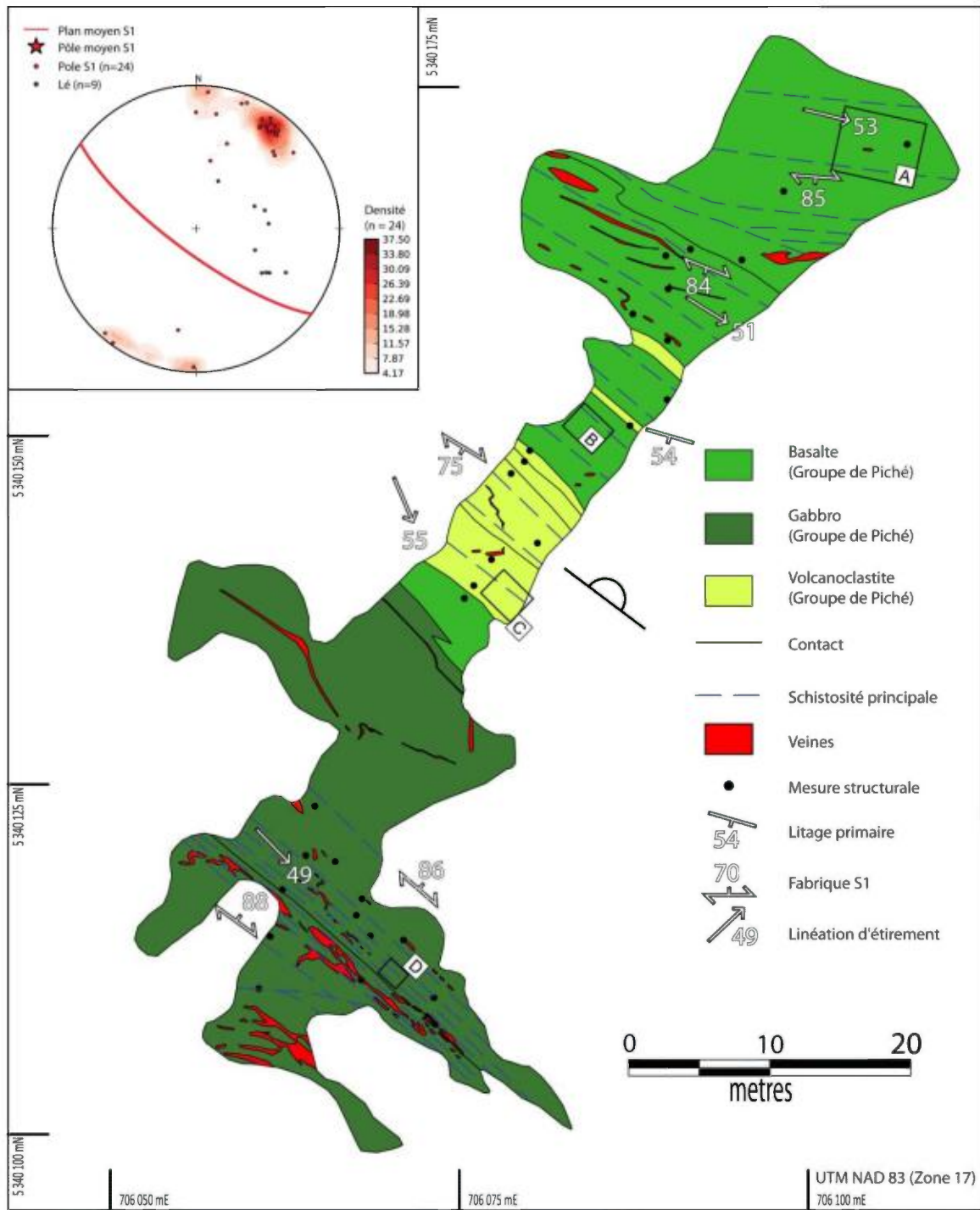


Figure 8.2 : Cartographie détaillée du site de Pan Canadian (modifiée de Nieminen, 1994). La localisation est précisée sur la Figure 7.5.

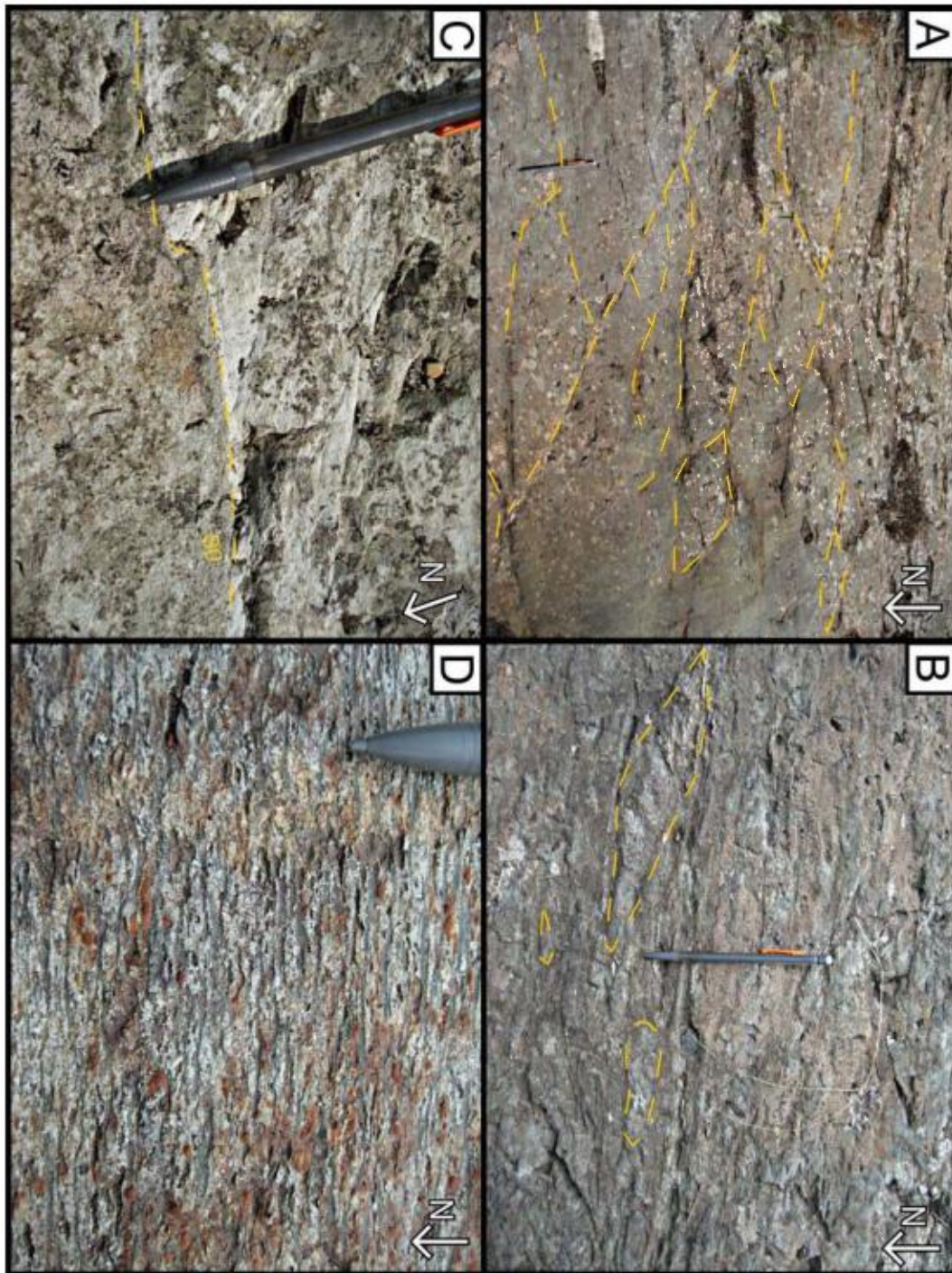


Figure 8.3 : Caractéristiques lithologiques du site de Pan Canadian. A) Basaltes en coussins aplatis selon la fabrique principale. B) Basalte à fragments. C) Volcanoclastites intermédiaires à felsiques avec granoclassement indiquant une polarité vers le Nord. D) Gabbro mylonitisé à proximité de la zone de déformation

Analyses lithogéochimiques

Cette partie présente la signature géochimique des roches du Groupe de Piché. Aux roches prélevées directement dans le Groupe de Piché, quatre échantillons issus de la Formation de McWatters ainsi que trois échantillons de roches volcaniques du Groupe de Pontiac ont été ajoutés pour des fins de comparaison.

Les roches du Groupes de Piché souffrent de manière générale de la forte altération hydrothermale liée à la Faille de Cadillac, rendant difficile le traitement géochimique. Cette difficulté est d'autant plus développée dans les roches ultramafiques qui constituent une partie importante des lithologies échantillonnées dans le Groupe de Piché et qui sont en particulier très affectées par ce processus. Pour pallier à cette problématique, l'emphase a été portée sur l'utilisation des éléments-traces et des Terres Rares, lesquels sont relativement moins mobiles à l'altération hydrothermale que les éléments majeurs. De plus, la méthode des précurseurs de Trépanier (2011) intégrée au logiciel Lithomodeleur a été utilisée pour estimer les compositions des protolithes dont sont issues les roches analysées. Cette méthode se base sur les ratios entre les éléments désignés comme étant immobiles (Al, Zr, Ti; voir MacLean et Barrett, 1993) pour prédire la composition initiale en éléments majeurs. La Figure 8.4 illustre la distribution des échantillons en fonctions de leurs teneurs en éléments immobiles. Les résultats sont présentés ci-dessous en conservant la présentation par segment pour souligner les différences entre eux.

Il est à noter que les anomalies sont quantifiées à l'aide de formules. La mention « N » en indice de la formule indique que chacune des variables de la formule est normalisée selon les valeurs de leurs élément respectif donné par McDonough et Sun (1995).

Segment de Rouyn-Noranda

À l'exception d'un échantillon mafique, toutes les roches analysées dans ce segment sont interprétées comme des roches komatiitiques. L'autre échantillon est désigné comme une andésite en se basant sur les diagrammes de Lebas et de Winchester (Figure 8.5a et b). Par contre, ce même échantillon est situé dans le champ des basaltes komatiitiques d'après le diagramme de Jensen (Figure 8.6) tandis que les roches ultramafiques ont une

composition komatiitiques. L'échantillon mafique appartient à une suite magmatique transitionnelle d'après les diagrammes de Ross et Bédard (2009) (Figure 8.7 et Figure 8.8). Les roches ultramafiques définissent également une suite magmatique tholéiitique.

À la Figure 8.9 présentant les diagrammes de Terres Rares pour ces échantillons, les roches ultramafiques possèdent un spectre plat, voire négatif (ratio $(La/Yb)_N$ compris entre 0.59 et 2.45 avec une moyenne de 1.07). Cette signature est typique des roches ultramafiques. Une anomalie positive en europium est relevée dans 4 échantillons ($(Eu/(Sm/2+Gd/2))_N$ de 1.59 au maximum). L'échantillon mafique a ici également une signature compatible avec une suite magmatique calco-alcaline, avec un ratio de pente $(La/Yb)_N$ de 5.13. Le diagramme d'éléments traces (Figure 8.10) appuie ces tendances de spectre. L'échantillon mafique ainsi qu'au moins deux échantillons de composition ultramafiques présentent des anomalies négatives en Ta (ratio $(Ta/Ce)_N$ compris entre 0.27 et 0.59). L'échantillon mafique possède également une forte anomalie négative en Nb (ratio $(Nb/Ce)_N$ de 0.36).

Le fait que les roches ultramafiques n'ont pas nécessairement d'anomalie positive en europium peut suggérer que plusieurs faciès sont présents dans ces roches volcaniques. Par exemple, l'une peut incorporer beaucoup de plagioclase et donc d'europium tandis qu'une autre roche issue d'un magma appauvri en europium dû à la cristallisation de plagioclase sera appauvri en cet élément. Cependant, les anomalies en europium peuvent également être l'effet d'une altération hydrothermale. L'échantillon mafique pose problème quant à sa désignation, puisqu'il paraît improbable qu'un basalte komatiitique appartienne à une suite magmatique calco-alcaline. Comme les éléments traces et de Terres Rares sont moins mobiles que les éléments majeurs, il est plus probable que cette roche soit de composition andésitique.

Segment de Bousquet

Les échantillons provenant de ce segment sont désignés d'après les Figure 8.5a et b comme des andésites et des andésites basaltiques. Par contre, d'après les diagrammes de Jensen et AFM (Figure 8.6a et b), les échantillons sont situés dans les champs des basaltes tholéiitiques et calco-alcalins. Dans le diagramme de discrimination magmatique

de Ross et Bédard (Figure 8.7a et Figure 8.8a), les échantillons définissent des suites calco-alcalines et tholéitiques (Figure 8.7b et Figure 8.8b). Le diagramme AFM donne une interprétation similaire. Par contre, dans le diagramme de discrimination de Pearce (Figure 8.7c et Figure 8.8c), deux échantillons se situent dans le champ transitionnel plutôt que celui tholéitique.

Le diagramme de Terres Rares (Figure 8.9) reflète également cette répartition bimodale des échantillons entre les champs calco-alcalins (4 échantillons avec une pente moyenne de $(La/Yb)_N = 7.37$) et tholéitiques (4 échantillons avec une pente moyenne de $(La/Yb)_N = 1.21$). Les échantillons calco-alcalin présentent une faible anomalie négative en Eu ($(Eu/(Sm/2+Gd/2))_N$ de 0.83 en moyenne). Dans le diagramme d'éléments traces (Figure 8.10), ces échantillons ont des fortes anomalies négatives en Nb, Ta et Ti (ratio $(Ta/Ce)_N$ compris entre 0.41 et 0.51, ratio $(Nb/Ce)_N$ compris entre 0.29 et 0.32 et ratio $(Ti/Gd)_N$ compris entre 0.77 et 0.82). Trois échantillons se situant dans le domaine tholéitique ont une faible anomalie négative en Nb (ratio $(Nb/Ce)_N$ compris entre 0.68 et 0.80).

Inflexion entre les segments de Bousquet et Malartic

Deux échantillons ont été prélevés à la jonction entre les segments de Malartic et de Bousquet et à ce titre sont décrits à part des autres échantillons provenant de l'un de ces deux segments. D'après les diagrammes de la Figure 8.5, il s'agit d'une roche basaltique et d'une roche andésitique. Par contre, d'après la Figure 8.6, il s'agirait plutôt de basaltes magnésiens tholéitiques. Les diagrammes de discrimination de la Figure 8.7 et de la Figure 8.8 concordent tous et indiquent une suite tholéitique pour ces échantillons.

Le spectre de terres rares est relativement plat dans les deux cas (Figure 8.9, $(La/Yb)_N = 1.5$ et 0.78). Néanmoins, l'andésite basaltique semble présenter une anomalie positive en La, puisque les autres éléments des Terres Rares Légères ne présentent pas de valeurs anormales. D'après la Figure 8.10, les deux échantillons ont de fortes anomalies négatives en Nb, mais pas en Ta ($(Nb/Ce)_N$ de 0.74 et 0.54). L'andésite possède également une anomalie négative en Ti ($(Ti/Gd)_N = 0.91$).

Segment de Malartic

D'après la Figure 8.5 et la Figure 8.6, la majorité des échantillons de ce segment correspondent soit à des roches ultramafiques (36 échantillons), soit à des roches andésitiques à basaltiques (24 échantillons). Deux échantillons sont identifiés comme des rhyolites et un dernier comme une dacite. D'après les diagrammes de discrimination (Figure 8.7 et Figure 8.8), les échantillons mafiques et ultramafiques sont essentiellement tholéiitiques à transitionnels tandis que les échantillons de rhyolite, de dacite ainsi que 3 autres échantillons mafiques sont calco-alcalin.

Dans la figure (Figure 8.9), les spectres de Terres Rares confirment également cette répartition des échantillons majoritairement tholéiitiques, lesquels montrent un spectre plat tandis que les 4 échantillons calco-alcalins ont une pente positive, $((La/Yb)_N)$ variant de 5.00 à 21.6. D'après le diagramme d'éléments traces (Figure 8.10), les échantillons présentent des anomalies très variables négatives ou positives en Nb et Ta. Ces anomalies sont négatives pour les roches mafiques à felsiques, $((Nb/Ce)_N)$ allant de 0.16 à 0.81) tandis que dans le cas des roches ultramafiques elles sont plutôt positives ($(Nb/Ce)_N$ variant 1.21 à 12.51), quoique 5 échantillons présentent des anomalies négatives (0.26 à 0.88) Les roches ultramafiques ont également des anomalies variables en Eu ($((Eu/(Sm/2+Gd/2))_N)$ compris entre 0.72 et 3.74). Les échantillons calco-alcalins ont également des anomalies négatives en Ti ($(Ti/Gd)_N$ compris entre 0.41 et 0.79) et un plateau pour les éléments Zr et Hf.

Segment de Val-d'Or

Six échantillons issus de ce segment représentent des roches ultramafiques, un autre une dacite et un dernier une andésite (Figure 8.5 et Figure 8.6). D'après la Figure 8.7 et Figure 8.8, les deux roches intermédiaires définissent une suite magmatique calco-alcaline tandis que les roches ultramafiques sont tholéiitiques.

Cette tendance est également observée dans la Figure 8.9, où les roches intermédiaires ont un spectre à pente élevée ($(La/Yb)_N$ de 4.22 et 4.73) tandis que les roches ultramafiques ont un spectre plat ($(La/Yb)_N$ variant entre 0.83 et 1.06). Les spectres d'éléments traces (Figure 8.10) illustrent des anomalies positives systématiques en Nb et Ta dans le cas des roches ultramafiques ($(Nb/Ce)_N$ variant 2.57 à 4.20) associées dans 4

cas à des anomalies positives en Ti ($(\text{Ti}/\text{Gd})_N$ de 1.75 à 2.75). Par contre, les roches intermédiaires suggèrent une anomalie négative en Nb et Ta ($(\text{Nb}/\text{Ce})_N$ de 0.60 et 0.68).

Formation de McWatters

Les échantillons prélevés dans cette bande de roches sont identifiés comme des dacites et une andésite d'après la Figure 8.5. D'après la Figure 8.6a, il s'agirait plutôt d'andésite et d'un basalte. Les diagrammes de discrimination de la Figure 8.7 indiquent que les dacites sont calco-alcalines tandis que l'andésite est tholéiitique.

Dans la Figure 8.9, l'andésite possède un spectre plat ($(\text{La}/\text{Yb})_N$ de 0.91) avec une faible anomalie négative en Eu ($((\text{Eu}/(\text{Sm}/2+\text{Gd}/2))_N = 0.79)$) tandis que les dacites ont des pentes très inclinées ($(\text{La}/\text{Yb})_N$ variant entre 4.41 et 17.72). D'après la Figure 8.10, les dacites ont de fortes anomalies négatives en Nb et Ta ($(\text{Nb}/\text{Ce})_N$ de 0.17 et 0.35) et une faible anomalie en Ti ($(\text{Ti}/\text{Gd})_N$ de 0.57 et 0.84). L'andésite présente également une anomalie en Ti ($(\text{Ti}/\text{Gd})_N$ de 0.73) mais pas en Nb et Ta.

Groupe de Pontiac

Sur les 4 échantillons de roches volcaniques prélevées dans le Groupe de Pontiac, 2 d'entre eux sont identifiés comme des roches ultramafiques. Un autre est caractérisé comme un basalte et le dernier comme une andésite basaltique (Figure 8.5). Par contre, d'après le diagramme de Jensen (Figure 8.6), il s'agirait plutôt de basaltes komatiitiques. Les diagrammes de discrimination de la Figure 8.7 indiquent que les 4 échantillons appartiennent à une suite tholéiitique.

Dans la Figure 8.9, le spectre de Terres Rares de l'andésite basaltique est plat ($(\text{La}/\text{Yb})_N$ de 0.89) tandis qu'il est incliné vers les éléments plus légers pour les autres échantillons ($(\text{La}/\text{Yb})_N$ de 0.46 à 0.54). L'un des échantillons de composition ultramafique présente une faible anomalie en Eu ($((\text{Eu}/(\text{Sm}/2+\text{Gd}/2))_N = 0.46)$). Ce même échantillon présente une anomalie positive en Ta ($(\text{Ta}/\text{Ce})_N = 1.92$) et en Ti ($(\text{Ti}/\text{Gd})_N$ de 0.16).

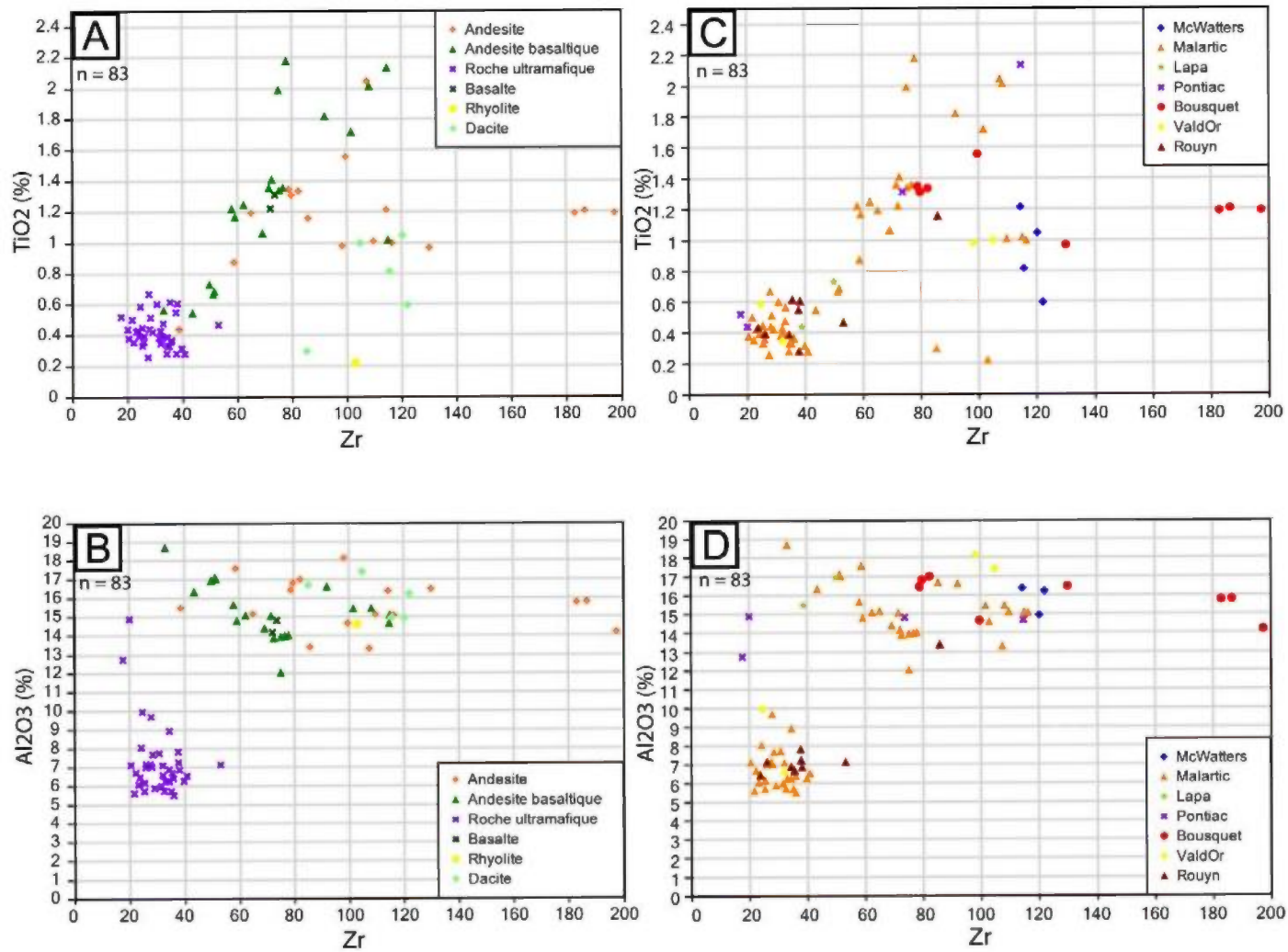


Figure 8.4 : Distribution des échantillons en fonction des éléments immobiles illustrant les variations en fonction du type de lithologie (A et B) et de l'origine (C et D).

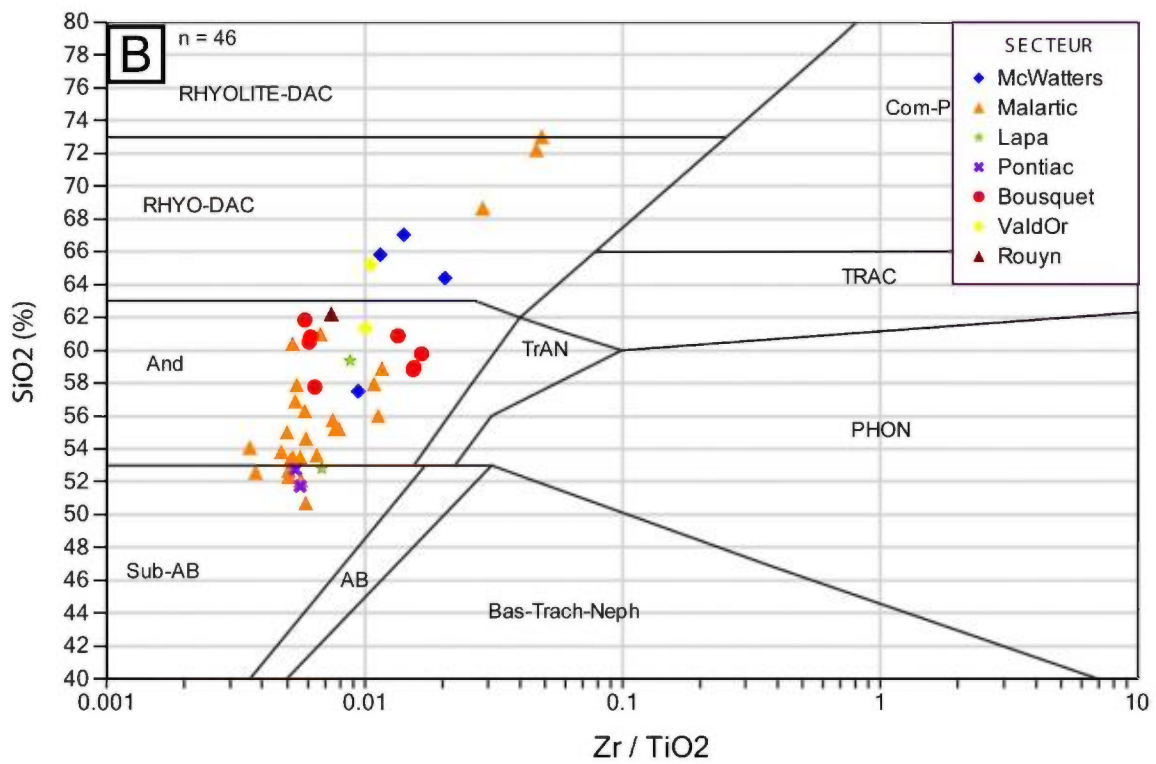
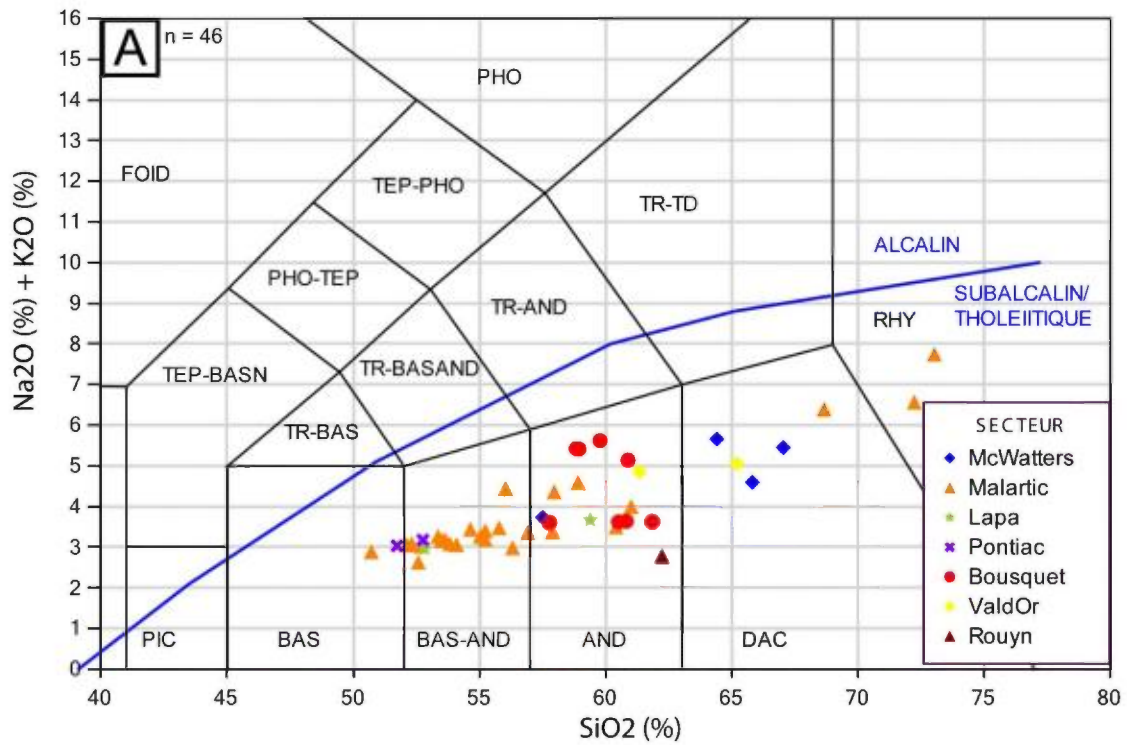


Figure 8.5 : Classification des roches du Groupe de Piché. A) Diagramme de Le Bas et al. (1986). B) Diagramme de Winchester et Floyd (1977).

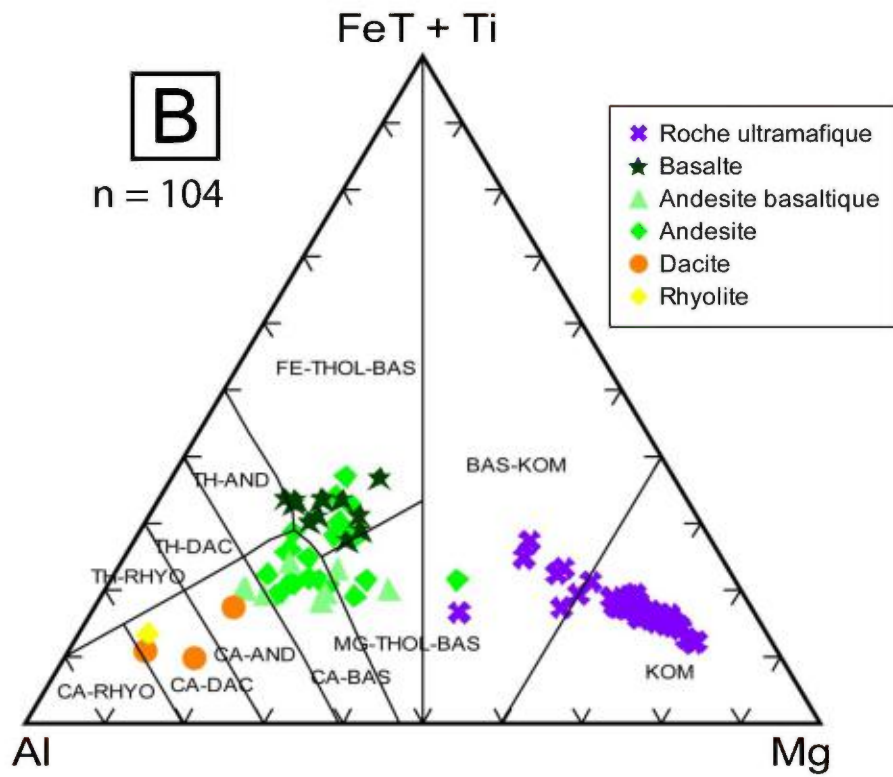
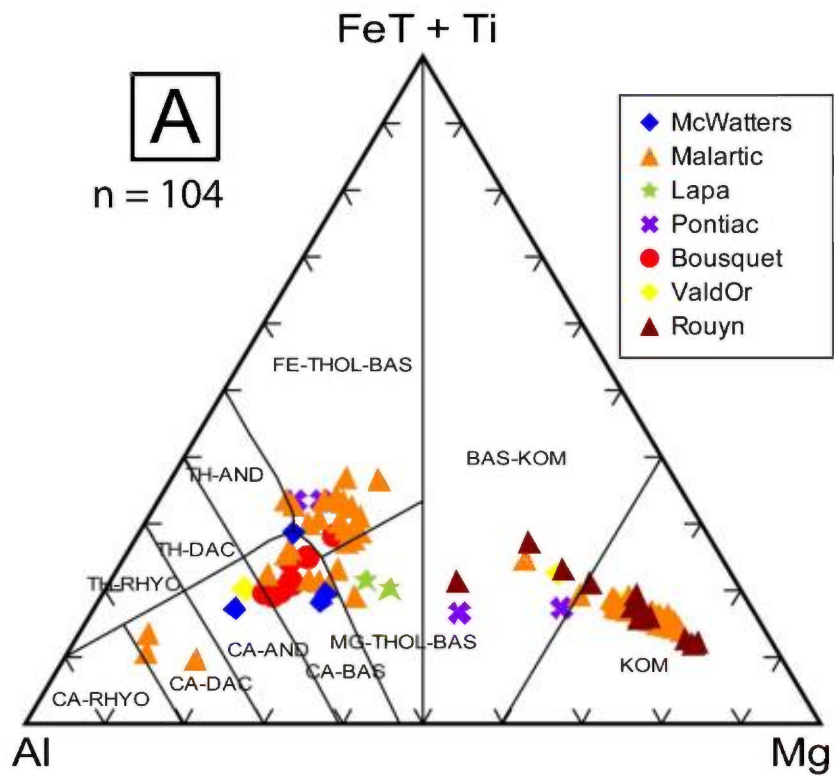


Figure 8.6 : Diagrammes cationique de Jensen (1976). A) En fonction de la provenance. B) En fonction de la lithologie.

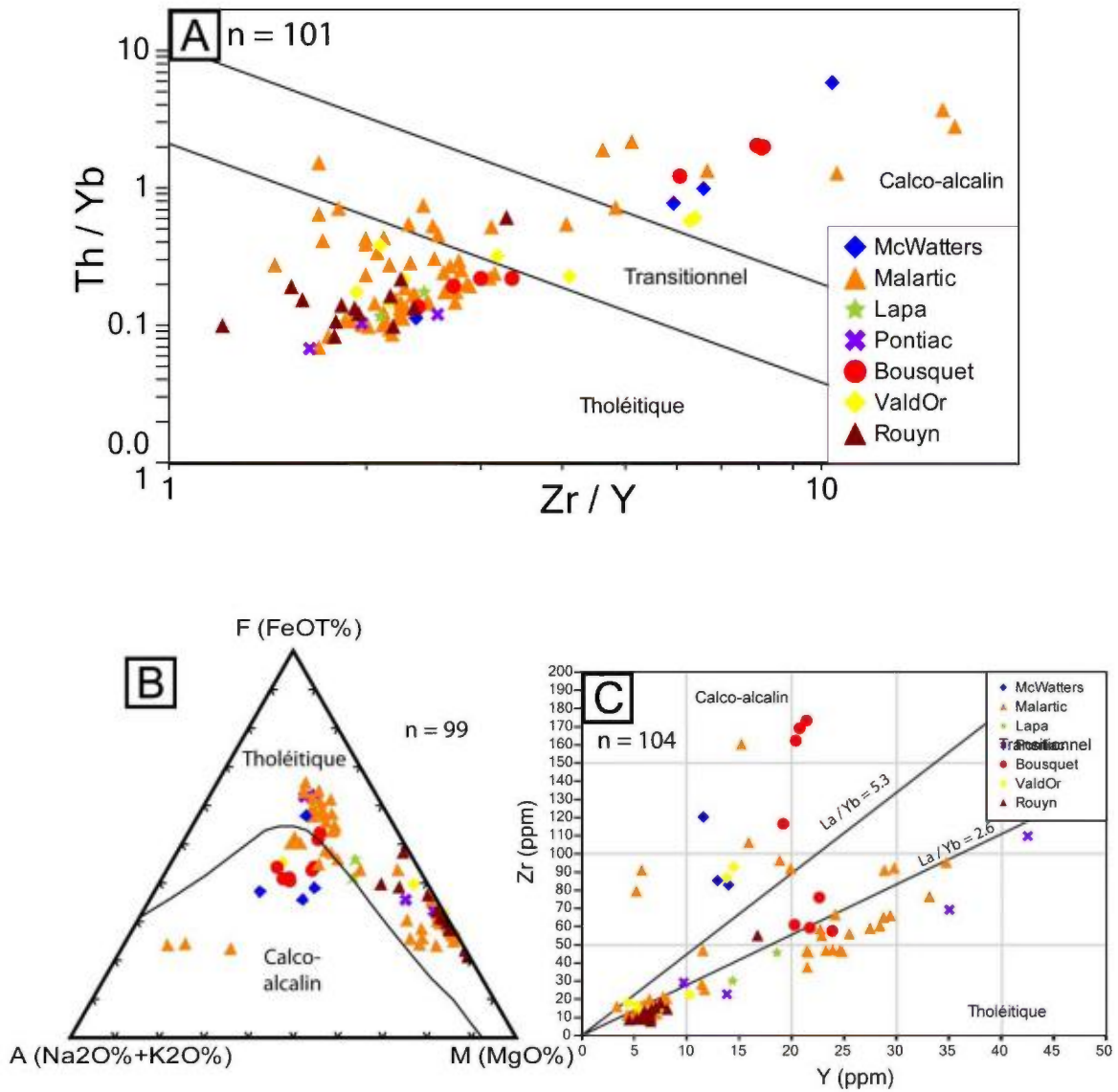


Figure 8.7 : Discrimination magmatique des roches du Groupe de Piché en fonction de leur provenance. A) Diagramme Zr/Y vs Th/Yb (Ross et Bédard, 2009). B) Diagramme AFM (Irvine et Baragar, 1971). C) Diagramme Zr vs Y (Ross et Bédard, 2009).

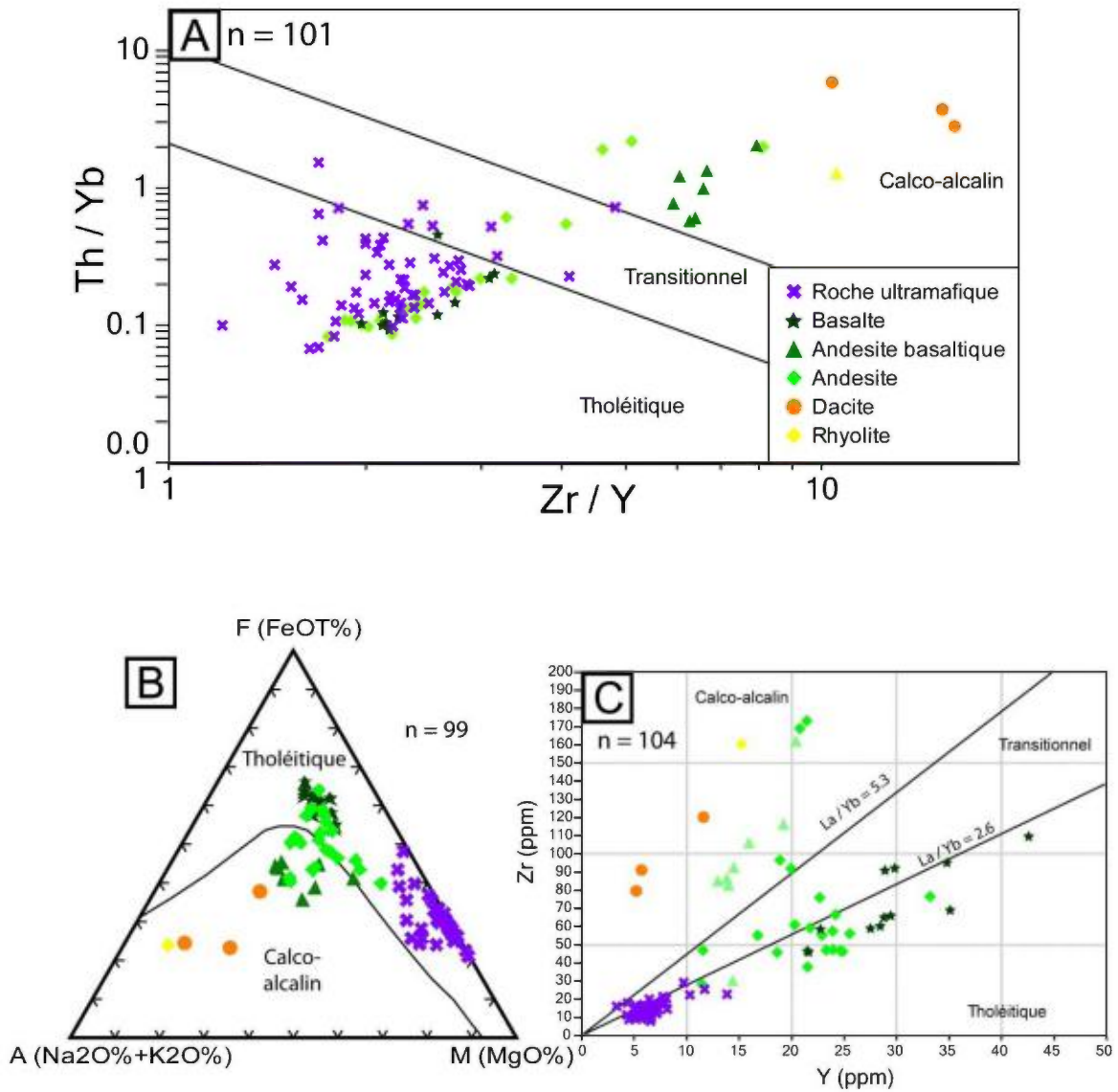


Figure 8.8 : Discrimination magmatique des roches du Groupe de Piché en fonction de leur lithologie. A) Diagramme Zr/Y vs Th/Yb (Ross et Bédard, 2009). B) Diagramme AFM (Irvine et Baragar, 1971). C) Diagramme Zr vs Y (Ross et Bédard, 2009).

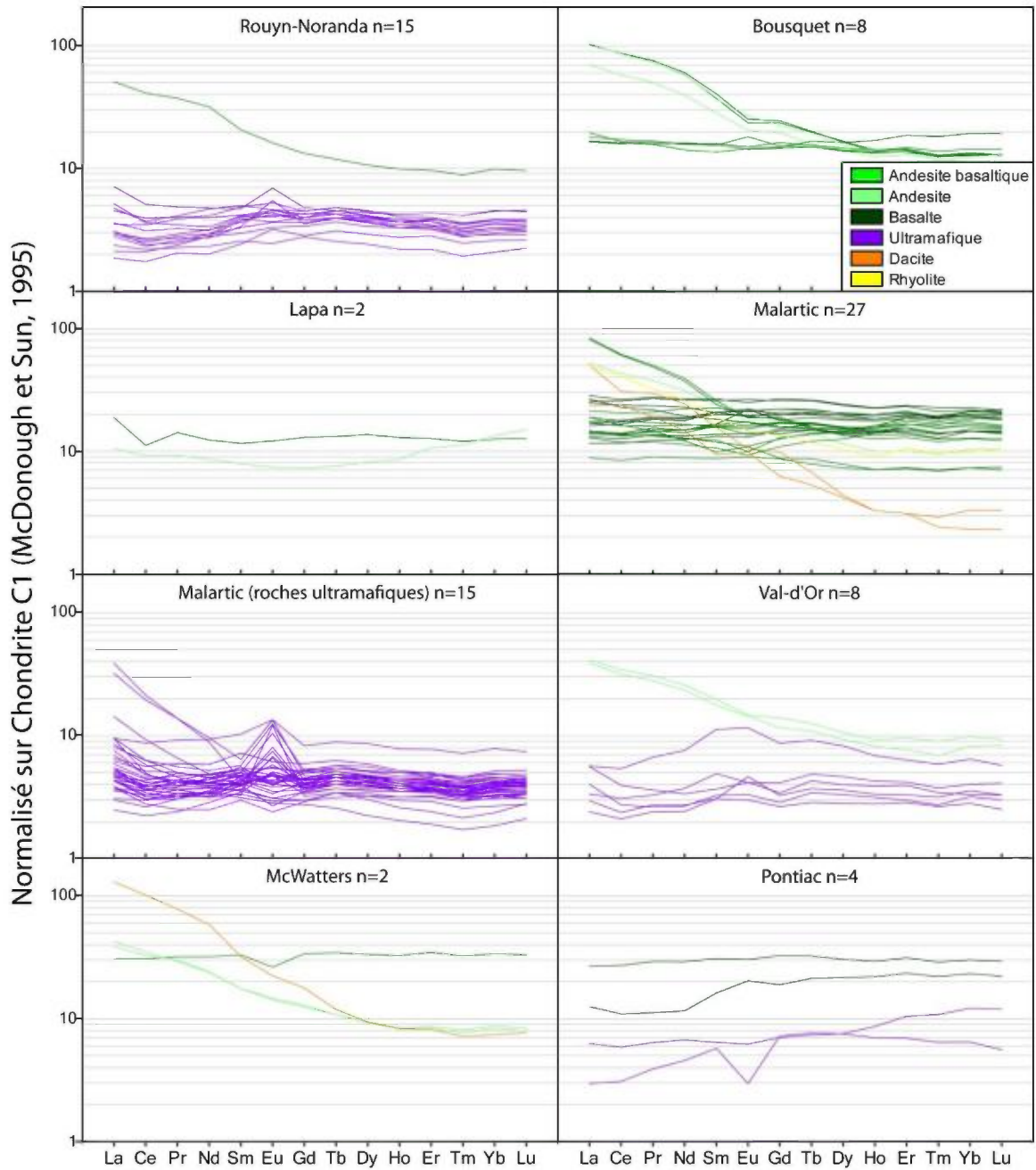


Figure 8.9A : Diagrammes de Terres Rares des différentes lithologies du Groupe de Piché.

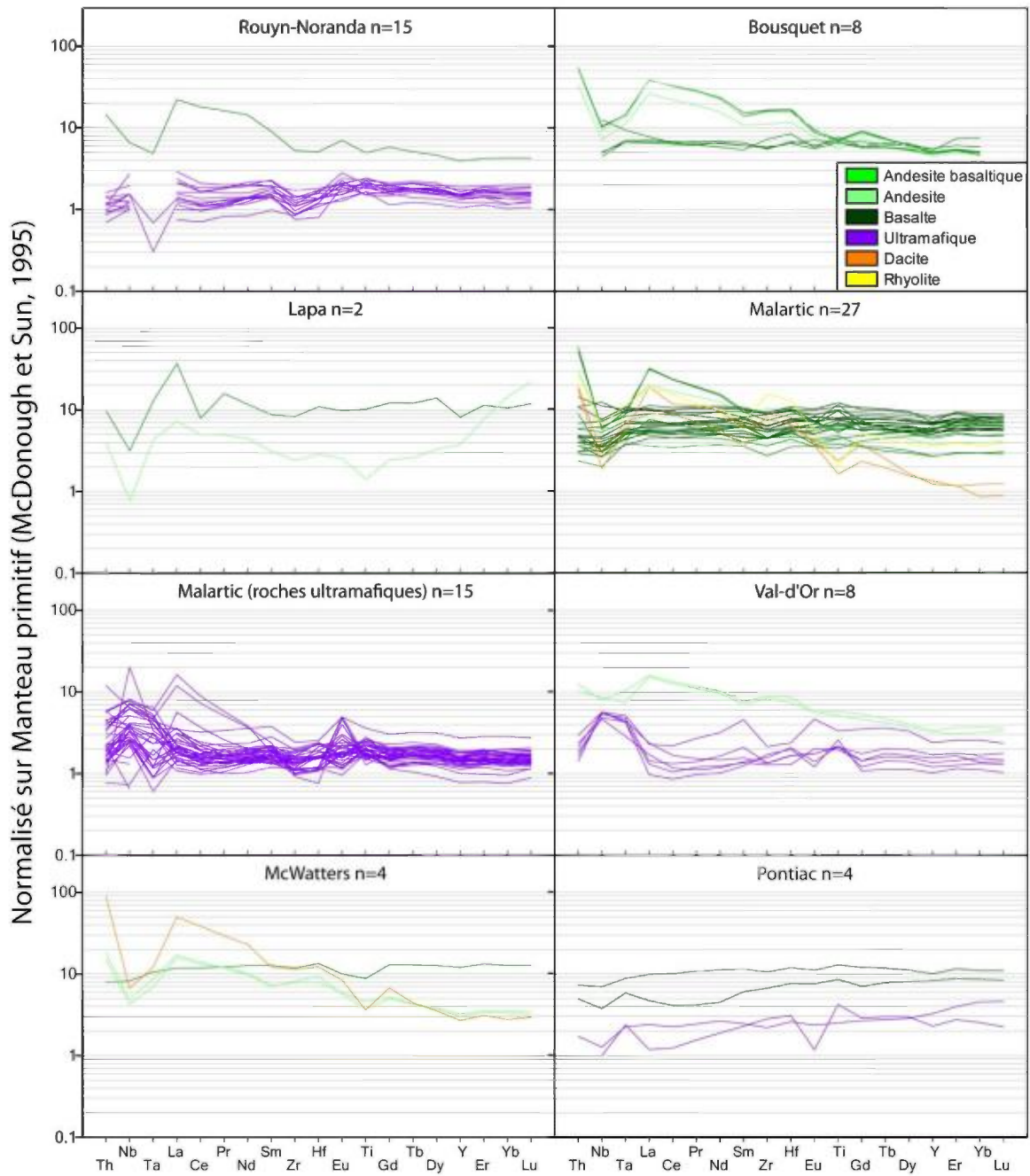


Figure 8.10A : Diagrammes d'éléments traces des différentes lithologies du Groupe de Piché.

9. DISCUSSION ET CONCLUSION

Évolution structurale de la FC

Comme décrit précédemment, plusieurs grands constats ont été établis et/ou confirmés sur l'histoire de la déformation :

1. La FC a une histoire structurale polyphasée. Quatre épisodes de déformation sont documentés en ordre chronologique : 1) raccourcissement Nord-Sud, 2) extension, 3) raccourcissement apparent NO-SE et 4) décrochement dextre tardif.
2. La FC peut être découpée en quatre segments régionaux possédant des styles de déformation différents.
3. L'expression de chacun de ces épisodes de déformation varie selon le segment observé. Dans le cas de l'extension et du raccourcissement NO-SE, ils ne sont pas visibles dans les segments de Malartic et de Val-d'Or.

Ce cloisonnement de la déformation (« *deformation partitioning* »), autant dans le temps que dans l'espace, suggère que la FC, bien que représentant maintenant une seule large structure montrant une certaine continuité physique, a pu par le passé être constituée d'un ensemble de structures ponctuelles d'origines et de caractéristiques différentes. Les arguments appuyant cette hypothèse sont :

1. L'orientation distincte et variable dans l'espace (direction et pendage) du plan de faille principal, dépendamment des segments,
2. Les groupes stratigraphiques adjacents à la FC autant au Nord qu'au Sud diffèrent selon les secteurs,
3. Le comportement de la linéation d'étirement s'avère distinct pour chaque segment.

Par ailleurs, cette segmentation est également reflétée par les ruptures présentes le long du tracé de la FC : la Faille de Davidson, la flexure de Lapa et la jonction de la Faille de Parfouru avec la FC.

Cependant, l'épisode de décrochement tardif est l'événement de déformation qui est représenté dans chaque segment de façon similaire. Ceci suggère que ce dernier événement est critique dans la liaison des différents segments en une seule faille, ayant une histoire de déformation similaire. Les autres épisodes sont soit absents de certains segments (raccourcissement NO-SE et extension), soit représentés avec des caractéristiques structurales beaucoup plus variables (raccourcissement N-S). Dans le dernier cas, le style structural lié au raccourcissement donne des indications de l'architecture pré-déformation des segments constituant la proto-FC, en particulier le segment de Malartic. Le comportement variable de la fabrique principale dans ce segment illustre l'orientation initiale vers le Sud-Est des unités lithologiques.

Origine du clivage Nord-Ouest

Le clivage NO et les plis associés au 3^e événement de déformation sont plus délicats à intégrer dans l'histoire structurale de la FC que les autres éléments structuraux. En effet l'orientation du clivage suggère une direction de raccourcissement NE-SO qui s'insère mal dans un modèle classique de rotation antihoraire des contraintes régionales passant de N-S à NO-SE. L'une des particularités du clivage est son association spatiale avec la Faille de Davidson et l'augmentation du développement de la déformation lié à cet épisode en s'approchant de la faille. Une hypothèse possible pour expliquer ce développement préférentiel pourrait être des réajustements liés à l'orientation inhabituelle, ENE, de la Faille de Davidson face à la rotation des contraintes de déformation régionales.

Origine du Groupe de Piché

L'étude de terrain et les analyses géochimiques ont permis de préciser sans pour autant complètement répondre aux grandes questions du Groupe de Piché : quelle est sa nature, de quoi est-il constitué, quelles sont ses relations avec les ensembles de roches environnants ?

Les stations d'observation illustrent bien le fait que le Groupe de Piché a une grande variabilité lithologique latérale. Les segments de Joanna-Bousquet, Malartic et de Val-d'Or ont une certaine continuité dans le sens que leurs lithologies transitent

graduellement d'un assemblage dominant intermédiaire à mafique à l'Ouest, à ultramafique à l'Est, en passant par un ensemble mafique à ultramafique dans le segment de Malartic. Ces assemblages rappellent d'ailleurs les Formations de Dubuisson et de Jacola dans le Groupe de Malartic. Ce grand ensemble pourrait ainsi être une écaille ou une série d'écailles détachées du Groupe de Malartic (Imreh 1984; Pilote et al. 2014). Il est peu probable par contre que cet ensemble provienne du Groupe de Pontiac où ne sont documentées que des unités sédimentaires et de rares unités volcaniques mafiques/ultramafiques. Dans le cas des roches issues du segment de Rouyn-Noranda, l'hypothèse d'un lien avec le Groupe de Malartic est plus problématique avec l'absence de ce dernier à proximité. L'abondance de roches ultramafiques empêche tout lien avec le Groupe de Blake River. La présence d'andésite n'est pas documentée dans le Groupe de Pontiac. Cela permet d'émettre l'hypothèse de la présence de roches affiliées au Groupe de Malartic situées en profondeur sous le Groupe de Blake River.

L'analyse de éléments traces illustre la transition entre des roches définissant des suites tholéiitiques à calco-alcalines. Ces signatures sont courantes dans la Sous-province d'Abitibi. De manière générale, les anomalies négatives en Nb et Ta, omniprésentes dans les roches calco-alcaline, et courantes dans celles tholéiitiques et les roches ultramafiques, impliquent la contamination crustale des magmas originels de ces roches (Pearce, 1983; Bédard, 2006; Pearce, 2008). Néanmoins, le fait que les roches ultramafiques ont des anomalies très variables, parfois négatives, parfois positives, en Nb, Ta, Ti, et Eu suggèrent que ces roches peuvent être de natures très différentes. Il est ainsi possible que les roches avec des anomalies positives soient initialement riches en plagioclase et en rutile, tandis que les roches avec des anomalies négatives seraient dépourvues de ces minéraux et issus de magmas ayant déjà cristallisés ces minéraux, d'où un appauvrissement de ces éléments dans le magma résiduel. Les échantillons issus de la Formation de McWatters ont des signatures très similaires à ceux des autres segments. De la même manière, les échantillons de roches volcaniques provenant du Groupe de Pontiac sont semblables à ceux du Groupe de Piché. Cela illustre la problématique et la difficulté de distinguer des lithologies similaires provenant d'assemblages volcaniques différents.

Pistes de recherches futures :

Bien que la présente étude puisse prétendre à éclaircir certaines caractéristiques de l'histoire de la FC, elle soulève également de nouvelles questions pouvant faire l'objet d'études séparées :

- La distribution spatiale des éléments structuraux associés à l'épisode d'extension. Ainsi, les segments de Malartic et Val-d'Or, où n'ont pas été observées d'évidences d'extension, possèdent peu d'affleurement permettant d'observer la FC en coupe, empêchant ainsi d'observer le clivage horizontal dans de bonnes conditions. Pourtant, les failles du segment de Malartic sont documentées comme ayant jouée au moins en partie en extension. De plus, Robert (1989) fait état de linéations d'intersection sur le site d'Orenada Zone 2 associées à un clivage horizontal. Il est donc possible que des évidences de cet épisode de déformation existent également dans ces segments.
- L'origine du clivage NO-SE. Comme mentionnés plus haut, ce clivage et le raccourcissement apparent qui y est associé s'intègrent mal dans un modèle de transition de raccourcissement à un décrochement dextre. Cet épisode devrait être davantage documenté pour comprendre son origine et son impact sur l'histoire de la déformation de la FC.
- Le Groupe de Piché. Il reste encore beaucoup de travail à réaliser sur le Groupe de Piché. Cette étude a essentiellement permis de révéler la complexité et la variété des roches associées à ce groupe. Documenter les liens génétiques au sein de ce groupe et avec d'autres ensembles de roches volcaniques environnantes comme le Groupe de Malartic permettra de mieux cerner la provenance de ces roches. La géochimie présente des limites dans cette vision, mais la documentation systématique des faciès volcaniques ainsi que la réalisation de coupes complètes pour attribuer des compositions lithologiques relatives aideraient beaucoup en ce sens. Malheureusement, la faible exposition des roches de ce groupe et l'altération hydrothermale intense qui y est communément associée resteront un obstacle important à sa compréhension. Des études géochronologiques portant sur ces diverses unités représenteront des éléments essentiels à considérer également.

- Nature et origine de la Formation de McWatters. Cet ensemble reste une énigme puisque c'est un cas unique de duplication de la FC. Cette formation demeure très mal connue. Ici encore des travaux de terrain seraient nécessaires pour déterminer les grandes unités constituant cette formation et leurs origines. Il est possible qu'elle soit une écaille détachée du Groupe de Blake River situé à proximité, ou encore une constituante directe du Groupe de Piché, ou une combinaison de ces deux origines.

10. RÉFÉRENCES

- Ayer, J., Amelin, Y., Corfu, F., Kamo, S., Ketchum, J., Kwok, K. et Trowell, N. (2002). Evolution of the southern Abitibi greenstone belt based on U-Pb geochronology: autochthonous volcanic construction followed by plutonism, regional deformation and sedimentation. *Precambrian Research*; **115** (1-4): 63-95.
- Bédard, J. H. (2006). A catalytic delamination-driven model for coupled genesis of Archaean crust and sub-continental lithospheric mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*; **70** (5): 1188-1214.
- Benn, K., Miles, W., Ghassemi, M. R. et Gillett, J. (1994). Crustal structure and kinematic framework of the northwestern Pontiac Subprovince, Quebec; an integrated structural and geophysical study. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **31** (2): 271-281.
- Benn, K. et Peschler, A. (2005). A detachment fold model for fault zones in the Late Archean Abitibi greenstone belt. *Tectonophysics*; **400** (1-4): 85-104.
- Cagnard, F., Brun, J. P. et Gapais, D. (2006a). Modes of thickening of analogue weak lithospheres. *Tectonophysics*; **421** (1-2): 145-160.
- Cagnard, F., Durrieu, N., Gapais, D., Brun, J. P. et Ehlers, C. (2006b). Crustal thickening and lateral flow during compression of hot lithospheres, with particular reference to Precambrian times. *Terra Nova*; **18** (1): 72-78.
- Cagnard, F., Gapais, D. et Barbey, P. (2007). Collision tectonics involving juvenile crust: The example of the southern Finnish Svecofennides. *Precambrian Research*; **154** (1-2): 125-141.
- Camiré, G. E. et Burg, J. P. (1993). Late Archaean thrusting in the northwestern Pontiac Subprovince, Canadian Shield. *Precambrian Research*; **61** (1-2): 51-66.
- Card, K. D. (1990). A review of the Superior Province of the Canadian Shield, a product of archaean accretion. *Precambrian Research*; **48** (1-2): 99-156.
- Chardon, D., Peucat, J. J., Jayananda, M., Choukroune, P. et Fanning, C. M. (2002). Archean granite-greenstone tectonics at Kolar (South India): Interplay of diapirism and bulk inhomogeneous contraction during juvenile magmatic accretion. *Tectonics*; **21** (3).
- Choukroune, P., Ludden, J. N., Chardon, D. et Calvert, A. J. (1997). Archaean crustal growth and tectonic processes: A comparison of the Superior Province, Canada and the Dharwar craton, India. *In Orogeny Through Time; Édité par J.-P. Burg et M. Ford, Geol. Soc. Spec. Publ.* 121: 63-98.
- Chown, E. H., Harrap, R. et Moukhsil, A. (2002). The role of granitic intrusions in the evolution of the Abitibi belt, Canada. *Precambrian Research*; **115** (1-4): 291-310.
- Cox, S. F. et Ruming, K. (2004). The St Ives mesothermal gold system, Western Australia - a case of golden aftershocks? *Journal of Structural Geology*; **26** (6-7): 1109-1125.

- Daigneault, R. (1996). Couloirs de déformation de la Sous-province de l'Abitibi. Ministère des Ressources naturelles du Québec; MB 96-03, 140 pages.
- Daigneault, R., Mueller, W. U. et Chown, E. H. (2002). Oblique Archean subduction: accretion and exhumation of an oceanic arc during dextral transpression, Southern Volcanic Zone, Abitibi Subprovince Canada. *Precambrian Research*; **115** (1-4): 261-290.
- Davis, D. W. (2002). U-Pb geochronology of Archean metasedimentary rocks in the Pontiac and Abitibi subprovinces, Quebec, constraints on timing, provenance and regional tectonics. *Precambrian Research*; **115** (1-4): 97-117.
- Davis, W. J., Lacroix, S., Gariépy, C. et Machado, N. (2000). Geochronology and radiogenic isotope geochemistry of plutonic rocks from the central Abitibi subprovince: significance to the internal subdivision and plutono-tectonic evolution of the Abitibi belt. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **37** (2): 117-133.
- Desrochers, J. P. et Hubert, C. (1996). Structural evolution and early accretion of the Archean Malartic Composite Block, southern Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **33** (11): 1556-1569.
- Desrochers, J. P., Hubert, C., Ludden, J. N. et Pilote, P. (1993). Accretion of Archean oceanic plateau fragments in the Abitibi Greenstone-belt, Canada. *Geology*; **21** (5): 451-454.
- Dimroth, E., Imreh, L., Goulet, N. et Rochelbau, M. (1983a). Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part 111: Plutonic and metamorphic evolution and geotectonic model. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **20**: 1374-1388.
- Dimroth, E., Imreh, L., Goulet, N. et Rochelbau, M. (1983b). Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical mode. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **20**: 1355-1373.
- Dimroth, E., Imreh, L., Rocheleau, M. et Goulet, N. (1982). Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **19**: 1729-1758.
- Diop, A. (2011). Caractéristiques sédimentologiques, volcanologiques et structurales du bassin de Granada dans la ceinture de roches vertes de l'Abitibi (Québec). Thèse de doctorat non-publiée, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 366 pages.
- Dubé, B. et Gosselin, P. (2007). Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication **5**: 49-73.
- Dupéré, M., Live, P., Palumbo, E., Grandilloa, A. et Magnan, M. (2011) NI 43-101 Technical Report, Mineral Resource Estimation, Joanna Gold Project, Rouyn-Noranda, Quebec, Aurizon Mines Ltd., September 2011 Update. SGS Canada Inc., 305 pages.

- Fallara, F., Simon-Ross, P. et Sansfaçon, R. (2000) Caractérisation géologique, géochimique et structurale : nouveau modèle métallogénique du camp minier de Malartic. Ministère des Ressources Naturelles du Québec; MB 2000-15, 149 pages.
- Feng, R. et Kerrich, R. (1992). Geochemical evolution of granitoids from the archaean Abitibi Southern Volcanic Zone and the Pontiac subprovince, Superior Province, Canada - implications for tectonic history and source regions. *Chemical Geology*; **98** (1-2): 23-70.
- Ferkous, K. et Tremblay, A. (2000). An example of synkinematic gold mineralization (Wrightbar), associated with a thrust fault, in the Abitibi Archaean area (Canada). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de la Terre et des Planètes* **330** (2): 117-123.
- Gapais, D., Cagnard, F., Gueydan, F., Barbey, P. et Ballèvre, M. (2009). Mountain building and exhumation processes through time: inferences from nature and models. *Terra Nova*; **21** (3): 188-194.
- Gauthier, N., Rocheleau, M., Gagnon, Y. et Lacasse, J. (1986). Gold mineralization in the Cadillac-Larder Lake fault zone, Rouyn-Beauchastel area. *CIM Bulletin*; 79 (887): 77-77.
- Gauthier, N., Rocheleau, M., Kelly, D. et Gagnon, Y. (1990). Controls on the distribution of gold mineralization within the Cadillac Tectonic Zone, Rouyn-Beauchastel segment, Abitibi Belt, Québec. In *La ceinture polymétallique du nord-ouest québécois*. Par M. Rive, P. Verpaest, Y. Gagnon, J. M. Lulin, G. Riverin and A. Simard, L'institut canadien des mines et de la métallurgie. Volume Spécial 43: pages 185-198.
- Gelinas, L., Trudel, P. et Hubert, C. (1984) Chimico-stratigraphie et tectonique du Groupe de Blake River. Ministère des Ressources Naturelles du Québec; MB 83-01, 52 pages.
- Goodwin, A. M. et Smith, I. E. M. (1980). Chemical discontinuities in archaean metavolcanic terrains and the development of archaean crust. *Precambrian Research*; **10** (3-4): 301-311.
- Goulet, N. (1978). Stratigraphy and structural relationships across the Cadillac-Larder Lake fault, Rouyn-Beauchastel area, Quebec. Ministère des Richesses Naturelles; DP-602, 141 pages.
- Hodgson, C. J. et Hamilton, J. V. (1989). Gold mineralization in the Abitibi greenstone belt; end-stage results of Archaean collisional tectonics? *Economic Geology Monograph* **6**: 86-100.
- Hubert, C., Trudel, P. et Gelinas, L. (1984). Archaean wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River group, Abitibi belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences* **21** (9): 1024-1032.
- Hyde, R. S. (1980). Sedimentary facies in the archaean Timiskaming Group and their tectonic implications, Abitibi Greenstone-Belt, Northeastern Ontario, Canada. *Precambrian Research*; **12** (1-4): 161-195.

- Imreh, L. (1984) Sillon de la Motte-Vassan et son avant-pays meridional; synthese volcanologique, lithostratigraphique et gitologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MM 82-04, 72 pages.
- Irvine, T. N. et Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **8** (5): 523-548.
- Jemielita, R. A., Davis, D. W. et Krogh, T. E. (1990). U-Pb evidence for Abitibi gold mineralization postdating greenstone magmatism and metamorphism. *Nature*; **346** (6287): 831-834.
- Jensen, L. S. (1976). A New Cation Plot for Classifying Subalkalic Volcanic Rocks. Ontario Geological Survey; Miscellaneous Paper MP 66: 22 pages.
- Jolly, W. T. (1978). Metamorphic history of the Archean Abitibi belt, metamorphism in the Canadian Shield. *Geol. Surv. Can.*; Paper 78-10, pages 63-78.
- Kerrick, R., Goldfarb, R. J., Groves, D. I., Steven, G. et Yiefei, J. (2000). The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces. *Science In China (Series D)*; **43**: 68 pages.
- Lacroix, S., Sawyer, E. W. et Chown, E. H. (1998). Pluton emplacement within an extensional transfer zone during dextral strike-slip faulting: an example from the late Archean Abitibi Greenstone Belt. *Journal of Structural Geology*; **20** (1): 43-59.
- Laflèche, M. R., Dupuy, C. et Dostal, J. (1991). Archean orogenic ultrapotassic magmatism: an example from the southern Abitibi greenstone belt. *Precambrian Research*; **52**: 71-96.
- Landry, J. (1991). Volcanologie physique et sédimentologie du groupe volcanique de Piché et relations stratigraphiques avec les groupes sédimentaires encaissants de Pontiac et de Cadillac. Mémoire de M.Sc. non-publié, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 105 pages.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. et Zanettin, B. A. (1986). Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*; **27** (3): 745-750.
- Legault, M. I. et Hattori, K. (1994). Provenance of igneous clasts in conglomerates of the archaean Timiskaming Group, Kirkland Lake Area, Abitibi greenstone-belt, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **31** (12): 1749-1762.
- Ludden, J., Hubert, C. et Gariépy, C. (1986). The tectonic evolution of the Abitibi greenstone belt of Canada. *Geological Magazine*; **30**: 357-372.
- MacLean, W.H. et Barrett, T.J. (1993). Lithogeological techniques using immobile elements. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 48, pages 109-133.
- McDonough, W. F. et Sun, S.-S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology*; **120**: 223-253.
- Micklethwaite, S. et Cox, S. F. (2004). Fault-segment rupture, aftershock-zone fluid flow, and mineralization. *Geology*; **32** (9): 813-816.

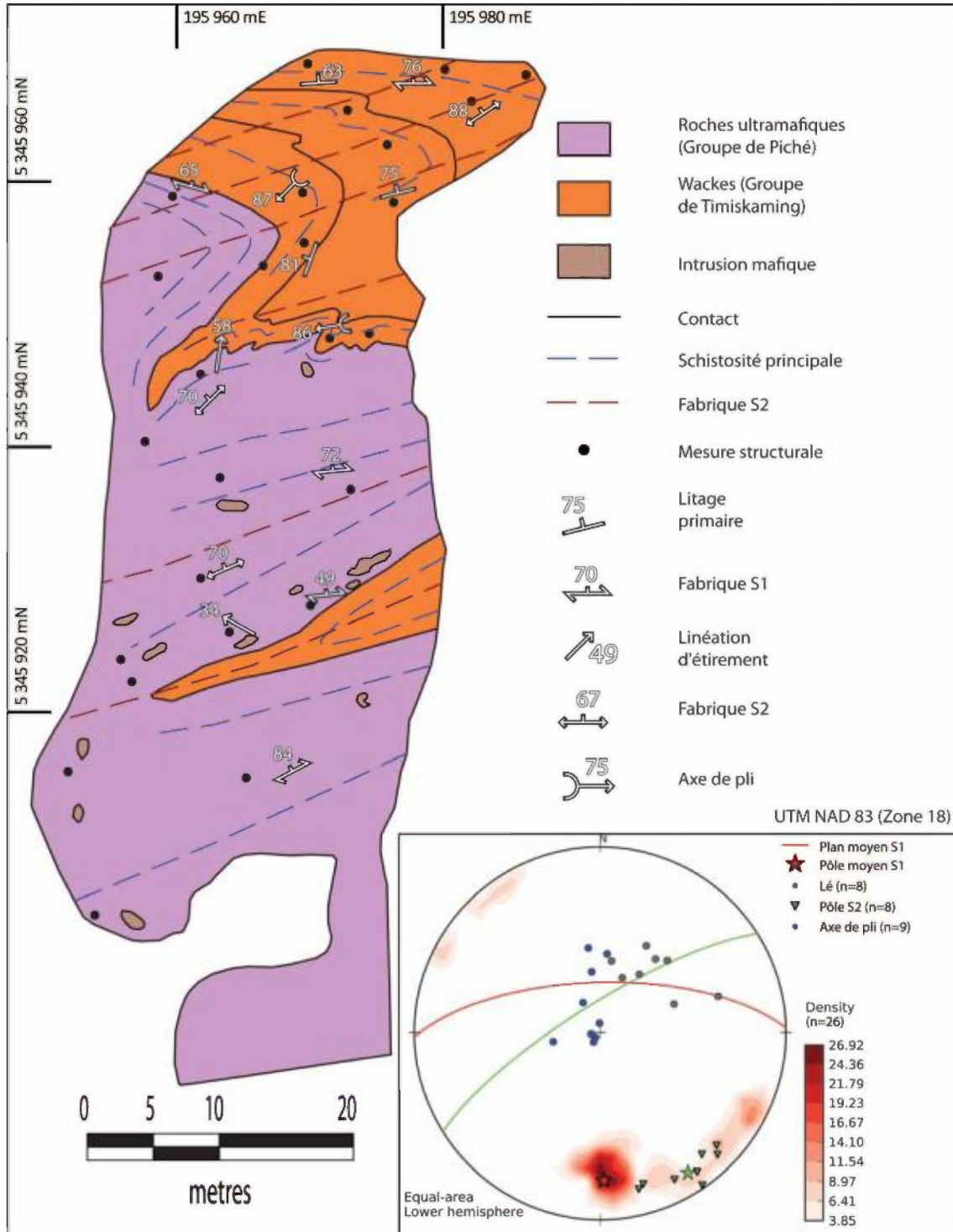
- Micklethwaite, S., Sheldon, H. A. et Baker, T. (2010). Active fault and shear processes and their implications for mineral deposit formation and discovery. *Journal of Structural Geology*; **32** (2): 151-165.
- Morin, D., Jebrak, M., Beaufort, D. et Meunier, A. (1993). Metamorphic evolution of the late archean Cadillac Tectonic Zone, Mcwatters, Abitibi belt, Quebec. *Journal of Metamorphic Geology*; **11** (1): 121-135.
- Mueller, W. et Donaldson, J. A. (1992). Development of sedimentary basins in the archean Abitibi belt, Canada - an overview. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **29** (10): 2249-2265.
- Mueller, W., Donaldson, J. A. et Doucet, P. (1994). Volcanic and tectono-plutonic influences on sedimentation in the Archean-Kirkland Basin, Abitibi greenstone-belt, Canada. *Precambrian Research*; **68** (3-4): 201-230.
- Mueller, W. U., Daigneault, R., Mortensen, J. K. et Chown, E. H. (1996). Archean terrane docking: Upper crust collision tectonics, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Tectonophysics*; **265** (1-2): 127-150.
- Mueller, W. U., Friedman, R., Daigneault, R., Moore, L. et Mortensen, J. (2012). Timing and characteristics of the Archean subaqueous Blake River Megacaldera Complex, Abitibi greenstone belt, Canada. *Precambrian Research*; **214-215**: 1-27.
- Neumayr, P., Hagemann, S. G. et Couture, J. F. (2000). Structural setting, textures, and timing of hydrothermal vein systems in the Val-d'Or camp, Abitibi, Canada: implications for the evolution of transcrustal, second- and third-order fault zones and gold mineralization. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **37** (1): 95-114.
- Nieminen, R. (1994). Channel sampling and geological mapping on the Chibex South Property. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; filière des travaux statutaires, GM 52945, 52 pages.
- Pearce, J. A. (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. *In: Continental basalts and mantle xenoliths, Édité par: C. J. Hawkesworth et M. J. Norry*. Shiva Publ., Nantwich, pages 230-249.
- Pearce, J. A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*; **100** (1-4): 14-48.
- Pearson, V. et Daigneault, R. (2009). An Archean megacaldera complex: The Blake River Group, Abitibi greenstone belt. *Precambrian Research*; **168** (1-2): 66-82.
- Pilote, P. (2013) Géologie Malartic, 32D01-NE Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, CG-32D01D-2013-01,
- Pilote, P., Moorhead, J. et Mueller, W. (2000) Développement d'un arc volcanique, la région de Val-d'Or, ceinture de l'Abitibi - volcanologie physique et évolution métallogénique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MB 2000-09, pages 1-20.
- Pilote, P., Daigneault, R., David, J. et McNicoll, V. (2014) L'architecture des groupes de Malartic, de Piché et de Cadillac et de la Faille de Cadillac, Abitibi: révision

- géologique, nouvelles datations et interprétations. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec; DV 2015-03, page 37.
- Pilote, P., Mueller, W., Moorhead, J., Scott, C. et Lavoie, S. (1997). Géologie, volcanologie et lithogéochimie des Formations de Val-d'Or et Héva, district de Val-d'Or, Sous-province de l'Abitibi. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 97-01, page 47.
- Pilote, P., Mueller, W. U., Scott, C. R., Lavoie, S., Champagne, C. et Moorhead, J. (1998). Volcanologie de la Formation Val-d'Or et du Groupe de Malartic, Sous-province de l'Abitibi: contraintes géochimiques et géochronologiques. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 98-05, page 48.
- Powell, W. G., Carmichael, D. M. et Hodgson, C. J. (1995a). Conditions and timing of metamorphism in the southern Abitibi greenstone belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **32**: 787-805.
- Powell, W. G., Hodgson, C. J., Hanes, J. A., Carmichael, D. M., McBride, S. et Farrar, E. (1995b). 40Ar/39Ar geochronological evidence for multiple post-metamorphic hydrothermal events focussed along faults in the Southern Abitibi greenstone belt. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **32** (6): 768-786.
- Rafini, S. (2011). Modélisation de la dynamique sismique de la faille Cadillac – Impact sur la genèse des gisements aurifères orogéniques. Rapport du Consorem 2008 - 01, 35 pages.
- Rive, M., Pinston, H. et Ludden, J. (1990). Characteristics of late Archean plutonic rocks from the Abitibi and Pontiac subprovinces, Superior Province, Canada. In *The northwestern Québec polymetallic belt; a summary of 60 years of mining exploration; proceedings of the Rouyn-Noranda 1990 symposium*. Edited by M. Rive, P. Verpaerst, Y. Gagnon, J.-M. Lulin, G. Riverin and A. Simard. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Special Volume 43: 65-76.
- Robert, F. (1989). Internal structure of the Cadillac tectonic zone Southeast of Val-d'Or, Abitibi greenstone-belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **26** (12): 2661-2675.
- Robert, F., Boullier, A. M. et Firdaus, K. (1995). Gold-quartz veins in metamorphic terranes and their bearing on the role of fluids in faulting. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*; **100** (B7): 12861-12879.
- Ross, P.-S. et Bédard, J. H. (2009). Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **46** (11): 823-839.
- Scholz, C. H. (2007). The mechanics of earthquakes and faulting. *In Crust and Lithosphere Dynamics: Treatise on Geophysics*; *Édité par*: A. B. Watts. Amsterdam, the Netherlands, Elsevier B.V. 6: 41 pp.
- Scott, C. R., Mueller, W. U. et Pilote, P. (2002). Physical volcanology, stratigraphy, and lithogeochemistry of an Archean volcanic arc: evolution from plume-related volcanism to arc rifting of SE Abitibi Greenstone Belt, Val-d'Or, Canada. *Precambrian Research*; **115** (1-4): 223-260.

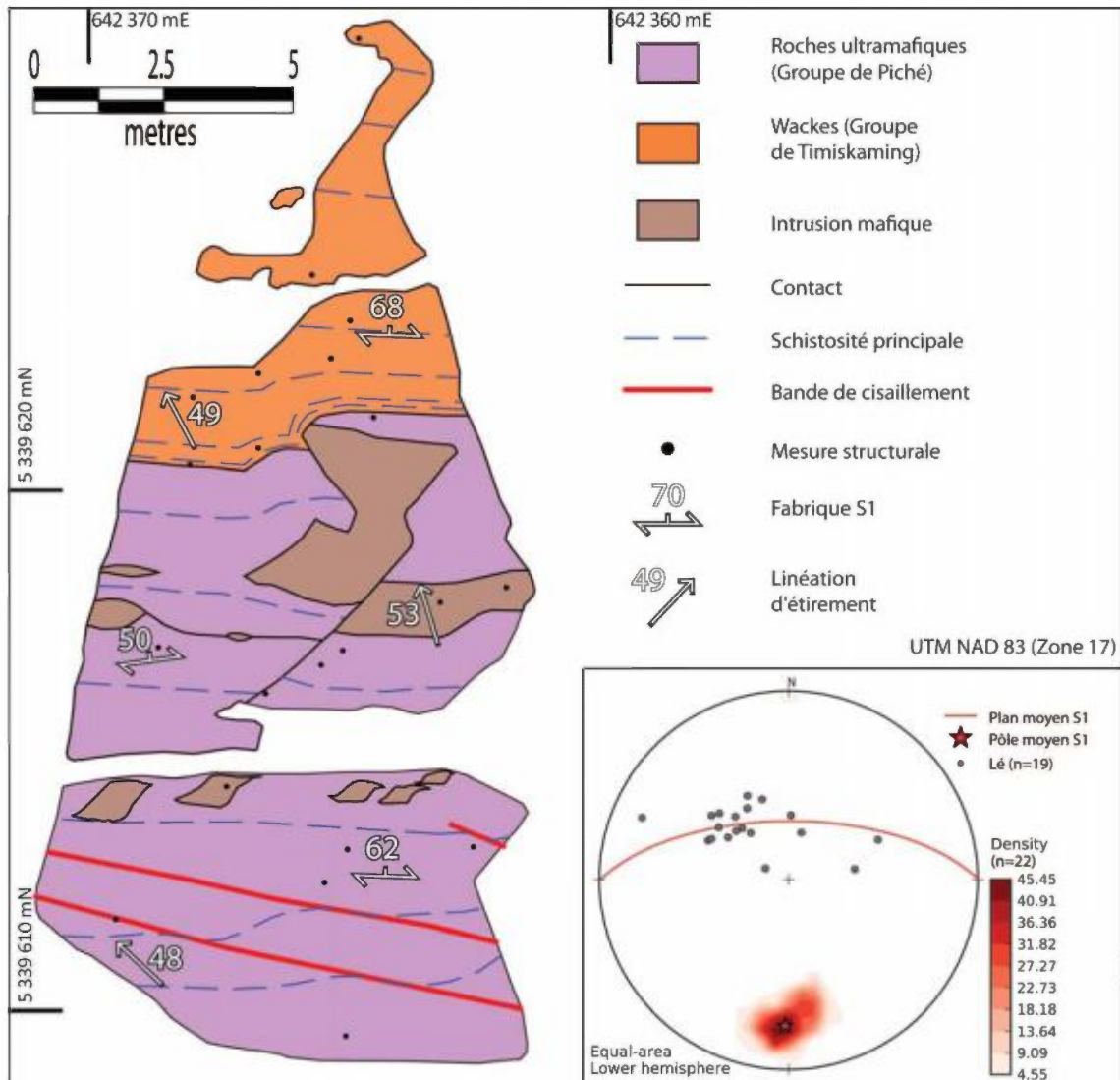
- Sibson, R. H., Robert, F. et Poulsen, K. H. (1988). High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*; **16** (6): 551.
- Simard, M. (2010). Multiévènements de déformation, de métamorphisme et d'hydrothermalisme à l'origine du gisement Lapa. Thèse de doctorat non-publiée, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 498 pages.
- Simard, M., Gaboury, D., Daigneault, R. et Mercier-Langevin, P. (2013). Multistage gold mineralization at the Lapa mine, Abitibi Subprovince: insights into auriferous hydrothermal and metasomatic processes in the Cadillac-Larder Lake Fault Zone. *Mineralium Deposita*; **48** (7): 883-905.
- Stone, W. E. (1990). Archean volcanism and sedimentation in the Bousquet gold district, Abitibi greenstone belt, Quebec: Implications for stratigraphy and gold concentration. *Geological Society of America Bulletin*; **102** (1): 147-158.
- Tourigny, G., Hubert, C., Brown, A. C. et Crepeau, R. (1988). Structural geology of the Blake River Group at the Bousquet Mine, Abitibi, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **25** (4): 581-592.
- Tremblay, A., Lemarchand, J., Short, H., Yergeau, D. et Gauthier, M. (2009). Caractérisation et datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des structures aurifères de la région de Val-d'Or, Abitibi - Problématique et résultats préliminaires. Rapport Annuel 2009 - DIVEX: 14 pages.
- Trépanier, S. (2011). Guide pratique d'utilisation de différentes méthodes de traitement de l'altération et du métasomatisme. Projet CONSOREM 2008 - 07: 209 pages.
- Trudel, P., Sauvé, P., Tourigny, G., Hubert, C. et Hoy, L. (1992). Synthèse des caractéristiques géologiques des gisements d'or de la région de Cadillac (Abitibi). Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MM 91-01, 105 pages.
- Wilkinson, L., Cruden, A. R. et Krogh, T. E. (1999). Timing and kinematics of post-Timiskaming deformation within the Larder Lake - Cadillac deformation zone, southwest Abitibi greenstone belt, Ontario, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*; **36** (4): 627-647.
- Winchester, J. A. et Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*; **20** (4): 325-343.
- Wyman, D. A. (1999). A 2.7 Ga depleted tholeiite suite: evidence of plume-arc interaction in the Abitibi Greenstone Belt, Canada. *Precambrian Research*; **97** (1-2): 27-42.
- Wyman, D. A., Kerrich, R. et Polat, A. (2002). Assembly of Archean cratonic mantle lithosphere and crust: plume-arc interaction in the Abitibi-Wawa subduction-accretion complex. *Precambrian Research*; **115** (1-4): 37-62.
- Zweng, P. L., Mortensen, J. K. et Dalrymple, G. B. (1993). Thermochronology of the Camflo Gold Deposit, Malartic, Quebec: Implications for magmatic underplating and the formation of gold bearing quartz veins. *Economic Geology*; **88** (6): 1700-1721.

11. ANNEXE 1 – CARTOGRAPHIES DÉTAILLÉES

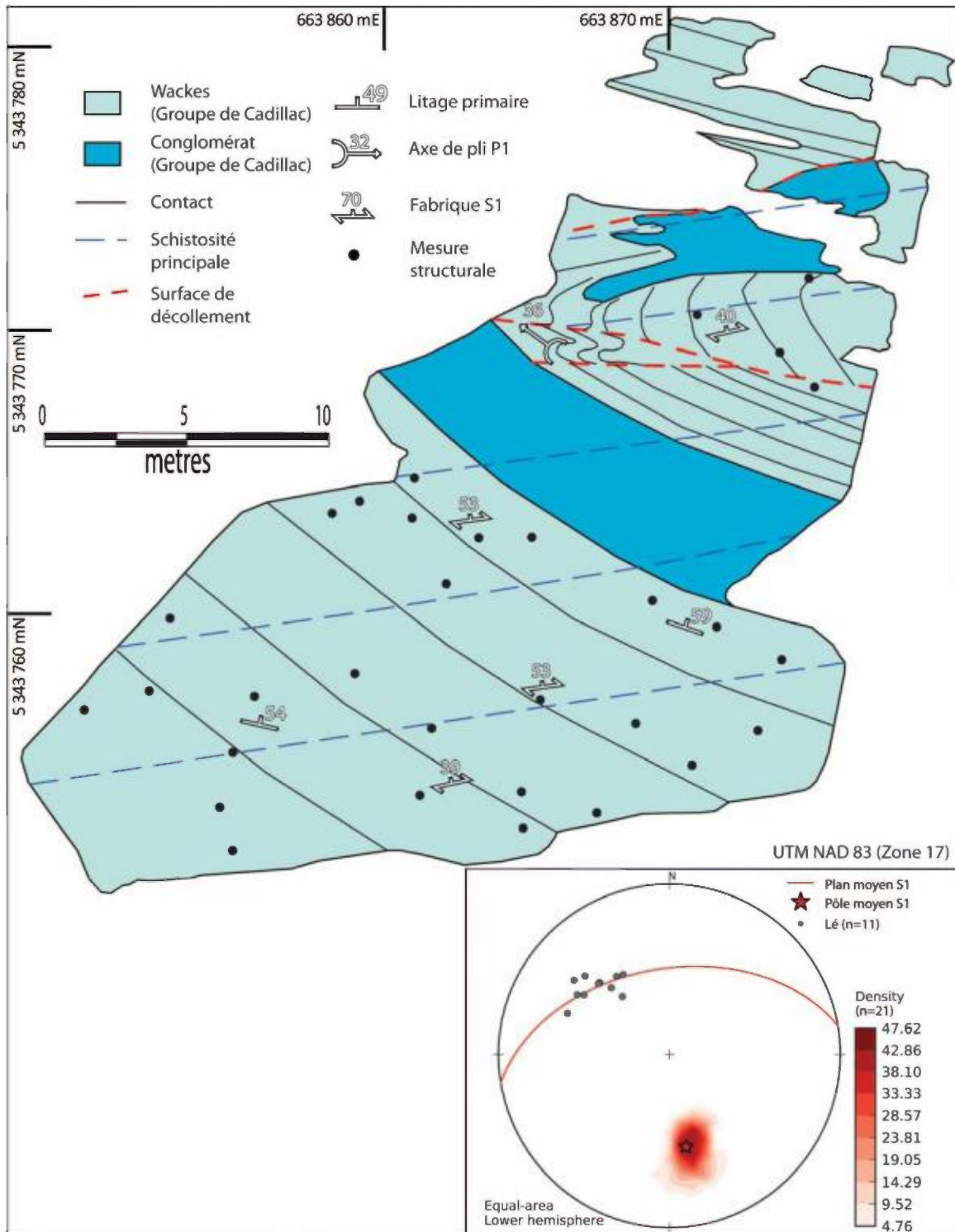
Cartographie détaillée de la tranchée Augmitto T2. Segment de Rouyn-Noranda.



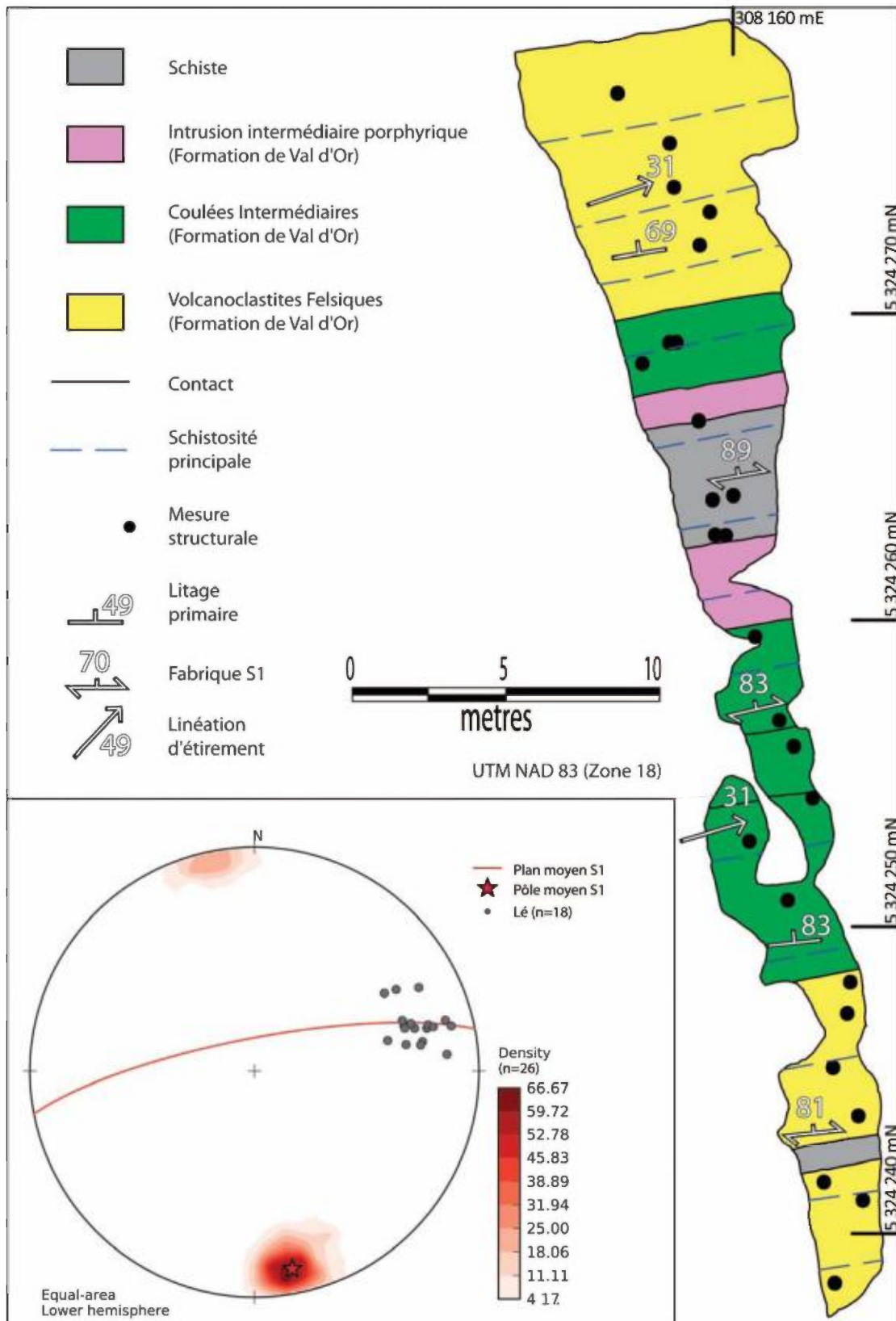
Cartographie détaillée de la tranchée Augmitto T7. Segment de Rouyn-Noranda.



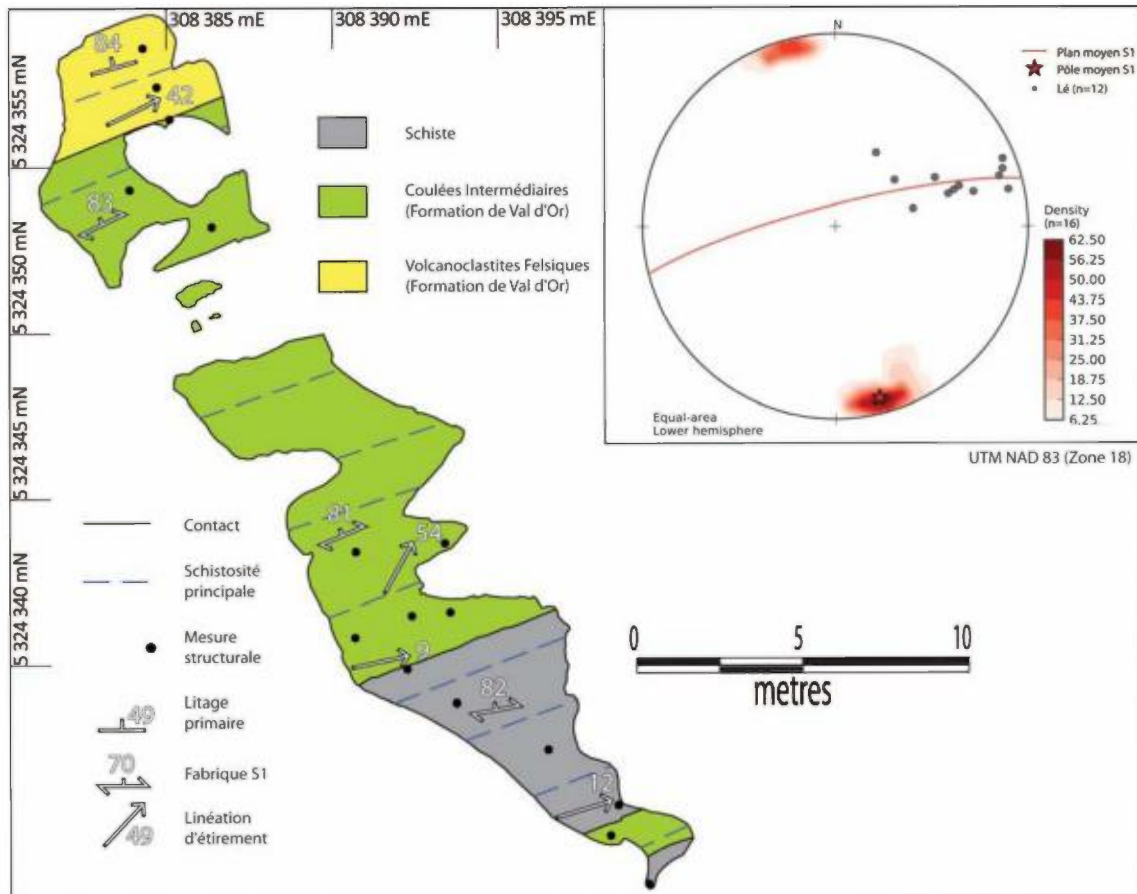
Cartographie détaillée du décapage Manuella. Segment de Joanna-Bousquet.



Cartographie détaillée de la tranchée Akasaba Ouest. Segment de Val-d'Or.



Cartographie détaillée de la tranchée Akasaba Est. Segment de Val-d'Or.



Guide visuel des styles de déformation associés à la Faille de Cadillac, Abitibi,
Québec

Annexe au rapport MB 2015-13

"Évolution structurale, modélisation des paléocontraintes et implications sur
les minéralisations aurifères orogéniques le long de failles majeures :
application à la Faille de Cadillac, Abitibi, Canada"

par Pierre Bedeaux

Université du Québec à Chicoutimi

Décembre 2015

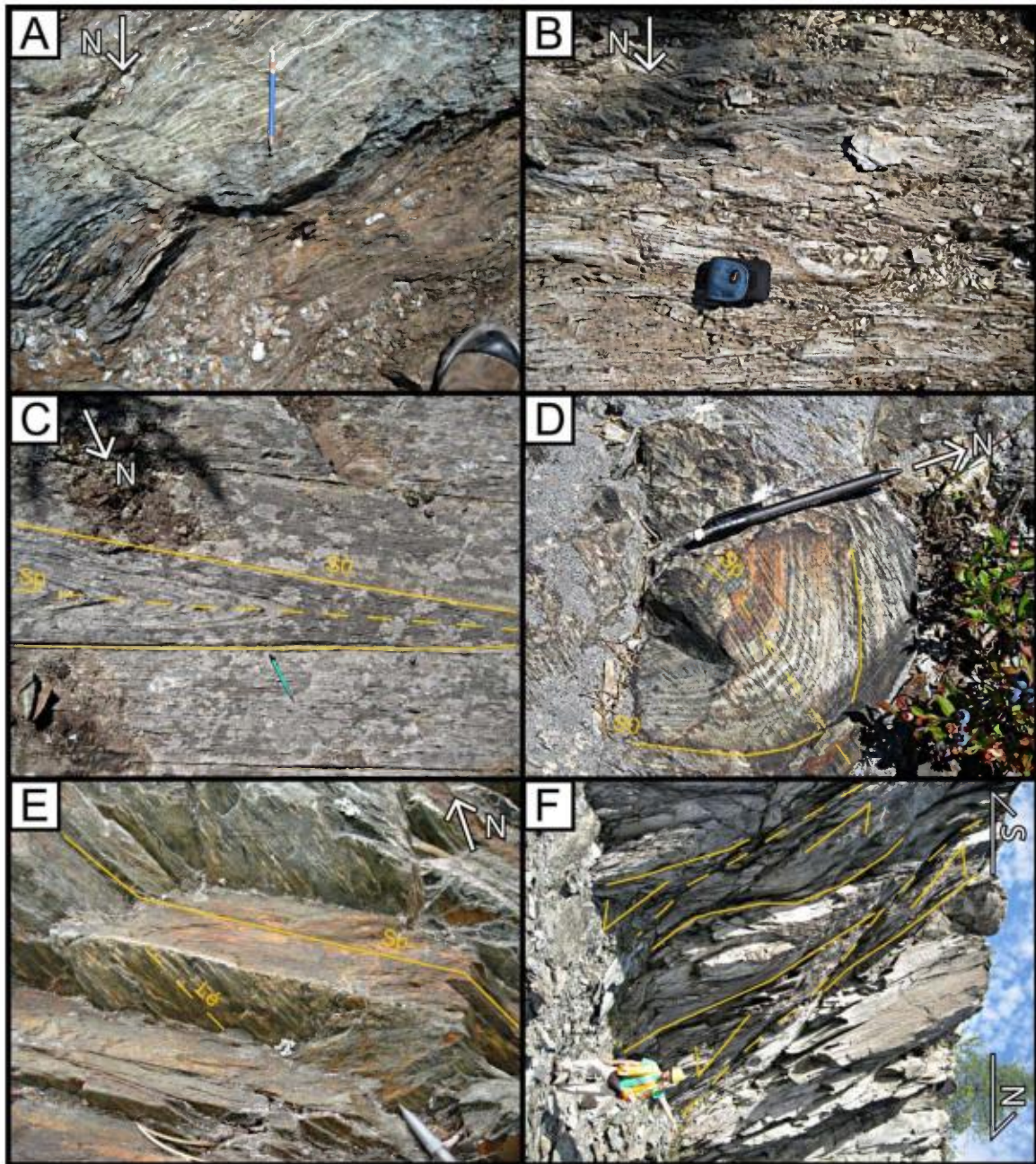


Planche 1 – Déformation associée à la schistosité régionale et au raccourcissement Nord-Sud

- A. Contact entre un basalte et un dyke. Les deux lithologies sont très déformées avec un aspect schisteux très bien développé. Groupe de Malartic, segment de Malartic.
- B. Unité conglomératique avec une schistosité très bien développée parallèlement au litage primaire. Groupe de Cadillac, segment de Cadillac.
- C. Pli isoclinal dans une unité de turbidites et de formations de fer rubanées. La fabrique principale jouant le rôle de plan axial est subparallèle au litage. Groupe de Cadillac, segment de Joannes.
- D. Pli isoclinal dans une unité de turbidite. En coupe la relation angulaire entre le litage et la fabrique principale est beaucoup plus évidente. Formation de Labrière, segment de Rouyn.
- E. Linéation d'étirement observée dans le plan de la fabrique principale. Elle est ici symbolisée par des cristaux de plagioclase étirés dans un basalte. Groupe de Piché, segment de Malartic.
- F. Relation de type C-S entre la fabrique principale fortement inclinée et des plans de cisaillement moins pentus. Cette relation indique un mouvement inverse. Groupe de Piché, segment de Malartic.

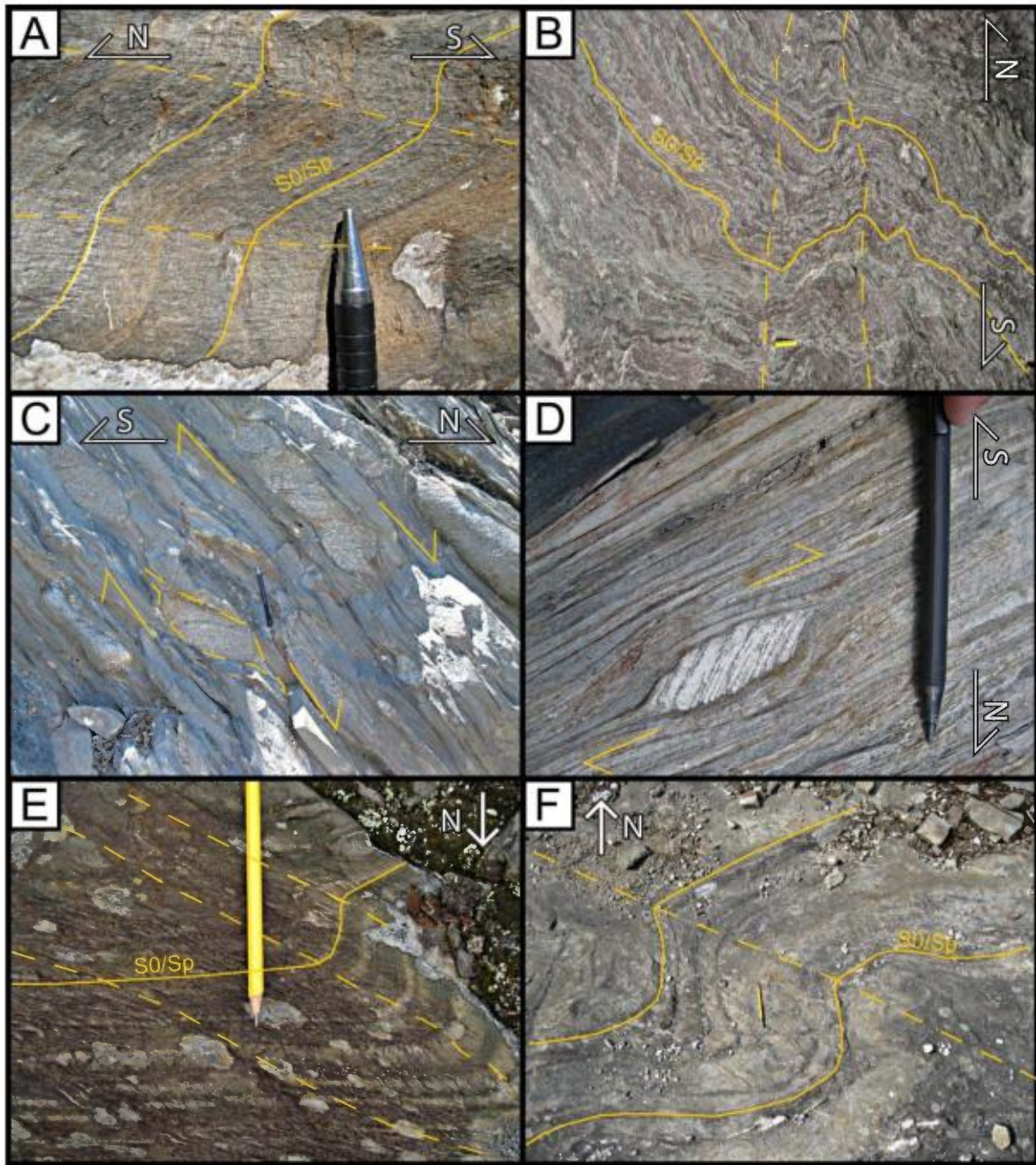


Planche 2 - Déformation associée à l'extension et au clivage Nord-Ouest

- A. Clivage subhorizontal recoupant le litage primaire et la fabrique principale. Groupe de Pontiac, segment de Rouyn.
- B. Plis ouverts associés au clivage horizontal reprenant le litage primaire et la schistosité. Groupe de Timiskaming, segment de Rouyn.
- C. Fragments sigmoïdaux et en dominos indiquant un mouvement normal le long de la fabrique principale. Groupe de Timiskaming, segment de Rouyn.
- D. Fragment en domino indiquant un mouvement normal le long de la fabrique principale. Groupe de Cadillac, segment de Joannes.
- E. Clivage Nord-Ouest recoupant le litage primaire et la fabrique principale. Groupe de Timiskaming, segment de Rouyn.
- F. Plis droit asymétrique en S associé au clivage Nord-Ouest affectant litage primaire et la fabrique principale. Groupe de Timiskaming, segment de Rouyn.

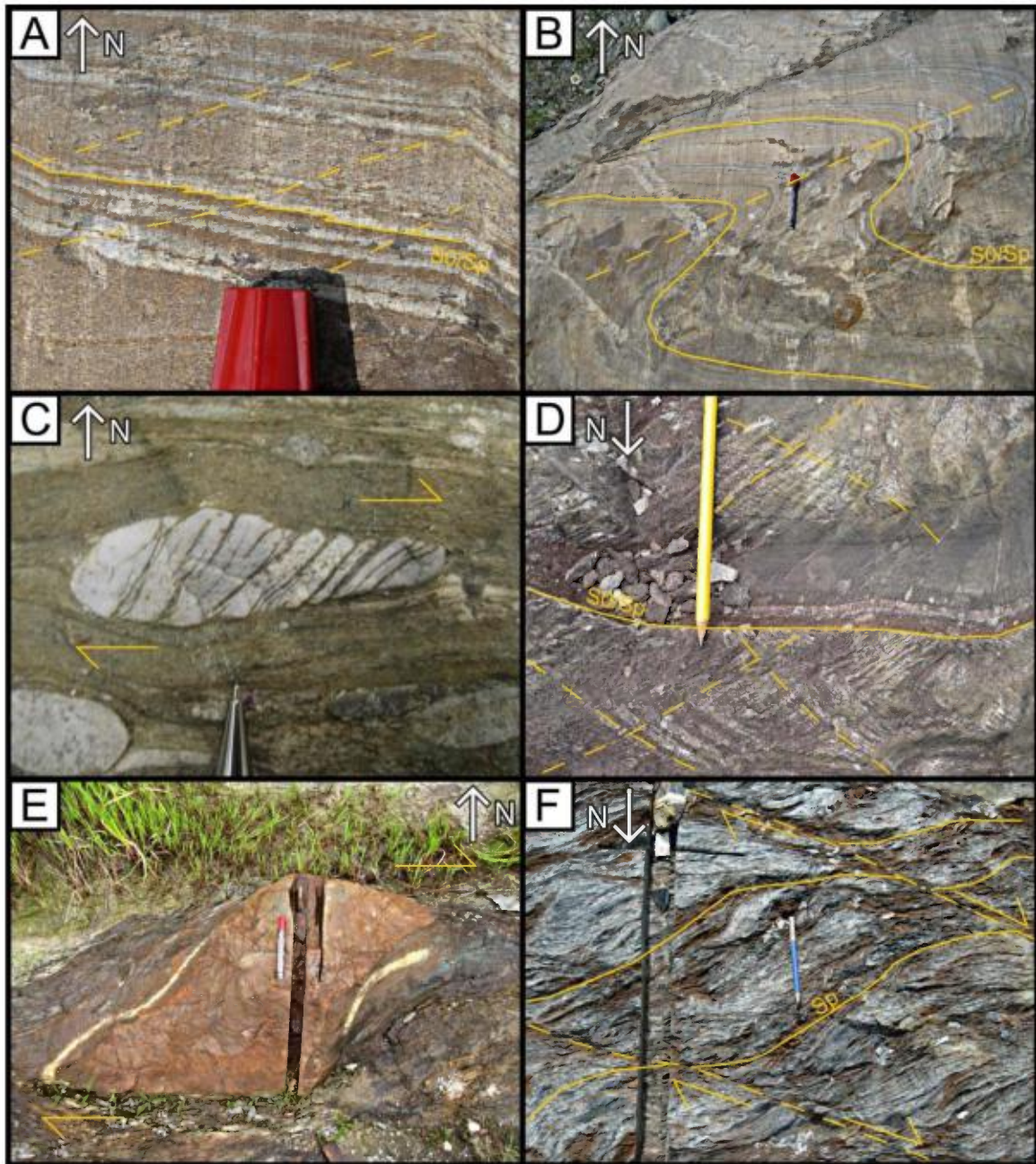


Planche 3 - Déformation associée au décrochement dextre.

- A. Clivage Nord-Est recoupant une unité de turbidite. Formation de la Bruère, segment de Rouyn.
- B. Pli asymétrique en « Z » associé au clivage Nord-Ouest. Formation de la Bruère, segment de Rouyn.
- C. Indicateur cinématique dextre sous forme de fragment en « domino ». Groupe de Timiskaming, segment de Malartic.
- D. Relations angulaires entre le litage primaire, la fabrique principale et les clivages Nord-Ouest et Nord-Est. Groupe de Timiskaming, segment de Rouyn.
- E. Indicateur cinématique dextre sous forme de dyke boudiné d'apparence sigmoïdale. Groupe de Piché, segment de Rouyn.
- F. Relation C-S entre la fabrique principale et un plan de cisaillement indiquant un mouvement dextre. Groupe de Malartic, segment de Malartic

								Élément	SiO2	Al2O3	Fe2O3(T)	MgO	MnO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Cr2O3	PAF	Total	Sr	Ba
								Unité	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
								Limite de détection	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01		0,01	2	3
								Méthode d'analyse	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP
Échantillon	Géofiche/Forage	Année	Analyse	Segment	Estant	Nordant	Zone	Lithologie															
MA-30	PB-2014-152	2014	37510	Malartic	715513	5335243	17	Roche ultramafique indifferenciée	46,38	5,46	10,13	20,55	0,188	7,96	0,96	2,07	0,296	0,03	0,29	6,77	100,80	138	648
MA-31	PB-2014-152	2014	37511	Malartic	715513	5335243	17	Roche ultramafique indifferenciée	38,15	4,54	9,34	25,81	0,134	5,80	0,02	< 0,01	0,227	0,01	0,29	13,88	97,92	125	18
MA-33	PB-2014-153	2014	37512	Malartic	715515	5335268	17	Roche ultramafique indifferenciée	36,20	5,19	9,36	23,04	0,175	7,17	0,06	3,26	0,250	0,01	0,30	13,57	98,28	182	108
MA-34	PB-2014-154	2014	37513	Malartic	715650	5335284	17	Roche ultramafique indifferenciée	49,30	5,41	9,50	20,54	0,140	7,49	0,99	2,85	0,275	< 0,01	0,29	2,77	99,27	25	65
MA-35	PB-2014-154	2014	37514	Malartic	715650	5335284	17	Roche ultramafique indifferenciée	39,16	4,45	9,51	25,17	0,178	6,79	0,13	0,39	0,240	< 0,01	0,30	12,93	98,97	130	14
MA-36	PB-2014-155	2014	37515	Malartic	715657	5335282	17	Roche ultramafique indifferenciée	38,89	4,68	9,40	21,68	0,184	7,50	0,52	2,11	0,276	0,02	0,28	12,89	98,15	137	143
MA-37	PB-2014-156	2014	37516	Malartic	715679	5335256	17	Basalte	47,09	10,99	15,19	6,09	0,192	7,84	5,29	0,86	1,468	0,11	0,04	5,05	100,20	262	58
MA-38	PB-2014-156	2014	37517	Malartic	715679	5335256	17	Roche ultramafique indifferenciée	53,13	4,38	8,98	16,00	0,198	11,17	1,95	0,54	0,199	< 0,01	0,26	3,36	99,91	151	40
MA-39	PB-2014-157	2014	37518	Malartic	715692	5335268	17	Roche ultramafique indifferenciée	48,69	5,05	8,02	15,42	0,204	12,84	1,72	1,08	0,230	< 0,01	0,26	7,26	100,50	341	65
MA-40	PB-2014-158	2014	37519	Malartic	715701	5335262	17	Roche ultramafique indifferenciée	36,06	4,63	9,89	24,77	0,160	6,99	0,03	0,02	0,276	< 0,01	0,30	15,41	98,24	448	3
MA-41	PB-2014-159	2014	37520	Malartic	715700	5335266	17	Roche ultramafique indifferenciée	51,60	4,97	9,09	20,33	0,161	8,18	0,67	2,81	0,239	< 0,01	0,27	2,62	100,70	37	114
ORF-45-1	OAX08-45	2014	37521	ValdOr	299143	5325122	18	Coulée ultramafique	40,91	8,42	13,11	17,01	0,151	7,63	0,02	0,01	0,476	0,03	0,27	11,34	99,10	122	3
ORF-45-2	OAX08-45	2014	37522	ValdOr	299143	5325122	18	Roche ultramafique indifferenciée	36,82	5,08	9,76	22,37	0,179	7,61	0,01	< 0,01	0,286	0,02	0,27	16,08	98,22	62	< 3
ORF-45-3	OAX08-45	2014	37523	ValdOr	299143	5325122	18	Coulée ultramafique	37,85	5,73	9,97	19,93	0,206	8,97	0,01	< 0,01	0,298	0,02	0,31	17,08	100,10	71	3
ORF-40-1	OAX08-40	2014	37524	ValdOr	298883	5325117	18	Coulée ultramafique	40,78	6,00	10,69	24,38	0,147	5,01	0,01	< 0,01	0,368	0,02	0,33	12,73	100,10	60	< 3
ORF-40-3	OAX08-40	2014	37527	ValdOr	298883	5325117	18	Roche ultramafique indifferenciée	36,15	4,76	8,26	15,62	0,222	12,65	0,02	0,01	0,257	0,01	0,27	21,56	99,52	218	4
ORF-21-2	OAX07-21	2014	37529	ValdOr	299053	5325251	18	Roche ultramafique indifferenciée	38,06	5,55	9,61	20,19	0,190	8,39	0,01	< 0,01	0,294	0,02	0,30	16,70	99,02	86	< 3
MAF-3678-3	BA09-3678	2014	37530	Malartic	715290	5334910	17	Coulée ultramafique	39,84	5,26	9,95	25,54	0,156	5,57	0,02	0,03	0,280	0,01	0,28	12,85	99,52	112	4
MAF-3678-5	BA09-3678	2014	37531	Malartic	715290	5334910	17	Coulée ultramafique	43,70	4,71	9,31	24,55	0,126	4,22	0,03	2,06	0,256	0,01	0,28	10,09	99,07	1280	109
MAF-3678-7	BA09-3678	2014	37532	Malartic	715290	5334910	17	Coulée ultramafique	39,90	5,92	10,51	24,09	0,155	6,05	0,03	1,02	0,341	0,01	0,30	11,30	99,31	150	97
MAF-3678-9	BA09-3678	2014	37533	Malartic	715290	5334910	17	Coulée ultramafique	39,25	5,01	9,92	21,62	0,160	6,87	0,10	2,80	0,315	0,02	0,27	11,78	97,83	133	158
MAF-3678-11	BA09-3678	2014	37534	Malartic	715290	5334910	17	Coulée ultramafique	43,46	6,24	10,92	21,93	0,182	8,00	0,49	0,49	0,369	0,02	0,29	6,04	98,13	53	26
MAF-3678-13	BA09-3678	2014	37535	Malartic	715290	5334910	17	Coulée ultramafique	41,34	5,70	10,85	23,90	0,186	8,25	0,31	0,38	0,326	0,02	0,31	8,96	100,20	113	8
MAF-3678-14	BA09-3678	2014	37536	Malartic	715290	5334910	17	Coulée ultramafique	44,61	8,99	13,49	14,47	0,246	11,53	2,91	1,03	0,564	0,04	0,25	2,23	100,10	70	56
MAF-4568-2	BA12-4568	2014	37556	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	42,78	5,76	10,84	22,38	0,152	6,91	0,12	2,34	0,328	0,01	0,41	8,35	99,97	123	96
MAF-4568-3	BA12-4568	2014	37557	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	46,94	5,04	9,19	18,48	0,165	9,46	0,87	2,47	0,258	0,01	0,29	6,15	99,03	129	420
MAF-4568-4	BA12-4568	2014	37558	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	41,14	4,59	8,88	21,92	0,166	9,24	0,30	2,61	0,261	0,04	0,29	10,93	100,10	231	284
MAF-4568-5	BA12-4568	2014	37559	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	44,12	4,81	9,37	22,84	0,151	7,15	0,27	2,47	0,250	0,02	0,29	8,28	99,73	89	69
MAF-4568-6	BA12-4568	2014	37560	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	37,71	4,62	9,14	22,97	0,173	7,24	0,06	2,37	0,263	0,01	0,26	14,45	99,01	449	274
MAF-4568-7	BA12-4568	2014	37561	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	47,21	5,51	9,13	17,06	0,135	6,41	0,80	3,36	0,293	0,01	0,27	8,93	98,84	129	189
MAF-4568-10	BA12-4568	2014	37562	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	41,88	3,86	6,61	15,98	0,170	15,17	1,63	0,81	0,229	0,02	0,22	12,76	99,12	210	61
MAF-4568-11	BA12-4568	2014	37563	Malartic	715325	5335284	17	Coulée ultramafique	42,92	4,61	9,41	21,75	0,177	8,41	0,22	3,17	0,283	0,02	0,26	9,26	100,20	126	136
MAF-3189-1	BA08-3189	2014	37564	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	43,58	6,24	10,64	23,19	0,149	6,70	0,08	0,03	0,291	0,02	0,31	8,12	99,04	38	3
MAF-3189-3	BA08-3189	2014	37565	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	38,65	4,13	9,56	22,02	0,208	7,41	0,02	2,70	0,293	0,02	0,26	13,43	98,44	158	134
MAF-3189-4	BA08-3189	2014	37566	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	40,47	5,97	10,49	23,45	0,172	7,28	0,06	0,26	0,315	0,03	0,31	9,55	98,03	112	88
MAF-3189-5	BA08-3189	2014	37567	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	49,74	5,21	9,24	21,45	0,150	7,02	0,09	3,88	0,299	< 0,01	0,28	3,00	100,10	43	155
MAF-3189-6	BA08-3189	2014	37568	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	44,39	4,49	8,65	21,19	0,164	8,96	0,09	2,94	0,234	0,01	0,26	8,75	99,86	187	164
MAF-3189-7	BA08-3189	2014	37569	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	40,84	6,68	11,35	20,19	0,181	7,24	0,09	3,66	0,387	0,03	0,36	9,38	100,00	173	198
MAF-3189-8	BA08-3189	2014	37570	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	39,25	6,41	10,36	21,43	0,172	8,46	0,16	0,63	0,393	0,03	0,27	12,31	99,60	164	53
MAF-3189-9	BA08-3189	2014	37571	Malartic	715291	5334907	17	Coulée ultramafique	44,45	6,67	10,43	20,79	0,163	8,90	0,15	0,91	0,367	0,02	0,28	7,64	100,50	94	75
AKF-235-7	IAX-13-235	2014	37574	ValdOr	307740	5324110	18	Andesite	48,79	15,00	6,78	3,27	0,161	11,17	2,56	1,53	0,747	0,17	0,01	10,71	100,90	312	294
Au-417-1	06-S-417	2014	37582	Rouyn	641968	5340011	17	Andesite basaltique	39,65	10,30	9,03	10,15	0,132	5,39	4,91	0,01	0,659	0,20	0,07	17,94	98,37	197	31

							Élément	SiO2	Al2O3	Fe2O3(T)	MgO	MnO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Cr2O3	PAF	Total	Sr	Ba	
							Unité	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	
							Limite de détection	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01		0,01	2	3	
							Méthode d'analyse	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	
Au-417-2	06-S-417	2014	37583	Rouyn	641968	5340011	17	Roche ultramafique indifferenciée	31,53	4,49	8,94	17,44	0,163	9,17	0,21	0,01	0,284	0,03	0,24	25,34	97,60	211	11
Au-417-3	06-S-417	2014	37584	Rouyn	641968	5340011	17	Roche ultramafique indifferenciée	40,44	6,67	10,67	24,49	0,124	4,43	0,06	0,18	0,321	0,02	0,33	12,18	99,60	57	229
Au-417-4	06-S-417	2014	37585	Rouyn	641968	5340011	17	Roche ultramafique indifferenciée	33,36	4,73	8,58	19,52	0,131	5,63	0,34	< 0,01	0,248	0,02	0,25	25,41	97,95	47	6
Au-417-5	06-S-417	2014	37586	Rouyn	641968	5340011	17	Coulée ultramafique	41,58	4,09	8,06	26,88	0,162	5,45	0,04	0,05	0,217	< 0,01	0,29	13,49	100,00	154	16
Au-417-6	06-S-417	2014	37587	Rouyn	641968	5340011	17	Roche ultramafique indifferenciée	30,84	4,56	7,79	9,73	0,322	19,07	1,09	0,13	0,244	0,04	0,27	23,88	97,69	133	24
Au-417-7	06-S-417	2014	37588	Rouyn	641968	5340011	17	Coulée ultramafique	39,60	4,58	8,67	26,65	0,181	5,93	0,04	0,03	0,210	0,01	0,28	14,15	100,00	205	8
Au-417-8	06-S-417	2014	37589	Rouyn	641968	5340011	17	Roche ultramafique indifferenciée	29,50	4,03	7,23	6,87	0,388	25,57	0,12	< 0,01	0,230	0,02	0,23	25,66	99,62	194	7
AU-417-9	06-S-417	2014	37590	Rouyn	641968	5340011	17	Roche ultramafique indifferenciée	31,28	4,68	9,33	18,35	0,165	8,44	0,30	0,01	0,302	0,03	0,26	25,48	98,36	209	8
AU-417-10	06-S-417	2014	37591	Rouyn	641968	5340011	17	Coulée ultramafique	45,03	4,54	8,18	27,66	0,119	3,71	0,04	0,03	0,239	< 0,01	0,31	11,19	100,80	99	9
AS-181-1	AS86-181	2014	37592	Rouyn	646763	5340040	17	Roche ultramafique indifferenciée	36,88	5,06	9,14	18,23	0,216	10,59	0,01	< 0,01	0,284	0,02	0,26	19,58	100,00	95	4
AS-181-2	AS86-181	2014	37593	Rouyn	646763	5340040	17	Roche ultramafique indifferenciée	37,40	5,16	8,92	13,44	0,243	12,43	0,01	< 0,01	0,319	0,01	0,29	22,26	100,20	59	3
AS-181-3	AS86-181	2014	37594	Rouyn	646763	5340040	17	Roche ultramafique indifferenciée	24,70	2,88	6,23	11,25	0,162	10,40	0,02	0,22	0,171	0,02	0,17	25,79	81,83	55	20
AS-181-4	AS86-181	2014	37595	Rouyn	646763	5340040	17	Roche ultramafique indifferenciée	32,64	4,91	8,06	18,31	0,148	8,36	0,03	< 0,01	0,233	< 0,01	0,25	25,06	97,76	72	4
AS-181-5	AS86-181	2014	37596	Rouyn	646763	5340040	17	Roche ultramafique indifferenciée	42,54	4,88	9,18	19,29	0,186	11,17	< 0,01	< 0,01	0,291	0,02	0,27	12,90	100,50	93	5
MA-42	PB-2014-155	2014	37597	Malartic	715657	5335282	17	Roche ultramafique indifferenciée	49,58	4,84	7,68	15,12	0,196	12,49	1,73	0,87	0,216	< 0,01	0,24	6,81	99,54	333	52
1879-A	PB-2015-1879	2015	60441	McWatters	654560	5342235	17	Andesite basaltique	56,18	15,78	12,42	4,69	0,052	1,64	0,66	1,33	1,333	0,08	0,05	5,71	99,87	150	99
1887-A	PB-2015-1887	2015	60449	Malartic	701244	5345111	17	Andesite basaltique	44,17	11,04	11,72	4,37	0,251	12,12	1,74	0,66	1,338	0,11	0,03	11,82	99,33	125	140
1887-B	PB-2015-1887	2015	60426	Malartic	701244	5345111	17	Basalte	52,44	14,24	12,85	5,06	0,226	4,46	2,80	0,37	1,491	0,14	0,03	6,36	100,40	141	151
1887-C	PB-2015-1887	2015	60247	Lapa	701244	5345111	17	Andesite basaltique	53,30	16,67	11,36	9,15	0,157	0,82	3,34	0,30	0,718	0,06	0,04	4,88	100,70	114	73
1892-A	PB-2015-1892	2015	60444	Pontiac	655401	5337179	17	Basalte	54,12	13,96	12,77	3,92	0,253	7,86	3,83	0,39	2,023	0,17	0,01	1,51	100,80	182	144
1893-A	PB-2015-1893	2015	60245	Pontiac	655309	5337287	17	Roche ultramafique indifferenciée	38,11	11,84	12,90	23,03	0,145	4,56	0,29	0,02	0,619	0,05	0,41	7,81	99,38	32	55
1895-A	PB-2015-1895	2015	60451	Pontiac	649028	5327840	17	Basalte	51,14	14,70	15,37	5,21	0,180	5,40	3,90	0,87	1,325	0,11	0,04	2,14	100,30	178	365
1926-A	PB-2015-1926	2015	60453	Malartic	712690	5336653	17	Andesite basaltique	50,75	16,67	9,92	7,11	0,189	7,81	3,18	1,74	0,521	0,05	0,04	1,54	99,49	82	131
1927-A	PB-2015-1927	2015	60432	Malartic	712646	5336601	17	Andesite basaltique	51,96	17,06	10,18	6,23	0,195	8,38	2,33	0,13	0,685	0,07	0,02	2,40	99,63	81	20
1927-D	PB-2015-1927	2015	60435	Malartic	712646	5336601	17	Andesite basaltique	51,40	17,28	10,45	6,82	0,207	8,57	2,49	0,16	0,681	0,06	0,02	2,70	100,80	82	21
1958-A	PB-2015-1958	2015	60442	Bousquet	691770	5345466	17	Andesite	59,20	15,30	6,86	4,11	0,110	4,24	4,60	0,57	0,831	0,18	0,04	4,35	100,30	439	252
1959-A	PB-2015-1959	2015	60428	Malartic	690349	5345221	17	Andesite	53,77	14,91	9,98	6,64	0,186	5,42	2,28	1,62	0,901	0,16	0,04	2,68	98,55	285	480
1974-A	PB-2015-1974	2015	60446	Malartic	706081	5340143	17	Basalte	49,20	14,22	13,65	7,16	0,192	7,56	2,91	0,17	0,999	0,07	0,03	4,22	100,30	88	23
1994-A	PB-2015-1994	2015	60454	Malartic	704907	5341121	17	Basalte	51,82	15,58	14,52	3,92	0,276	3,85	2,66	0,48	1,838	0,17	0,04	5,85	100,90	261	181
1994-D	PB-2015-1994	2015	60460	Pontiac	704907	5341121	17	Roche ultramafique indifferenciée	46,95	14,57	9,86	14,36	0,187	7,81	1,29	0,81	0,383	0,04	0,31	4,48	100,70	114	141
1996-A	PB-2015-1996	2015	60440	Malartic	704801	5341221	17	Andesite basaltique	49,79	15,77	8,67	4,10	0,207	7,58	2,94	1,14	0,697	0,08	0,02	8,76	99,73	204	204
1997-A	PB-2015-1997	2015	60448	Malartic	705101	5340733	17	Basalte	51,24	14,19	13,32	3,90	0,252	11,31	2,29	0,22	1,206	0,09	0,04	2,84	100,90	153	35
2423-A	PB-2015-2423	2015	60456	Malartic	706108	5340177	17	Andesite basaltique	56,68	14,19	9,95	4,25	0,147	6,55	2,77	1,17	0,833	0,12	0,04	3,42	100,10	298	282
2423-A2	PB-2015-2423	2015	60459	Malartic	706108	5340177	17	Basalte	49,43	13,48	11,05	4,46	0,208	8,62	2,98	0,60	1,621	0,15	0,02	8,19	100,80	250	135
2423-B	PB-2015-2423	2015	60443	Malartic	706108	5340177	17	Andesite basaltique	44,78	12,71	15,86	5,31	0,180	6,72	1,72	0,10	1,656	0,12	0,03	9,46	98,61	104	30
2423-C	PB-2015-2423	2015	60355	Malartic	706108	5340177	17	Dacite	72,80	14,36	2,82	1,41	0,028	1,80	5,34	0,95	0,258	0,09	< 0,01	0,98	100,80	70	272
2423-D	PB-2015-2423	2015	60351	Malartic	706108	5340177	17	Rhyolite	74,72	12,65	3,01	1,12	0,043	1,60	5,29	0,26	0,319	0,09	< 0,01	1,28	100,40	92	83
2424-A	PB-2015-2424	2015	60457	Malartic	706066	5340109	17	Andesite basaltique	56,91	14,06	9,42	4,08	0,143	6,42	2,84	1,34	0,805	0,11	0,05	3,72	99,84	307	325
2424-B	PB-2015-2424	2015	60364	Malartic	706066	5340109	17	Dacite	65,84	16,85	3,16	2,99	0,032	1,11	7,41	0,11	0,369	0,11	< 0,01	2,09	100,10	83	41
2424-C	PB-2015-2424	2015	60438	Malartic	706066	5340109	17	Andesite basaltique	50,65	13,80	12,38	6,67	0,190	9,25	3,64	0,13	0,909	0,07	0,05	3,10	100,80	120	34
2424-C3	PB-2015-2424	2015	60455	Malartic	706066	5340109	17	Andesite basaltique	42,25	17,55	10,17	9,07	0,155	7,75	2,91	0,35	0,547	0,04	0,07	9,98	100,80	109	58
2424-D1	PB-2015-2424	2015	60445	Malartic	706066	5340109	17	Andesite basaltique	47,95	13,83	13,27	5,87	0,201	7,46	2,61	0,82	1,002	0,07	0,03	7,18	100,30	108	192
2424-D2	PB-2015-2424	2015	60437	Malartic	706066	5340109	17	Andesite basaltique	52,08	13,15	14,45	5,99	0,204	6,71	1,89	0,44	1,144	0,09	0,01	4,76	100,90	128	82

								Élément	SiO2	Al2O3	Fe2O3(T)	MgO	MnO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	Cr2O3	PAF	Total	Sr	Ba	
								Unité	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
								Limite de détection	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01		0,01	2	3	
								Méthode d'analyse	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	FUS-ICP	
2424-D3	PB-2015-2424	2015	60433	Malartic	706066	5340109	17	Andesite basaltique	48,21	13,36	12,55	5,96	0,169	6,36	2,22	0,25	0,900	0,08	0,03	10,59	100,60	110	39	
2424-D4	PB-2015-2424	2015	60430	Malartic	706066	5340109	17	Basalte	51,61	14,49	12,38	6,66	0,177	3,75	2,31	0,45	1,027	0,08	0,03	6,17	99,11	87	109	
2427-A	PB-2015-2427	2015	60452	Malartic	704928	5340866	17	Basalte	50,59	13,27	14,03	4,77	0,208	11,17	2,06	0,27	1,147	0,08	0,03	2,87	100,50	221	41	
2428-B	PB-2015-2428	2015	60436	Malartic	704907	5340929	17	Basalte	49,55	14,12	15,03	6,95	0,236	7,98	2,77	0,22	1,180	0,10	0,04	1,93	100,10	108	30	
2429-A	PB-2015-2429	2015	60427	Malartic	704828	5340987	17	Basalte	49,58	13,59	15,06	5,74	0,230	8,78	2,09	0,25	1,223	0,10	0,04	3,04	99,68	119	41	
2450-E	PB-2015-2450	2015	60429	Bousquet	688717	5345155	17	Andesite basaltique	55,34	14,05	6,38	4,28	0,137	6,72	3,83	0,44	0,976	0,08	0,03	7,58	99,83	210	62	
2450-E2	PB-2015-2450	2015	60447	Bousquet	688717	5345155	17	Andesite basaltique	45,63	13,44	8,96	4,74	0,208	9,49	3,51	0,09	0,955	0,08	0,05	13,13	100,20	165	28	
2450-ED	PB-2015-2450	2015	60434	Bousquet	688717	5345155	17	Andesite basaltique	56,54	14,10	6,01	4,09	0,129	6,61	4,09	0,41	0,985	0,08	0,03	7,61	100,60	210	51	
2451-A	PB-2015-2451	2015	60458	Bousquet	688634	5345114	17	Andesite basaltique	51,27	12,81	10,62	5,36	0,224	6,81	3,16	0,06	1,134	0,09	0,01	8,06	99,59	143	21	
2451-B	PB-2015-2451	2015	60357	Bousquet	688634	5345114	17	Andesite basaltique	56,92	15,08	7,84	4,89	0,100	5,69	3,64	1,29	1,099	0,28	0,03	3,35	100,20	302	404	
2451-BD	PB-2015-2451	2015	60354	Bousquet	688634	5345114	17	Andesite basaltique	57,85	15,12	7,67	4,97	0,096	5,46	3,79	1,21	1,083	0,28	0,03	2,96	100,50	314	394	
2451-C	PB-2015-2451	2015	60358	Bousquet	688634	5345114	17	Andesite	60,15	13,44	8,25	4,14	0,086	5,43	3,29	1,31	0,970	0,25	0,02	2,32	99,65	335	409	
2508-A2	PB-2015-2508	2015	60352	Lapa	702409	5343667	17	Andesite	45,34	15,31	10,45	9,80	0,240	7,36	2,86	0,07	0,358	0,06	< 0,01	7,80	99,66	79	37	
2519-A	PB-2015-2519	2015	60439	McWatters	655429	5341945	17	Andesite	53,89	12,87	6,20	5,33	0,108	6,61	2,23	1,27	0,537	0,12	0,05	11,31	100,50	233	168	
2520-C1	PB-2015-2520	2015	60356	McWatters	655563	5341802	17	Andesite	51,87	12,18	6,27	5,16	0,129	7,74	2,30	1,56	0,652	0,13	0,03	11,69	99,66	223	615	
2520-G	PB-2015-2520	2015	60093	McWatters	655563	5341802	17	Dacite	62,95	15,64	5,93	3,36	0,065	1,41	4,22	1,13	0,555	0,20	0,03	3,55	99,01	546	506	
2525-A2	PB-2015-2525	2015	60353	ValdOr	309441	5324183	18	Andesite	52,95	16,71	7,55	3,72	0,105	6,72	3,75	0,83	0,857	0,22	< 0,01	7,13	100,50	351	112	
F17-A	AAX-07-17	2015	60049	Malartic	294769	5326821	18	Coulée ultramafique	36,27	5,85	8,47	13,49	0,113	13,39	0,58	< 0,01	0,311	0,03	0,28	21,88	100,4	122	5	
F17-B	AAX-07-17	2015	60048	Malartic	294754	5326743	18	Coulée ultramafique	38,91	6,88	11,24	22,4	0,145	5,95	0,17	< 0,01	0,39	< 0,01	0,33	12,39	98,5	38	5	

	Nb	V	Co	Ga	Ge	Ag	In	Sn	Cs	Pb	Be	Hf	Ta	W	Tl	Bi	Th	U	Rb	Y	Zr	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	0,2	5	1	1	0,5	0,5	0,1	1	0,1	3	1	0,1	0,01	0,5	0,05	0,1	0,05	0,01	1	0,5	1	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,01
	FUS-MS	FUS-ICP	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-ICP	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS
Analyse																													
37510	3,2	182	73	9	3,4	< 0,5	< 0,1	< 1	10,4	< 3	4	0,5	< 0,01	0,9	0,53	0,2	0,34	0,21	93	6,1	19	1,37	2,75	0,39	1,83	0,61	0,443	0,77	0,17
37511	4,6	105	82	6	1,8	3,7	< 0,1	1	0,4	< 3	< 1	0,4	0,19	7,4	0,27	0,2	0,4	0,01	< 1	5,5	10	9,05	12,9	1,26	4,13	0,64	0,194	0,71	0,14
37512	4,5	121	84	7	2,5	3,3	< 0,1	1	20,4	< 3	< 1	0,4	0,17	7,7	0,85	< 0,1	0,39	0,25	127	4,9	12	1	2	0,3	1,48	0,54	0,171	0,58	0,12
37513	4,5	149	78	8	3,1	3,2	< 0,1	1	17,2	< 3	2	0,3	0,18	10,2	0,9	< 0,1	0,27	0,25	117	6,4	11	0,9	1,85	0,29	1,63	0,59	0,267	0,75	0,16
37514	4,2	115	75	6	2	2,9	< 0,1	1	3,6	< 3	< 1	0,3	0,15	6,6	0,3	< 0,1	0,23	0,09	16	4,3	10	1,28	2,19	0,31	1,47	0,49	0,162	0,58	0,11
37515	4,1	118	80	7	2,6	3,2	< 0,1	1	13	< 3	1	0,4	0,21	7,4	0,62	< 0,1	0,27	0,32	85	6	12	1,23	2,26	0,33	1,56	0,68	0,226	0,87	0,16
37516	6,9	377	48	17	1,2	3,6	< 0,1	2	5,7	5	2	1,6	0,35	33,7	0,44	0,5	1,07	1,12	36	21,7	56	6,34	14,1	2,02	9,24	2,72	0,967	3,08	0,59
37517	4,1	150	67	13	2,5	3,3	< 0,1	1	3,5	4	6	0,3	0,17	9,4	0,28	0,2	0,92	0,27	22	5,9	10	7,49	11,8	1,26	4,48	0,94	0,741	0,93	0,16
37518	3,8	173	63	14	2,1	2,7	< 0,1	< 1	6,7	13	5	0,3	0,16	18,4	0,33	0,3	0,33	0,37	41	5,9	10	1,45	3,13	0,46	2,13	0,74	0,577	0,84	0,16
37519	3,5	208	85	14	1,8	2,4	< 0,1	< 1	0,7	6	< 1	0,4	0,13	8	0,12	0,2	0,24	0,18	1	5,5	11	1	1,93	0,29	1,51	0,58	0,148	0,69	0,14
37520	3,3	225	73	22	2,5	2,7	< 0,1	< 1	19	< 3	4	0,3	0,16	5,4	0,71	< 0,1	0,21	0,11	112	4,8	10	2,23	3,82	0,46	2,11	0,6	0,261	0,66	0,13
37521	3,3	199	74	10	1,6	2,7	< 0,1	1	1	< 3	< 1	0,6	0,17	5,8	0,17	< 0,1	0,15	0,02	1	9,2	20	1,32	3,27	0,61	3,54	1,65	0,637	1,7	0,32
37522	3	119	92	6	1,4	2,3	< 0,1	1	0,5	< 3	< 1	0,4	0,15	9,5	0,09	< 0,1	0,11	0,02	< 1	6,2	12	0,78	1,88	0,3	1,74	0,72	0,229	0,81	0,17
37523	3,2	137	84	7	1,5	2,9	< 0,1	1	0,4	< 3	< 1	0,4	0,14	5,8	0,1	< 0,1	0,2	0,01	< 1	5,7	12	1,31	2,39	0,33	1,57	0,54	0,23	0,67	0,15
37524	3,3	139	83	8	1,5	2,6	< 0,1	< 1	0,3	< 3	< 1	0,5	0,14	5,7	0,08	< 0,1	0,1	0,01	< 1	3,9	16	0,56	1,28	0,22	1,13	0,45	0,165	0,52	0,1
37527	2,6	115	80	6	1	1,8	< 0,1	< 1	0,4	< 3	< 1	0,3	0,13	5,7	0,07	< 0,1	0,12	< 0,01	< 1	4,8	11	0,69	1,44	0,25	1,27	0,45	0,256	0,64	0,13
37529	2,6	125	79	7	1,5	1,8	< 0,1	< 1	0,5	< 3	< 1	0,5	0,09	4,3	0,05	< 0,1	0,16	< 0,01	< 1	4,4	14	0,94	1,66	0,24	1,25	0,48	0,183	0,56	0,12
37530	11,7	117	93	6	1,6	1,6	< 0,1	< 1	0,4	3	< 1	0,4	0,11	3,4	< 0,05	< 0,1	0,07	0,01	2	5,3	12	1,19	2,38	0,34	1,75	0,52	0,171	0,68	0,13
37531	2,3	107	94	9	2,4	1,4	< 0,1	< 1	5,4	6	< 1	0,3	0,1	4,1	0,59	0,2	0,14	0,44	94	4,7	11	0,89	1,69	0,23	1,17	0,44	0,133	0,57	0,12
37532	2,2	135	90	7	1,7	1,8	< 0,1	< 1	3	6	< 1	0,4	0,09	5,1	0,36	0,1	0,12	0,01	43	6,1	14	1,13	2,54	0,38	1,82	0,6	0,186	0,81	0,16
37533	2,4	116	86	7	1,6	2	< 0,1	< 1	7,5	< 3	< 1	0,4	0,13	3,9	0,73	0,2	0,11	0,03	108	6,3	15	1	2,2	0,38	1,91	0,69	0,232	0,89	0,17
37534	2,2	143	87	9	2	1,8	< 0,1	< 1	3,4	< 3	< 1	0,6	0,08	3,3	0,27	0,2	0,43	0,07	23	7,5	19	1,52	3,41	0,54	2,71	1,06	0,338	1,16	0,22
37535	2,1	134	83	7	1,6	1,5	< 0,1	< 1	5,2	< 3	< 1	0,4	0,05	3,6	0,19	0,4	0,3	0,05	20	6,1	13	1,27	2,7	0,43	2,27	0,77	0,265	0,88	0,18
37536	2,6	231	81	11	2	1	< 0,1	< 1	5,1	3	< 1	0,7	0,13	4,7	0,33	< 0,1	0,34	0,03	40	11,5	25	2,22	5,28	0,84	4,36	1,51	0,741	1,62	0,31
37556	0,8	154	91	9	2,1	< 0,5	< 0,1	< 1	13,1	4	2	0,5	< 0,01	2,4	0,58	0,1	0,11	0,2	103	7,2	16	1,11	2,33	0,38	2,05	0,82	0,221	1,02	0,2
37557	2	118	78	10	4,2	1,2	< 0,1	< 1	12,9	4	3	0,4	0,08	3,4	0,68	0,2	0,14	0,87	103	5	14	2,2	3	0,36	1,78	0,53	0,374	0,79	0,15
37558	2	111	78	9	3	< 0,5	< 0,1	< 1	11,3	3	2	0,4	< 0,01	< 0,5	0,64	< 0,1	0,1	1,24	94	5,3	14	1,77	2,91	0,39	1,92	0,58	0,363	0,71	0,15
37559	1,5	122	76	8	3	< 0,5	< 0,1	< 1	12,2	< 3	2	0,4	< 0,01	0,6	0,69	< 0,1	0,07	0,34	94	5,7	13	0,7	1,6	0,28	1,59	0,61	0,411	0,73	0,15
37560	1,5	110	79	6	3,1	1,3	< 0,1	< 1	9,1	5	2	0,4	0,04	2,2	0,82	< 0,1	0,1	0,29	95	4,9	14	0,89	1,84	0,31	1,57	0,57	0,274	0,74	0,14
37561	2,4	121	73	21	3,5	1,1	< 0,1	< 1	13,4	6	4	0,4	0,04	1,9	1,18	< 0,1	0,16	1,36	176	5,4	15	3,33	5,62	0,6	2,28	0,66	0,223	0,74	0,15
37562	1,9	122	55	7	3	1,4	< 0,1	< 1	3,8	10	< 1	0,3	0,04	5,3	0,47	< 0,1	0,09	0,49	38	3,8	10	1,15	2,18	0,31	1,62	0,48	0,669	0,63	0,12
37563	1,7	125	78	7	3	1,2	< 0,1	< 1	15,1	41	1	0,4	0,05	2	0,99	0,6	0,16	0,52	144	5,1	13	1,23	2,51	0,4	1,95	0,7	0,257	0,88	0,16
37564	1,5	142	90	8	2,6	1,2	< 0,1	< 1	0,5	< 3	< 1	0,4	0,03	2,2	0,17	0,4	0,1	0,03	2	6,3	13	0,83	1,99	0,33	1,74	0,63	0,241	0,85	0,17
37565	1,7	113	93	8	2,2	1,6	< 0,1	< 1	9,6	13	< 1	0,4	0,1	1,9	0,79	0,4	0,21	0,03	120	2,9	14	1	2,09	0,29	1,58	0,46	0,156	0,54	0,09
37566	1,3	132	85	7	2,1	1,1	< 0,1	< 1	2,2	4	< 1	0,4	0,02	12,9	0,24	0,2	0,08	0,02	15	6,2	14	0,85	2,17	0,35	2,13	0,7	0,306	0,97	0,18
37567	1,8	117	77	12	3,8	1,5	< 0,1	< 1	17,2	8	2	0,5	0,06	2,8	1,33	1	0,16	0,45	206	5,2	14	1,99	3,52	0,42	1,94	0,59	0,259	0,8	0,15
37568	1,4	108	77	8	3,7	1,6	< 0,1	< 1	12,4	55	2	0,3	0,03	1,7	1,07	3	0,14	0,76	146	5,5	11	1,61	2,93	0,39	1,96	0,64	0,319	0,81	0,15
37569	1,6	159	85	9	2,4	1,3	< 0,1	< 1	15	3	1	0,6	0,05	1,7	1,28	< 0,1	0,12	0,03	177	7,2	17	1,06	2,35	0,36	2,05	0,73	0,237	1,05	0,19
37570	1,5	135	86	8	2	1,2	< 0,1	< 1	1,8	4	< 1	0,6	0,03	2															

	Nb	V	Co	Ga	Ge	Ag	In	Sn	Cs	Pb	Be	Hf	Ta	W	Tl	Bi	Th	U	Rb	Y	Zr	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	0,2	5	1	1	0,5	0,5	0,1	1	0,1	3	1	0,1	0,01	0,5	0,05	0,1	0,05	0,01	1	0,5	1	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,01
	FUS-MS	FUS-ICP	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-ICP	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS
37583	1	119	69	6	1,2	0,8	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,3	< 0,01	6,6	< 0,05	< 0,1	0,1	0,01	< 1	5,5	12	1,07	2,41	0,37	1,95	0,72	0,293	0,89	0,17
37584	0,9	146	83	8	1,7	1,1	< 0,1	< 1	7,3	< 3	< 1	0,4	0,01	2,4	0,01	< 0,1	0,07	0,01	11	5,9	13	0,66	1,43	0,24	1,38	0,58	0,206	0,79	0,16
37585	0,7	107	71	6	1,3	0,8	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,3	< 0,01	4,6	< 0,05	< 0,1	< 0,05	0,01	< 1	5,1	10	0,5	1,29	0,22	1,33	0,56	0,235	0,76	0,14
37586	0,7	93	92	5	1,6	0,7	< 0,1	< 1	4,2	< 3	< 1	0,2	< 0,01	2,3	0,06	< 0,1	0,06	< 0,01	5	5,8	7	0,71	1,64	0,27	1,5	0,54	0,256	0,79	0,15
37587	0,8	105	68	6	1,1	0,6	< 0,1	< 1	1,1	27	< 1	0,3	0,02	576	0,07	< 0,1	0,07	0,01	5	4,9	9	0,69	1,53	0,26	1,38	0,49	0,202	0,72	0,14
37588	0,6	101	86	6	1,6	0,6	< 0,1	< 1	5,1	< 3	< 1	0,3	< 0,01	11,9	< 0,05	< 0,1	0,08	< 0,01	2	5	8	0,71	1,61	0,25	1,29	0,5	0,306	0,7	0,14
37589	0,8	93	65	5	1	0,7	< 0,1	< 1	0,3	< 3	< 1	0,3	< 0,01	4,9	0,09	< 0,1	0,09	0,02	< 1	5,2	8	1,22	2,22	0,32	1,58	0,61	0,243	0,76	0,14
37590	1,4	119	70	6	0,8	< 0,5	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,4	< 0,01	2,6	0,13	< 0,1	0,07	0,01	< 1	5,9	14	0,83	2,12	0,36	1,88	0,62	0,253	0,84	0,16
37591	0,6	93	89	5	1,9	< 0,5	< 0,1	< 1	4,2	< 3	< 1	0,3	< 0,01	5,5	< 0,05	< 0,1	0,05	< 0,01	3	4,1	8	0,44	1,07	0,19	0,95	0,36	0,179	0,56	0,11
37592	0,7	117	73	6	1,5	< 0,5	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,4	< 0,01	2,4	< 0,05	< 0,1	0,08	0,01	< 1	5,2	10	0,85	1,91	0,3	1,48	0,6	0,226	0,85	0,15
37593	0,6	122	81	7	1,3	0,6	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	< 0,01	5,1	< 0,05	< 0,1	0,06	0,02	< 1	6,7	12	1,12	2,28	0,38	2,21	0,74	0,257	0,89	0,17
37594	0,5	71	52	4	0,7	< 0,5	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,2	< 0,01	56,2	< 0,05	< 0,1	< 0,05	< 0,01	5	3,4	6	0,56	1,34	0,21	1,1	0,38	0,137	0,55	0,09
37595	0,5	102	71	6	1,2	0,6	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,3	< 0,01	6,2	< 0,05	0,1	0,06	0,01	< 1	5	9	0,73	1,47	0,23	1,32	0,44	0,185	0,67	0,13
37596	0,7	114	87	7	2,1	0,6	< 0,1	< 1	0,2	5	< 1	0,4	< 0,01	2,9	< 0,05	< 0,1	0,1	0,02	< 1	5,3	12	1,68	3,13	0,45	2,25	0,7	0,386	0,95	0,16
37597	0,4	166	58	14	2,6	< 0,5	< 0,1	< 1	5,8	9	4	0,2	< 0,01	16,8	0,18	0,2	0,16	0,37	35	6,2	9	1,89	3,82	0,51	2,44	0,84	0,686	1,01	0,18
60441	5,1	322	53	22	3,8		< 0,1	1	0,9	< 3	< 1	3,6	0,37	15,3	0,22	< 0,1	0,6	0,2	41	49,0	117	7,19	18,7	2,94	15	4,88	1,46	6,68	1,21
60449	3,6	342	44	17	1,2		< 0,1	1	2,5	< 3	< 1	2,2	0,27	2,4	0,06	< 0,1	0,41	0,14	20	29,5	68	5,07	12,7	1,94	10,5	3,37	1,18	4,41	0,76
60426	4,7	353	46	21	1,7		0,1	1	0,5	< 3	< 1	2,6	0,37	4,9	< 0,05	< 0,1	0,8	0,27	8	27,3	86	5,88	14,7	2,2	10,9	3,07	1,24	3,95	0,71
60247	2	254	43	17	1,9		< 0,1	< 1	1,6	< 3	< 1	1,3	0,18	0,8	0,05	< 0,1	0,35	0,12	7	17,9	44	4,47	6,9	1,32	5,87	1,73	0,681	2,59	0,47
60444	4,5	421	49	24	2,1		0,1	1	0,2	< 3	< 1	3,3	0,32	1,6	0,06	< 0,1	0,57	0,18	7	42,3	109	6,28	16,6	2,69	13,7	4,55	1,68	6,43	1,14
60245	0,6	220	64	14	1,2		< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,8	0,08	0,6	< 0,05	0,2	< 0,05	0,04	< 1	9,0	27	0,7	1,89	0,36	2,15	0,85	0,165	1,43	0,27
60451	2,4	357	57	17	1,5		0,1	5	0,7	< 3	< 1	2,1	0,21	0,6	0,08	< 0,1	0,38	0,13	23	34,5	68	2,95	6,68	1,03	5,45	2,39	1,13	3,73	0,75
60453	2	211	48	11	1,5		< 0,1	< 1	8,5	5	< 1	1,2	0,19	0,6	0,43	0,2	0,24	0,14	79	21,1	37	3,06	7,29	1,11	5,38	1,59	0,524	2,18	0,43
60432	2,2	233	46	14	1,6		< 0,1	< 1	0,4	< 3	< 1	1,4	0,2	1,2	0,51	< 0,1	0,37	0,12	2	24,2	45	3,5	8,23	1,26	6,1	1,77	0,617	2,52	0,5
60435	2	247	52	13	1,8		< 0,1	< 1	0,4	< 3	< 1	1,5	0,18	1,2	0,22	< 0,1	0,36	0,11	3	24,2	46	3,39	8,39	1,24	6,01	1,84	0,558	2,57	0,49
60442	4,5	138	23	17	1,3		< 0,1	1	0,7	4	< 1	3,2	0,4	3,4	0,15	< 0,1	2,53	0,74	16	18,5	112	16,4	35,4	4,63	18,7	4,2	1,14	3,87	0,56
60428	4,4	170	31	18	1,3		< 0,1	1	3,1	3	< 1	2,7	0,37	1,3	0,07	< 0,1	2,21	0,62	42	15,3	102	12,4	26,6	3,49	14,8	3,5	0,988	3,6	0,51
60446	1,7	320	52	18	1,9		< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	1,5	0,13	0,8	< 0,05	< 0,1	0,22	0,08	2	20,7	45	2,76	7,2	1,14	5,92	1,98	0,735	2,92	0,53
60454	4,5	449	53	20	1,5		0,1	2	2,4	4	< 1	2,9	0,34	1	0,18	< 0,1	0,51	0,17	21	33,2	91	6,06	15,8	2,5	12,4	3,88	1,48	5,15	0,92
60460	0,8	158	60	8	1,4		< 0,1	< 1	1,8	< 3	< 1	0,7	0,08	< 0,5	0,19	< 0,1	0,13	0,04	41	13,4	22	1,48	3,59	0,59	3,16	0,95	0,346	1,39	0,26
60440	1,8	190	31	18	1,3		< 0,1	< 1	0,7	6	< 1	1,2	0,15	9,2	0,2	< 0,1	0,64	0,22	41	10,6	43	4,48	10,1	1,37	5,79	1,48	0,613	1,75	0,31
60448	2,3	360	49	17	1,6		< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	2	0,21	0,6	< 0,05	< 0,1	0,33	0,1	1	27,0	58	3,85	10,3	1,69	8,43	3,12	1,07	4,15	0,72
60456	3,8	221	35	20	1,4		< 0,1	< 1	2,5	8	< 1	2,6	0,31	1	0,21	0,1	3,89	1,35	48	19,3	89	19,9	37,9	4,67	18,6	3,85	1,05	3,76	0,56
60459	7,5	407	51	18	1,7		0,1	< 1	2,8	< 3	< 1	2,6	0,31	0,6	0,14	< 0,1	0,8	0,18	20	27,8	86	6,73	16,3	2,56	12,7	3,97	1,4	5,33	0,93
60443	3,1	435	49	20	1,2		< 0,1	< 1	0,3	< 3	< 1	1,9	0,24	1	0,06	< 0,1	0,41	0,12	4	21,8	60	4,03	9,99	1,49	7,75	2,47	0,972	3,18	0,55
60355	1,9	33	7	18	0,8		< 0,1	< 1	4,4	< 3	< 1	2,3	0,26	1,1	< 0,05	< 0,1	1,49	0,64	31	5,7	91	5,62	14,7	1,77	6,99	1,41	0,556	1,25	0,19
60351	4,2	19	7	16	1,1		< 0,1	< 1	3,6	< 3	< 1	3,6	0,41	0,5	< 0,05	< 0,1	2,02	0,56	13	15,1	159	11,7	25,3	2,98	12,4	2,84	0,826	2,7	0,42
60457	3,6	204	33	19	1,5		< 0,1	< 1	2,7	10	< 1	2,8	0,34	1,4	0,26	0,1	4,42	1,58	53	18,2	93	19,3	37,3	4,52	17,7	3,6	1,07	3,68	0,55
60364	1,2	50	11	21	< 0,5		< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	1,8	0,2	0,7	< 0,05	< 0,1	1,38	0,44	2	5,1	78	11,9	19	2,75	11,6	2,34	0,588	1,97	0,24
60438	3	289	46	17	2,1		< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	1,6	0,24	0,9	0,1	< 0,1	0,35	0,1	1	22,4	54	4,49	10,9	1,59	7,89	2,38	0,765	3,01	0,55
60455	1,2	174	55	14	1,5		< 0,1	< 1	0,6	< 3	< 1	0,9	0,13	0,9	0,09	< 0,1	0,17	0,04	11	10,5	26	2,11	5,2	0,84	4,2	1,31	0,505	1,73	0,28
60445	1,6	319	45	17	1,8		< 0,1	1	0,7	< 3	< 1	1,6	0,17	1,2	0,1	< 0,1	0,27	0,08	21	21,8	44	3,29	8,37	1,39	7,13	2,35	0,85	3,39	0,59
60437	2,4	355	45	16	1,9		< 0,1	2	0,3	< 3	< 1	1,7	0,15	0,8	0,11	< 0,1	0,23	0,08	9	24,6	54	3,36	8,53	1,36	6,74	2,4	0,882	3,41	0,6

	Nb	V	Co	Ga	Ge	Ag	In	Sn	Cs	Pb	Be	Hf	Ta	W	Tl	Bi	Th	U	Rb	Y	Zr	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	0,2	5	1	1	0,5	0,5	0,1	1	0,1	3	1	0,1	0,01	0,5	0,05	0,1	0,05	0,01	1	0,5	1	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,01
	FUS-MS	FUS-ICP	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-ICP	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS
60433	1,8	301	47	17	1,9		< 0,1	< 1	1,8	< 3	< 1	1,5	0,17	1,5	0,35	< 0,1	0,26	0,08	8	21,8	43	3,37	8,48	1,34	7,12	2,41	0,922	3,45	0,61
60430	2,1	329	53	16	1,9		0,1	< 1	3	< 3	< 1	1,4	0,15	1,2	1,24	< 0,1	0,29	0,1	15	20,2	43	3,12	7,77	1,27	6,37	2,05	0,788	2,78	0,53
60452	2,6	346	50	18	2,1		< 0,1	1	0,2	< 3	< 1	1,9	0,19	0,6	< 0,05	< 0,1	0,3	0,09	7	27,8	59	3,47	8,65	1,44	7,06	2,49	1,23	3,58	0,67
60436	2,8	346	45	19	1,9		0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	2,1	0,2	1,5	0,19	< 0,1	0,36	0,09	3	28,3	64	4,03	10,7	1,73	8,74	2,98	1,1	3,93	0,74
60427	2,9	334	51	19	1,9		< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	2,1	0,24	1,2	< 0,05	< 0,1	0,37	0,1	4	28,5	64	4,18	11	1,77	8,93	3,12	1,19	4,42	0,78
60429	3	257	46	16	1,5		< 0,1	1	0,5	4	< 1	1,7	0,24	3,1	0,13	< 0,1	0,4	0,13	17	20,2	55	4,26	10,5	1,54	7,42	2,3	1,01	3,02	0,53
60447	2,6	263	44	16	1,6		< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	1,7	0,22	1,3	< 0,05	< 0,1	0,31	0,09	3	21,2	51	3,89	9,73	1,52	7,54	2,36	0,841	3,22	0,55
60434	3,1	268	41	16	1,6		0,1	1	0,4	4	< 1	1,7	0,23	3,8	0,38	< 0,1	0,45	0,15	15	19,0	57	3,96	9,87	1,46	7,65	2,32	0,801	2,89	0,53
60458	7,6	351	46	17	1,5		< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	2,2	0,32	0,8	< 0,05	< 0,1	0,67	0,18	2	20,9	70	4,62	10,1	1,45	6,67	2,01	0,81	2,95	0,59
60357	6,5	168	29	19	1,1		< 0,1	1	2,8	4	< 1	4,6	0,52	1,4	0,23	< 0,1	4,16	1,07	41	20,8	168	24	53,1	6,98	28,5	6,01	1,4	4,85	0,71
60354	6,7	171	23	18	1,3		< 0,1	1	2,6	4	1	4,5	0,52	1,4	0,22	< 0,1	4,01	1,03	39	20,3	165	24,4	52,7	6,8	27,5	5,51	1,31	4,67	0,7
60358	5,9	162	25	18	1,3		< 0,1	1	2,6	5	1	4,2	0,48	1,5	0,25	< 0,1	3,99	1,05	42	19,9	158	24,5	52,5	6,78	27,7	5,42	1,49	4,47	0,69
60352	1,2	156	42	8	1,1		< 0,1	< 1	0,4	< 3	< 1	0,8	0,12	0,8	< 0,05	< 0,1	0,25	0,06	2	13,3	28	2,5	5,69	0,86	4,1	1,18	0,418	1,46	0,27
60439	2,9	112	19	15	0,9		< 0,1	< 1	1,3	5	< 1	2,4	0,29	1,1	0,19	< 0,1	1,31	0,38	33	11,7	77	10	21,3	2,69	11,2	2,6	0,792	2,46	0,38
60356	2,5	143	22	14	1,2		< 0,1	< 1	3,6	4	< 1	2	0,23	3	0,12	< 0,1	1,07	0,29	38	12,5	74	9,08	19,9	2,76	11,3	2,61	0,814	2,54	0,38
60093	4,2	101	20	21	1,4		< 0,1	< 1	2,8	17	2	3,3	0,43	2,1	0,28	0,3	6,87	2,2	39	11,1	115	30,9	61,8	7,16	27,4	4,72	1,24	3,51	0,42
60353	4,9	158	17	19	1,3		< 0,1	< 1	1,5	3	< 1	2,3	0,36	1,8	0,09	< 0,1	0,93	0,25	25	13,6	87	9,63	20,9	2,8	12	2,89	0,81	2,73	0,44
60049	0,4	131	84	8	1,4		< 0,1	< 1	0,2	10	< 1	0,5	0,06	3,9	< 0,05	< 0,1	0,05	0,04	< 1	5,9	10	0,58	1,36	0,22	1,33	0,51	0,28	0,86	0,16
60048	0,9	152	100	9	1,4		< 0,1	< 1	0,4	< 3	< 1	0,6	0,1	4,8	0,06	0,1	0,13	0,08	< 1	5,2	15	0,72	1,82	0,28	1,67	0,63	0,211	0,78	0,14

	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Cd	Cu	Ni	Mo	Zn	S(ppm)	Au	As	Br	Cr	Fe	Ir	Na	Sc	Sb	Se	Masse
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppb	%	ppm	ppm	ppm	g
	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01	0,002	0,5	1	1	1	1	100	2	0,5	0,5	5	0,01	5	0,01	0,1	0,1	3	
	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA
Analyse																							
37510	1,02	0,21	0,59	0,091	0,65	0,101	< 0,5	43	1090	< 1	78	600	21	3,7	< 0,5	2280	7,78	< 5	0,76	20,6	0,5	< 3	22,1
37511	0,94	0,2	0,6	0,084	0,56	0,089	< 0,5	23	1400	< 1	38	1500	< 2	5,1	< 0,5	2120	6,95	< 5	0,05	16,7	1,6	< 3	21,7
37512	0,78	0,17	0,5	0,075	0,52	0,083	< 0,5	7	1260	< 1	47	300	< 2	< 0,5	< 0,5	2220	7,08	< 5	0,07	17,9	0,7	< 3	21,3
37513	1,09	0,23	0,64	0,096	0,65	0,11	< 0,5	5	1080	< 1	52	400	< 2	< 0,5	< 0,5	1980	6,43	< 5	0,69	18,3	1,2	< 3	23,7
37514	0,78	0,16	0,46	0,066	0,42	0,068	< 0,5	54	1380	< 1	53	500	< 2	< 0,5	< 0,5	2200	6,86	< 5	0,12	17,5	2	< 3	20,1
37515	1,08	0,22	0,66	0,099	0,63	0,096	< 0,5	39	1140	< 1	49	500	< 2	< 0,5	< 0,5	2110	7,25	< 5	0,41	18,8	0,7	< 3	19
37516	3,88	0,8	2,27	0,333	2,33	0,369	< 0,5	971	144	< 1	65	17500	4300	< 0,5	< 0,5	263	10	< 5	3,6	38,1	1,2	< 3	28,9
37517	1,04	0,22	0,6	0,088	0,6	0,096	< 0,5	41	1080	< 1	91	3800	761	1,7	< 0,5	1720	5,78	< 5	1,32	13,4	0,6	< 3	28,5
37518	1,03	0,21	0,58	0,081	0,51	0,082	0,6	36	864	< 1	56	5500	5820	11,5	< 0,5	1720	5,37	< 5	1,15	15,1	0,6	< 3	25,5
37519	0,9	0,2	0,57	0,086	0,61	0,093	< 0,5	5	1270	< 1	50	3700	4860	10,1	< 0,5	2320	7,45	< 5	0,04	19,1	1,2	< 3	20
37520	0,87	0,19	0,55	0,091	0,62	0,102	< 0,5	84	995	< 1	57	400	3830	< 0,5	< 0,5	1930	6,55	< 5	0,52	17,6	0,8	< 3	21,5
37521	1,99	0,37	1	0,15	1,01	0,141	< 0,5	161	618	< 1	78	500	37	21,2	< 0,5	2000	9,23	< 5	0,03	30,6	0,3	< 3	21,7
37522	1,12	0,23	0,66	0,096	0,63	0,101	< 0,5	7	1200	< 1	54	500	12	146	< 0,5	2180	7,58	< 5	0,03	19,5	1,8	< 3	18,8
37523	0,96	0,21	0,62	0,088	0,52	0,081	< 0,5	14	1090	< 1	51	500	< 2	221	< 0,5	2220	7,07	< 5	0,03	20,2	1,8	< 3	20,5
37524	0,68	0,15	0,45	0,068	0,44	0,062	< 0,5	21	1230	< 1	60	200	< 2	8,5	< 0,5	2510	7,7	< 5	0,04	21,7	0,5	< 3	18
37527	0,87	0,18	0,52	0,081	0,56	0,081	< 0,5	39	1080	< 1	45	1200	66	1040	< 0,5	1850	5,57	< 5	0,03	16,6	5,2	< 3	24
37529	0,8	0,17	0,47	0,07	0,5	0,074	< 0,5	21	1060	< 1	51	700	< 2	252	< 0,5	2290	7,19	< 5	0,03	20,2	1	< 3	19,7
37530	0,86	0,19	0,56	0,078	0,48	0,077	< 0,5	68	1280	< 1	57	300	< 2	< 0,5	< 0,5	2070	7,03	< 5	0,03	18,7	< 0,1	< 3	20,9
37531	0,82	0,17	0,51	0,075	0,49	0,082	< 0,5	86	1360	< 1	67	1700	< 2	< 0,5	< 0,5	2050	6,56	< 5	0,04	17,3	< 0,1	< 3	20,2
37532	1,04	0,22	0,65	0,097	0,64	0,099	< 0,5	59	1230	< 1	55	600	< 2	< 0,5	< 0,5	2240	7,7	< 5	0,04	21,1	0,4	< 3	21,6
37533	1,13	0,23	0,67	0,1	0,66	0,102	< 0,5	58	1180	< 1	54	1600	16	< 0,5	< 0,5	2000	7,15	< 5	0,09	19,1	0,4	< 3	21,5
37534	1,42	0,28	0,78	0,118	0,81	0,129	< 0,5	89	1100	< 1	66	2200	< 2	< 0,5	< 0,5	2260	8,12	< 5	0,39	24	0,6	< 3	22,3
37535	1,15	0,24	0,69	0,103	0,69	0,102	< 0,5	49	1220	< 1	58	1700	< 2	4	< 0,5	2190	7,56	< 5	0,24	19,9	0,8	< 3	19,1
37536	2,08	0,42	1,22	0,184	1,23	0,182	0,5	23	422	< 1	70	500	< 2	< 0,5	< 0,5	1770	9,16	< 5	2,09	32,2	< 0,1	< 3	30,1
37556	1,35	0,27	0,77	0,109	0,71	0,111	< 0,5	84	1140	< 1	88	800	< 2	2,3	< 0,5	2760	7,77	< 5	0,1	20,6	0,7	< 3	19,8
37557	0,93	0,2	0,57	0,083	0,55	0,086	< 0,5	4	1010	< 1	63	1400	< 2	4,5	< 0,5	1880	6,51	< 5	0,64	17,8	1,3	< 3	22,3
37558	1,01	0,2	0,58	0,085	0,57	0,088	< 0,5	33	1210	< 1	61	700	< 2	< 0,5	< 0,5	1920	6,24	< 5	0,23	17,3	0,6	< 3	21,7
37559	1	0,21	0,63	0,095	0,62	0,095	< 0,5	16	1160	< 1	63	200	21	3,3	< 0,5	1850	7,02	< 5	0,22	16,8	1,3	< 3	20,1
37560	0,9	0,2	0,59	0,081	0,5	0,077	< 0,5	9	1190	< 1	49	300	< 2	< 0,5	< 0,5	1780	6,55	< 5	0,07	17,3	0,5	< 3	19
37561	1	0,2	0,56	0,081	0,54	0,085	< 0,5	3	891	< 1	78	500	< 2	< 0,5	< 0,5	1750	6,23	< 5	0,61	18,4	0,9	< 3	20,7
37562	0,73	0,14	0,38	0,055	0,37	0,069	0,6	< 1	794	< 1	42	700	< 2	< 0,5	< 0,5	1430	4,62	< 5	1,2	14,3	0,5	< 3	25,9
37563	0,95	0,19	0,54	0,078	0,52	0,077	< 0,5	71	1180	< 1	51	400	< 2	< 0,5	< 0,5	1800	6,65	< 5	0,18	17,8	1	< 3	19,5
37564	1,1	0,24	0,71	0,106	0,69	0,103	< 0,5	58	1140	< 1	55	3400	17	5	< 0,5	2120	7,53	< 5	0,08	20,8	< 0,1	< 3	21,5
37565	0,54	0,11	0,3	0,044	0,29	0,052	< 0,5	82	1300	< 1	76	4400	24	< 0,5	< 0,5	1590	6,6	< 5	0,04	15,9	< 0,1	< 3	25,3
37566	1,14	0,24	0,72	0,095	0,6	0,098	< 0,5	63	1190	< 1	55	1600	< 2	< 0,5	< 0,5	2030	7,5	< 5	0,07	20,5	0,5	< 3	20,7
37567	0,96	0,19	0,57	0,086	0,59	0,094	< 0,5	27	1110	< 1	69	300	< 2	2,6	< 0,5	1760	6,49	< 5	0,08	17,9	0,6	< 3	22,8
37568	0,96	0,2	0,6	0,09	0,6	0,093	< 0,5	84	1110	3	70	2300	79	< 0,5	< 0,5	1580	5,64	< 5	0,09	14,6	< 0,1	< 3	20,8
37569	1,23	0,27	0,79	0,112	0,72	0,105	< 0,5	54	823	5	61	500	33	< 0,5	< 0,5	2540	8,28	< 5	0,09	23,4	< 0,1	< 3	22,9
37570	1,25	0,27	0,74	0,119	0,77	0,114	< 0,5	55	1120	< 1	55	800	< 2	< 0,5	< 0,5	1720	7,38	< 5	0,14	21,3	< 0,1	< 3	20
37571	1,23	0,25	0,75	0,115	0,76	0,118	< 0,5	61	1140	< 1	56	1800	< 2	< 0,5	< 0,5	1740	6,92	< 5	0,14	20,7	0,2	< 3	22
37574	2,24	0,44	1,21	0,177	1,28	0,205	< 0,5	142	55	1	52	1600	22	< 0,5	< 0,5	90	4,9	< 5	1,85	14,1	3	< 3	24,7
37582	2,6	0,54	1,54	0,23	1,57	0,239	< 0,5	ù	206	< 1	58	2100	43	172	< 0,5	478	6,2	< 5	3,62	20,4	7,2	< 3	28

	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Cd	Cu	Ni	Mo	Zn	S(ppm)	Au	As	Br	Cr	Fe	Ir	Na	Sc	Sb	Se	Masse
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppb	%	ppm	ppm	ppm	g
	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01	0,002	0,5	1	1	1	1	100	2	0,5	0,5	5	0,01	5	0,01	0,1	0,1	3	
	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	
37583	1,11	0,22	0,64	0,093	0,61	0,096	< 0,5	53	877	< 1	53	6100	126	1340	< 0,5	1580	6,22	< 5	0,16	14,8	46,2	< 3	27,7
37584	1,06	0,23	0,69	0,107	0,71	0,114	< 0,5	35	1100	< 1	48	400	< 2	25,7	< 0,5	2340	8,01	< 5	0,07	22	15,7	< 3	18,8
37585	0,97	0,2	0,59	0,085	0,57	0,086	< 0,5	41	1010	< 1	43	1700	29	91,1	< 0,5	1710	6,18	< 5	0,25	15,5	5	< 3	28,2
37586	0,94	0,2	0,62	0,09	0,6	0,093	< 0,5	74	1620	< 1	42	1000	< 2	20	< 0,5	2030	5,88	< 5	0,04	14,9	4,8	< 3	20,9
37587	0,88	0,18	0,52	0,075	0,5	0,078	0,9	50	1020	< 1	103	2100	< 2	652	< 0,5	1960	5,59	< 5	0,79	16	7,4	< 3	24,6
37588	0,9	0,19	0,54	0,078	0,52	0,078	< 0,5	24	1480	< 1	51	500	< 2	10,7	< 0,5	2020	6,12	< 5	0,04	16	5,1	< 3	19,5
37589	0,92	0,18	0,51	0,072	0,47	0,077	< 0,5	56	1030	< 1	38	1900	< 2	47,4	< 0,5	1630	5,07	< 5	0,1	14	0,5	< 3	24,4
37590	1	0,21	0,59	0,08	0,52	0,081	< 0,5	218	917	< 1	65	5500	293	1520	< 0,5	1760	6,15	< 5	0,23	15,9	161	< 3	26,1
37591	0,71	0,15	0,45	0,064	0,41	0,065	< 0,5	64	1580	< 1	45	500	< 2	15,5	< 0,5	2130	5,32	< 5	0,04	14,2	4,2	< 3	21,4
37592	0,99	0,2	0,61	0,092	0,6	0,091	< 0,5	48	1070	< 1	41	600	< 2	196	< 0,5	1890	6,44	< 5	0,02	17	2	< 3	20,7
37593	1,09	0,23	0,69	0,107	0,72	0,111	< 0,5	43	1130	< 1	38	1400	40	658	< 0,5	1950	6,09	< 5	0,01	17,1	13,6	< 3	25,8
37594	0,59	0,12	0,35	0,05	0,33	0,056	< 0,5	100	1060	< 1	34	3100	286	4220	< 0,5	1450	5,3	< 5	0,02	12,4	7,7	< 3	26,4
37595	0,82	0,18	0,55	0,083	0,56	0,084	< 0,5	27	990	< 1	36	900	519	1020	< 0,5	1770	5,58	< 5	0,03	15,6	20,8	< 3	24,8
37596	1,01	0,2	0,55	0,073	0,46	0,072	< 0,5	40	1240	< 1	64	1900	< 2	123	< 0,5	1920	6,42	< 5	0,02	16,1	1,8	< 3	20,3
37597	1,12	0,22	0,64	0,091	0,58	0,088	< 0,5	25	870	1	61	5300	4830	18,1	< 0,5	1500	4,9	< 5	1,07	12,8	0,7	< 3	27,3
60441	8,09	1,77	5,5	0,834	5,31	0,819	< 0,5	132	78	< 1	93	2800	< 2	16,3	< 0,5	142	7,29	< 5	0,47	36,7	15,1	< 3	31,5
60449	5,02	1,1	3,4	0,494	3,08	0,454	< 0,5	75	50	< 1	92	1900	< 2	17,7	< 0,5	77	7,69	< 5	1,21	35,3	1,6	< 3	28,3
60426	4,53	1	3,19	0,506	3,35	0,513	< 0,5	92	53	< 1	123	2000	< 2	20,3	< 0,5	60	8,86	< 5	2,07	42,7	0,8	< 3	30,4
60247	3,36	0,71	2,04	0,314	2	0,319	< 0,5	65	107	< 1	75	< 100	< 2	14,8	< 0,5	211	7,66	< 5	2,54	40,7	0,5	< 3	27,9
60444	7,39	1,59	4,96	0,746	4,75	0,726	< 0,5	5	35	< 1	99	400	< 2	< 0,5	< 0,5	26	7,63	< 5	2,59	43,7	< 0,1	< 3	33,4
60245	1,83	0,38	1,1	0,166	1,02	0,139	< 0,5	41	663	< 1	62	1000	< 2	3,7	< 0,5	2530	8,4	< 5	0,27	34,2	< 0,1	< 3	26,4
60451	5,25	1,19	3,72	0,567	3,67	0,549	< 0,5	419	79	< 1	96	2300	< 2	5,8	< 0,5	102	8,77	< 5	2,24	36,2	< 0,1	< 3	32,3
60453	3,09	0,77	2,66	0,429	2,89	0,491	< 0,5	43	91	< 1	61	800	< 2	4,8	< 0,5	137	7,5	< 5	2,26	51,2	1,4	< 3	28,6
60432	3,58	0,89	2,97	0,496	3,39	0,531	< 0,5	3	91	< 1	73	400	< 2	4,1	< 0,5	61	6,74	< 5	1,86	51,9	0,6	< 3	31,1
60435	3,54	0,86	3,08	0,485	3,35	0,549	< 0,5	8	96	< 1	76	500	< 2	4,9	< 0,5	83	6,4	< 5	1,85	49,8	1	< 3	29
60442	3,43	0,68	2,05	0,32	2,07	0,319	< 0,5	39	67	< 1	70	300	< 2	7,7	< 0,5	103	4,35	< 5	3,06	18,5	4,1	< 3	30,2
60428	2,81	0,55	1,61	0,248	1,65	0,26	< 0,5	48	75	< 1	86	300	< 2	< 0,5	< 0,5	143	6,83	< 5	1,88	24,9	1	< 3	32,4
60446	3,43	0,77	2,44	0,364	2,34	0,355	< 0,5	61	77	< 1	71	400	< 2	7,6	< 0,5	83	8,17	< 5	1,91	41,5	0,5	< 3	30,5
60454	5,8	1,23	3,73	0,548	3,45	0,519	< 0,5	31	77	< 1	102	400	< 2	22,6	< 0,5	140	8,88	< 5	1,54	42,4	1,3	< 3	28,5
60460	1,84	0,47	1,66	0,279	1,92	0,297	< 0,5	67	314	< 1	61	2000	< 2	8,6	< 0,5	818	6,06	< 5	0,75	33,4	0,4	< 3	29,8
60440	1,92	0,39	1,16	0,18	1,17	0,177	< 0,5	76	43	< 1	59	2200	< 2	94,2	< 0,5	51	5,54	< 5	2,05	24,6	0,7	< 3	29,8
60448	4,84	1,07	3,33	0,478	3,13	0,467	< 0,5	7	68	< 1	85	600	< 2	22,9	< 0,5	90	8,49	< 5	1,57	41,5	1,3	< 3	36,1
60456	3,37	0,74	2,2	0,328	2,04	0,32	< 0,5	61	71	< 1	81	1400	< 2	23,8	< 0,5	114	6,16	< 5	1,59	23,3	1,2	< 3	28,8
60459	5,93	1,24	3,8	0,592	3,61	0,543	< 0,5	78	66	< 1	80	600	< 2	29,2	< 0,5	108	6,97	< 5	1,76	38,2	1,2	< 3	27,5
60443	3,74	0,81	2,52	0,368	2,33	0,349	< 0,5	72	54	< 1	106	400	< 2	3,5	< 0,5	65	9,96	< 5	1,23	40,3	< 0,1	< 3	32,4
60355	1,03	0,18	0,5	0,076	0,53	0,083	< 0,5	7	19	< 1	65	500	< 2	2,4	< 0,5	33	2,02	< 5	3,53	4	0,9	< 3	29,9
60351	2,54	0,5	1,69	0,253	1,57	0,26	< 0,5	27	13	< 1	71	< 100	< 2	3,2	< 0,5	25	2,08	< 5	3,5	5,7	0,9	< 3	31,8
60457	3,3	0,69	2,08	0,312	2,02	0,307	< 0,5	52	70	< 1	78	1500	< 2	25,8	< 0,5	115	5,85	< 5	1,59	21,8	1,1	< 3	29
60364	1,08	0,18	0,5	0,063	0,37	0,058	< 0,5	1	13	< 1	15	< 100	< 2	4,3	< 0,5	15	2,11	< 5	4,98	4,7	0,3	< 3	32,8
60438	3,65	0,77	2,34	0,357	2,42	0,386	< 0,5	183	33	< 1	60	600	< 2	13,1	< 0,5	141	8,7	< 5	3,05	46,5	1,3	< 3	30,8
60455	1,8	0,39	1,18	0,184	1,17	0,187	< 0,5	4	129	< 1	63	400	< 2	6,8	< 0,5	191	6,52	< 5	1,77	25,1	< 0,1	< 3	28
60445	3,78	0,86	2,83	0,435	2,76	0,41	< 0,5	68	67	< 1	79	500	< 2	8,6	5,5	62	8,16	< 5	1,71	39,5	0,6	< 3	31,3
60437	3,81	0,84	2,68	0,407	2,66	0,399	< 0,5	12	44	< 1	163	400	< 2	1,1	< 0,5	32	9,23	< 5	1,5	42,6	0,8	< 3	30,8

	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Cd	Cu	Ni	Mo	Zn	S(ppm)	Au	As	Br	Cr	Fe	Ir	Na	Sc	Sb	Se	Masse
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppb	%	ppm	ppm	ppm	g
	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01	0,002	0,5	1	1	1	1	100	2	0,5	0,5	5	0,01	5	0,01	0,1	0,1	3	
	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	FUS-MS	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	TD-ICP	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA	INAA
60433	3,85	0,86	2,69	0,401	2,57	0,391	< 0,5	91	68	< 1	82	700	< 2	< 0,5	< 0,5	95	8,46	< 5	1,83	44	0,8	< 3	31,6
60430	3,52	0,79	2,43	0,364	2,33	0,364	< 0,5	101	94	< 1	92	300	< 2	3,3	< 0,5	105	8,06	< 5	1,8	46,1	< 0,1	< 3	31,8
60452	4,4	0,97	2,96	0,457	2,98	0,452	< 0,5	105	56	< 1	81	1200	< 2	20	< 0,5	96	8,13	< 5	1,17	34,3	1,4	< 3	34,7
60436	4,79	1	3,13	0,476	3,13	0,466	< 0,5	82	71	< 1	91	500	< 2	26,1	< 0,5	174	10	< 5	2,2	45	1,5	< 3	32,8
60427	4,97	1,07	3,31	0,492	3,18	0,497	< 0,5	80	65	< 1	97	600	< 2	22,2	< 0,5	115	10,3	< 5	1,58	45,1	1	< 3	33,6
60429	3,44	0,74	2,21	0,327	2,08	0,318	< 0,5	113	82	< 1	94	400	< 2	85,7	< 0,5	131	4,54	< 5	3,12	40,7	0,6	< 3	30,9
60447	3,6	0,76	2,36	0,357	2,28	0,356	< 0,5	113	80	< 1	67	2500	< 2	44,3	< 0,5	130	6,05	< 5	2,58	40,5	< 0,1	< 3	29,4
60434	3,38	0,73	2,18	0,323	2,05	0,323	< 0,5	120	86	< 1	95	400	15	95,9	< 0,5	146	3,88	< 5	3,18	37,4	0,3	< 3	29,9
60458	3,98	0,92	2,97	0,471	3,05	0,482	< 0,5	97	61	< 1	82	900	< 2	33,1	< 0,5	106	6,82	< 5	1,85	34,6	1	< 3	27,8
60357	4	0,75	2,3	0,332	2,12	0,322	< 0,5	64	131	< 1	77	7400	< 2	10,6	< 0,5	202	5,54	< 5	2,6	19,7	5,6	< 3	29,7
60354	4,07	0,77	2,26	0,324	2,01	0,326	< 0,5	66	133	< 1	74	7300	< 2	9,1	< 0,5	187	5,25	< 5	2,53	17,9	5,8	< 3	32,7
60358	3,82	0,75	2,17	0,302	1,95	0,326	< 0,5	70	159	< 1	73	13700	< 2	10,9	< 0,5	175	5,91	< 5	2,27	17,4	4,2	< 3	28,4
60352	2	0,47	1,72	0,293	2,14	0,377	< 0,5	93	110	< 1	63	400	< 2	< 0,5	< 0,5	42	7,37	< 5	1,95	39,5	< 0,1	< 3	30,4
60439	2,24	0,45	1,34	0,197	1,32	0,197	< 0,5	36	71	< 1	54	400	< 2	10,6	< 0,5	121	4,09	< 5	1,52	14,7	2,1	< 3	30,4
60356	2,3	0,46	1,37	0,21	1,38	0,209	< 0,5	48	105	< 1	60	500	< 2	92,8	< 0,5	233	4,8	< 5	1,59	18,5	2,4	< 3	27,8
60093	2,28	0,45	1,3	0,185	1,17	0,191	< 0,5	49	85	1	89	1100	15	19,9	< 0,5	236	3,82	< 5	3,13	12,4	1,7	< 3	29,8
60353	2,55	0,5	1,5	0,231	1,53	0,23	< 0,5	52	48	< 1	63	300	19	10,3	< 0,5	53	5,44	< 5	2,72	16,6	0,5	< 3	27,8
60049	1,12	0,24	0,68	0,107	0,72	0,107	< 0,5	71	971	< 1	26	1300	23	1130	< 0,5	2200	5,51	< 5	0,43	18,1	11,2	< 3	27,5
60048	1,01	0,21	0,62	0,098	0,67	0,101	< 0,5	3	1240	< 1	57	1000	< 2	3200	< 0,5	2650	7,47	< 5	0,14	21,5	7,8	< 3	21,1