

---

# **LE CORRIDOR METALLOGENIQUE DE LEBEL-SUR-QUEVILLON / LAC SHORTT (ABITIBI) RÉÉVALUÉ**

---

**Projet 2010-03**

Par : Stéphane Faure, Ph.D  
2011



**CONSOREM**

Consortium de recherche  
en exploration minérale

---

## AVERTISSEMENT

---

Ce document présente certains résultats des travaux de recherche du CONSOREM (Consortium de Recherche en Exploration minière) rendus publics pour le bénéfice de l'ensemble de la communauté géologique, ceci après la période de confidentialité prévue aux règlements généraux du CONSOREM.

Bien que ce document ait subi un processus d'évaluation interne, des erreurs ou omissions peuvent s'y retrouver et seul CONSOREM en assume la responsabilité.

Le contenu du document demeure la propriété de son auteur et du CONSOREM et peut être reproduit en totalité ou en partie à des fins non-commerciales en citant la référence suivante :

*Faure, S., 2011. Le corridor métallogénique de Lebel-sur-Quévillon / Lac Shortt (Abitibi) réévalué, Projet CONSOREM 2010-03, 26 p.*

Toutefois, la reproduction multiple de ce document, en tout ou en partie, pour diffusion à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de CONSOREM.

### CONSOREM

Université du Québec à Chicoutimi  
555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi, QC, G7H 2B1

Tél. : (418) 545-5011 poste 5634

Courriel : [consorem@uqac.ca](mailto:consorem@uqac.ca)  
Site Web: [www.consorem.ca](http://www.consorem.ca)

---

## SOMMAIRE EXÉCUTIF

---

Le secteur de Lebel-sur-Quévillon localisé au centre de la Sous-province d'Abitibi présente plusieurs caractéristiques géologiques particulières qui en font un lieu propice à plusieurs environnements de minéralisation. Ce secteur est localisé dans un segment de roches vertes orienté NE peu commun en Abitibi et il est le lieu de rencontre de plusieurs structures majeures comme la Faille de Cameron, la Faille de Casa Berardi et la Faille de Lamarck-Wedding. Il comprend des rhyolites dites fertiles à l'égard des minéralisations SMV et une panoplie d'intrusions allant des tonalites synvolcaniques aux intrusions alcalines tardives (syénites, carbonatites, kimberlites).

Suite à la découverte en 1989 du gisement Grevet (aujourd'hui Mine Langlois : 1,9 Mt Zn produites et en réserves et ressources), plusieurs compagnies ont entrepris des travaux d'exploration dans la région de Lebel-sur-Quévillon. Les résultats de plusieurs de ces travaux, notamment par des entreprises aujourd'hui membres du Consorem, n'ont jamais été rendus publics. Un des objectifs du projet a été d'intégrer sur des couches interrogeables et uniformisées cette grande quantité d'information géologique et géophysique conservée sur d'anciens supports numériques (format .dxf par exemple) et éparpillée dans différents projets ou cataloguée par canton. En intégrant ces nouvelles informations à celles du Sigeom et en utilisant les récents levés Megatem, un nouveau modèle cartographique haute résolution est présenté pour cette région à fort potentiel. L'information rattachée aux descriptions d'affleurements et de forages, de même que l'entraînement des conducteurs géophysiques et les traces de S0 et S1 ont permis de mieux préciser les couloirs de déformation connus et d'en reconnaître une dizaine de nouveaux. Le couloir de Lamarck-Wedding a été précisé avec une largeur variant entre 2 et 4 km. Il traverse sinueusement l'ensemble du secteur selon une orientation NE-SO, ce qui en fait l'unique faille majeure en Abitibi avec une telle attitude.

Des cibles à différentes échelles ont été générées pour des minéralisations de type sulfures massifs volcanogènes (SMV) et d'or orogénique. Pour l'exploration des SMV, des arguments basés sur l'affinité géochimique et la fertilité des roches volcaniques et intrusives felsiques, les signatures géophysiques, l'assemblage et les textures volcaniques, de même que la reconstruction paléo volcanique ont permis de proposer des extensions et des équivalents à la séquence volcanique fertile de la mine Langlois, notamment vers l'ouest et au sud et sud-ouest du pluton synvolcanique différencié de Mountain. Plusieurs cibles zonales/locales ont par la suite été identifiées dans ces domaines volcaniques favorables en comparant la position de conducteurs Megatem isolés avec des gains et des pertes de masses en certains éléments connus comme étant mobiles et proximaux de systèmes hydrothermaux volcanogènes. Le secteur entre les mines Gonzague-Langlois et Coniagas semble également fertile notamment du fait de la présence probable de nouveaux plutons synvolcaniques auparavant interprétés comme syntectoniques. Des volcanites felsiques sont présentes dans cette région, mais le niveau de connaissance sur leur fertilité géochimique est très faible. La reconstitution paléo-volcanique a permis de proposer deux cycles d'ouverture de bassins volcaniques, soit vers 2718-2714 Ma avec un ou des bassins volcaniques d'affinité transitionnelle et les sulfures massifs de Langlois, et possiblement vers 2720-2722 Ma avec au moins deux bassins d'affinité calco-alcaline orientés NE-SO parallèlement à la Faille Lamarck-Wedding, et corrélé aux minéralisations d'or volcanogène de Géant Dormant. Cette faille aurait donc eu un contrôle important très tôt dans l'histoire volcanique du secteur.

De nouveaux couloirs de déformation expliquent des minéralisations d'or connues, mais dont les relations avec une structure régionale n'étaient pas proposées. La surface occupée par ces couloirs devient une cible de choix pour les minéralisations aurifères orogéniques. À partir de descriptions de terrain (affleurement ou forage), 6 nouvelles syénites ( $\geq 1 \text{ km}^2$ ) et près d'une vingtaine de petits corps syénitiques ( $< 1 \text{ km}^2$ ) ont été reconnus à l'échelle de la région. La majorité des syénites sont associées spatialement aux couloirs de déformation, en particulier la Faille Lamarck-Wedding et ses subsidiaires. L'altération hydrothermale autour d'intrusions syntectoniques et le long des failles a été caractérisée en utilisant une nouvelle approche de normalisation des données minéralogiques sur des cellules de  $250 \text{ m}^2$ . Plusieurs secteurs altérés autour de syénites et/ou le long de couloirs de déformation sans minéralisation connue et avec des anomalies EM ponctuelles sont proposés comme cibles d'exploration.

---

**TABLE DES MATIERES**

---

Avertissement .....	i
Sommaire exécutif .....	ii
Table des matières .....	iii
Liste des figures .....	iv
Liste des tableaux.....	vi
1 INTRODUCTION.....	1
2 PROBLÉMATIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE .....	2
3 MÉTHODOLOGIE.....	3
4 ANALYSE DES DONNÉES ET CIBLES D'EXPLORATION POUR LES SMV.....	5
4.1 Caractéristiques géologiques, géophysiques, et géochimiques de la séquence volcanique de la mine Langlois.....	5
4.2 Reconnaissance d'environnements volcaniques comparable à la séquence volcanique de la mine Langlois.....	10
4.3 Autre secteur d'intérêt pour les SMV.....	12
4.4 Reconstitution paléo volcanique de la région de la mine Langlois.....	14
5 ANALYSE DES DONNÉES ET CIBLES POUR L'OR OROGÉNIQUE .....	16
5.1 Couloirs de déformation et distribution des minéralisations aurifères.....	17
5.2 Couloirs de déformation et nouvelles intrusions alcalines .....	18
5.3 Cibles d'exploration pour l'or orogénique .....	20
6 CONCLUSION .....	22
Références .....	24

---

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1.	Sommaire des projets réalisés par le Consorem sur les camps miniers de métaux de base de l'Abitibi (volcanites en vert; sédiments en cyan) et la localisation du corridor volcanique et de déformation de Lebel-sur-Quévillon / Lac Shortt. ....	1
Figure 2.	Carte géologique, failles régionales (Traits noirs épais), et distribution des minéralisations métalliques (Sigeom, 2010) avec les couloirs de déformation (surface grise; Daigneault, 1996). ....	2
Figure 3.	Exemple de reconnaissance des couloirs de déformation dans le secteur de la Mine Shortt en identifiant les changements de directions de la trajectoire de S0 (trait noir) et S1 (trait vert), des différents conducteurs électromagnétiques (lignes en bleu) et du magnétisme (1 <sup>ère</sup> dérivée verticale du champ total en couleur du MEGATEM) en bordure et dans des zones d'entraînement et de décollement. ....	4
Figure 4.	Nouvelle carte géologique interprétée entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt à partir de données inédites et du Sigeom (2010). ....	5
Figure 5.	Carte géologique de la région de la Mine Langlois. La géologie modifiée du secteur de la Mine Langlois provient de Jensen (2010). Les surfaces à trame lignée oblique sont les couloirs de déformation. ....	6
Figure 6.	Carte montrant l'affinité géochimique des volcanites et des intrusions d'après le ratio Zr/Y de Barrett et MacClean (1994). Ratio < 2 - 4,5 : Tholéitique, 4,5 – 7 : transitionnel, >7 – 25 : calco-alcalin. ....	7
Figure 7.	Distribution des rhyolites fertiles pour les SMV selon les critères de Lesher et al. (1986) et Pearson (2007). ....	7
Figure 8.	Levé aéromagnétique Megatem (première dérivée verticale du champ total) avec les contours de la carte géologique et les conducteurs électromagnétiques Megatem et Input. ....	8
Figure 9.	Altérations volcanogènes illustrées par le calcul des gains (+) et pertes (-) d'oxydes selon la méthode des bilans de masse absolue à partir de précurseurs modélisés (Trépanier, 2009) et exprimés en g/100 g. A) Forts gains de masse en SiO <sub>2</sub> sous les deux lentilles de sulfures massifs de la mine Langlois. B) Pertes en Na <sub>2</sub> O directement sous les lentilles minéralisées montrant des zones de lessivage orientées E-O et obliques par rapport à la stratification et au grain tectonique ESE. C) Somme absolue des gains et pertes en CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, Na <sub>2</sub> O, et SiO <sub>2</sub> indiquant l'intensité globale de l'altération qui se concentre sous les lentilles de la mine Langlois. ....	9
Figure 10.	Carte géologique montrant l'extension vers l'ouest (segment ouest) de la séquence volcanique fertile de la mine Langlois (segment est) avec les limites proposées (tirets noirs). ....	10
Figure 11.	Quatre bandes de volcanites d'affinité transitionnelle (en cyan) et de rhyolites fertiles partageant les mêmes caractéristiques géologiques, géochimiques et géophysiques que la séquence de la mine Langlois. Datation de rhyolites de Davies et al. (2005) et Bandyayera et al. (2003). ....	11
Figure 12.	Carte des affinités volcaniques et des anomalies électromagnétiques Megatem et Input de la région de la mine Langlois. ....	11
Figure 13.	Exemple de cibles pour les SMV à une échelle locale dans la région de la mine Langlois basé sur l'environnement favorable (contour gras mauve), la présence de volcanites felsiques fertiles selon les critères géochimiques de Lesher et al. (1986) et Pearson (2007), ainsi que sur des gains et pertes en bilan de masse (méthode de Trépanier, 2009) comparables à la signature géochimique des échantillons de volcanites autour de la mine Langlois (critères exprimés sur la légende). ....	12

Figure 14. Régions ciblées pour les SMV à une échelle zonale (contour en bleu) autour des gisements de Zn de Langlois et Coniagas selon la démarche présentée dans la section 4.2. L'encadré représente la localisation de la Figure 15. ....	13
Figure 15. 1 <sup>ière</sup> dérivée verticale du champ total (levé Megatém de Xstrata Zinc Canada) montrant les limites des plutons interprétés comme synvolcaniques (trame avec des V) et syntectoniques (en blanc transparent). Détails de la localisation sur la Figure 14. ....	14
Figure 16. Reconstitution vers 2714 Ma. Âges en Ma (points en bleu) d'après Davis et al. (2005) et Bandyayera et al. (2003). Lignes noires : failles synvolcaniques de bordures de bassins. Tirets bleus : failles synvolcaniques secondaires. Flèches noires : direction d'extension inférée d'un sous-bassin responsable de la mise en place de la phase calco-alcaline du pluton de Mountain. ....	15
Figure 17. Reconstitution similaire à la Figure 16, mais vers 2718 Ma alors que seul sont présentes les phases précoces de composition transitionnelle du pluton de Mountain. Une rétro déformation a été appliquée au niveau de l'actuelle Faille Lamarck. Le système de failles synvolcaniques E-O et la mise en place des SMV de la mine Langlois se seraient développés à l'intérieur d'un bassin résultant d'une extension N-S (Flèches noires). ....	15
Figure 18. Reconstitution vers 2720-2722 Ma en faisant abstraction des bassins volcaniques transitionnels (Figure 17) montrant le développement de bassins volcaniques calco-alcalins NE-SO contemporains du volcanisme felsique calco-alcalin et des minéralisations aurifères volcanogènes à la mine Géant Dormant (située à 50 km plus à l'ouest; Gaboury et Daigneault, 1999) et le développement du bassin intra-arc des Collines de Cartwright. ....	16
Figure 19. Carte géologique montrant les couloirs de déformation interprétés (en gris avec leur nom), les catégories de plutons, et les basins sédimentaires du type Taïbi dont l'âge de Davis et al. 2005 représente un âge minimal de sédimentation. Les roches volcaniques sont en blanc. ....	17
Figure 20. Couloirs de déformation en relation spatiale avec les minéralisations à dominance aurifère. ....	18
Figure 21. Carte de localisation des syénites et des intrusions synvolcaniques ou syntectoniques (Faure, 2006) ou interprétées dans le cadre de cette étude dans le secteur entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt. Couloirs de déformation connus en gris et nouvellement interprétés en rouge. ....	19
Figure 22. Carte géologique et structurale du secteur des syénites de Boyvinet et Lac Shortt montrant les traces axiales des plis P1 replissées par des plis P2 orientés ENE-OSO. Un déplacement senestre apparent de 5 km est estimé selon le repère des unités de volcanoclastites et de sédiments volcaniques de la Formation de Wachigabau. Localisation régionale sur la Figure 21. ....	19
Figure 23. Comparaison à la même échelle de la superficie de syénites en Abitibi et pour la région entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt. A) Syénites minéralisées en or à titre de références le long des Failles Casa Berardi et Porcupine. B) Dimension des 22 syénites entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt, dont plusieurs sont de nouvelles intrusions (montrées dans l'encadré). ....	20
Figure 24. Indice de normalisation des minéraux d'altération par rapport aux minéralisations aurifères dans le secteur entre les anciennes mines de Lac Bachelor et Lac Shortt. A) Carbonatation. B) Silicification sous forme de quartz et de silice. Données d'affleurements et de forages inédites ou publiques du Sigeom (2010). Couloirs de déformation en gris pâle et localisation régionale sur la Figure 21. Explications supplémentaires dans le texte. ....	21
Figure 25. Carte des couloirs de déformation (en gris) et des intrusions interprétées comme étant syntectoniques entre les Failles Lamarck-Wedding et Pusticamica. Les flèches indiquent le sens apparent de l'entraînement des structures, des intrusions et de repères géophysiques (en partie montré sur la Figure 3) le long des structures NE-	

SO. Les carrées de 250 m<sup>2</sup> en couleurs représentent les endroits où diverses altérations minéralogiques ou géochimiques (bilan de masse) ont été identifiées alors que les cellules vides indiquent aucune ou une faible altération. Localisation régionale sur la Figure 21.....22

Figure 26. Compilation des cibles d'exploration pour les sulfures massifs volcanogènes et d'or orogénique.....23

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1. Liste des couches numériques..... 3

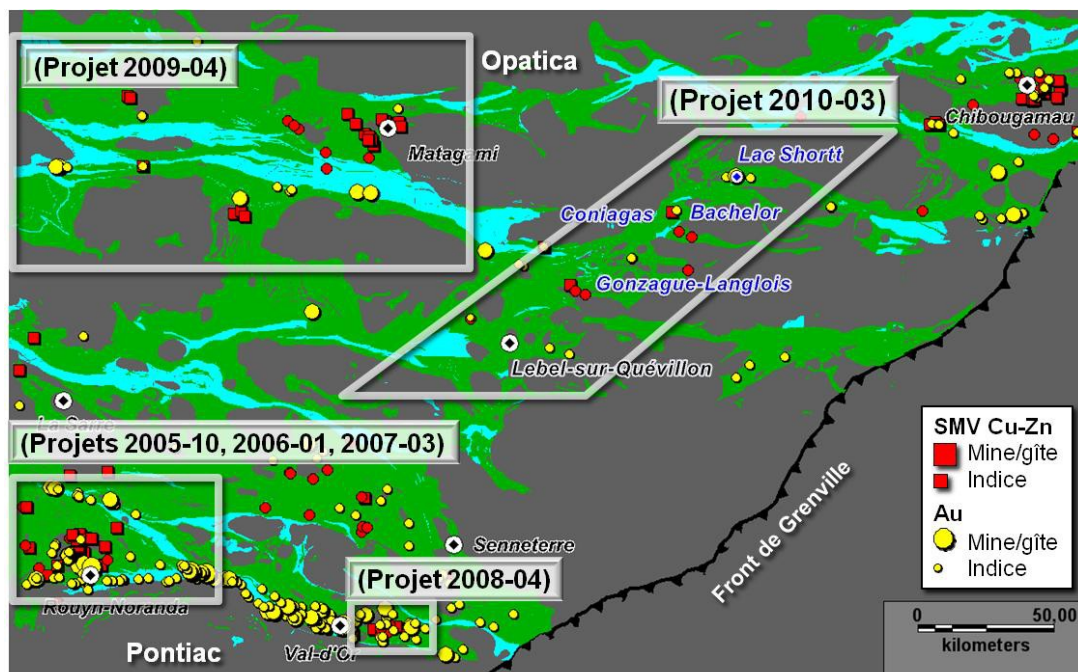
## 1 INTRODUCTION

Le Consorem a réalisé plusieurs études sur des contextes de minéralisations pour les sulfures massifs volcanogènes (SMV) et pour l'or orogénique dans différents camps miniers de la ceinture de roches vertes archéennes de la Sous-province d'Abitibi (**Figure 1**).

La région qui fait l'objet de la présente étude couvre une bande de roches volcaniques orientées NE-SO et d'environ 30 x 120 km. L'orientation de ce corridor est unique en Abitibi (**Figure 1**), et exceptionnelle dans les autres ceintures du sud de la Province de Supérieur. Ce secteur compte deux mines de SMV; la mine Langlois (Production + réserves + ressources = 1,900 Mt Zn; communiqué de presse Breakwater du 02/2011), et celle fermée de Coniagas (Production + réserves : 718 465 tonnes à 10,77 % Zn : Doucet et al., 1998), et deux anciennes mines d'or, soit celles de Lac Shortt (Production 2,7 Mt @ 4,6 g/t Au : DV 2010-01) et de Bachelor (Production : 869 432 t @ 4,7 g Au/t; réserves : 841 591 @ 7,8 g/t Au : Darling et Lafontaine, 2011).

Suite à la découverte en 1989 du gisement Grevet (aujourd'hui Mine Langlois), plusieurs compagnies ont entrepris des campagnes d'exploration dans la région comprise entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt (**Figure 1**). Les résultats de plusieurs de ces travaux, notamment par des entreprises aujourd'hui membres du Consorem, n'ont jamais été rendus publics. Ce rapport, abondamment illustré, présente le résultat de synthèse de toutes ces nouvelles données inédites. L'un des principaux résultats de ce projet est la production d'un nouveau modèle cartographique pour la région de Lebel-sur-Quévillon – Lac Shortt. Le projet a également permis de générer des couches d'informations uniformisées pour les affleurements, les forages, les données structurales (stratification et schistosités), et les conducteurs électromagnétiques aériens et au sol.

La combinaison de ces nouveaux produits avec les données de lithogéochimie (Sigeom 2010 et compagnies membres du consortium), de minéralogie descriptive, et d'autres données géologiques, géochronologiques, et géophysiques ont conduit à définir des cibles d'exploration à différentes échelles pour les SMV et l'or orogénique.



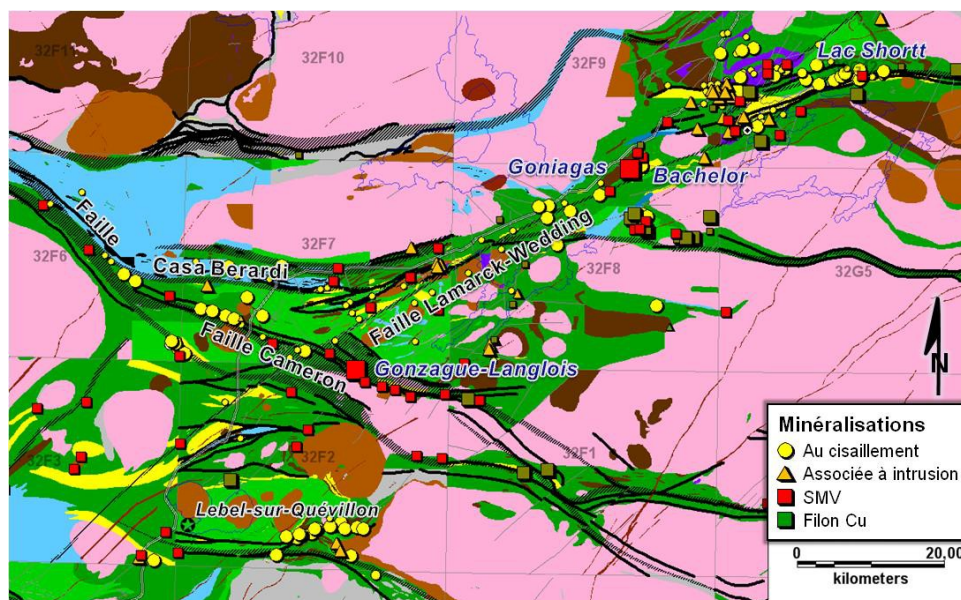
**Figure 1.** Sommaire des projets réalisés par le Consorem sur les camps miniers de métaux de base de l'Abitibi (volcanites en vert; roches sédimentaires en cyan) et la localisation du corridor volcanique et de déformation de Lebel-sur-Quévillon / Lac Shortt. Les résultats des projets peuvent être consultés sur le site [www.consorem.ca](http://www.consorem.ca).



## 2 PROBLÉMATIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le degré de connaissance géologique dans la région d'étude est variable et pose un problème de taille lorsqu'il s'agit de générer des stratégies d'exploration. Il faut savoir que le segment volcanique entre Lebel-sur-Quévillon et le secteur du Lac Shortt a fait l'objet de campagnes de cartographie, pour la plupart des demi-feuillets 1/50 K annotés, lors de deux phases principales entre 1981 et 1993 : 1) à l'ouest et au SO du Lac Shortt (Lamothe, 1981; Sharma et Lacoste, 1981; Sharma et Lauzière, 1983; Giovenazzo, 1986) et, 2) au NO et NE de la mine Langlois (Gauthier, 1986; Barrette, 1989; Proulx, 1990; Joly, 1993). Des cartes de compilations géologiques issues de reconnaissances régionales (Allard, 1953; Remick, 1959), de documents inédits (Sharma et Gobeil, 1987 par exemple), ou publiés au cours des années 1990 dans des mémoires et thèses autour de gisements (Brisson, 1995, Doucet et al., 1998 et Roy, 2000 par exemple) sont venues compléter la carte géologique de la région. Cette carte telle que disponible dans le Sigeom en 2010 (**Figure 2**) est donc construite à partir de cartes d'échelles et de résolutions différentes, ce qui se traduit par des failles de carte importantes et une lacune d'information numérique au cœur de la structure NE-SO entre les mines Langlois et Lac Bachelor (Feuillets 1/50 K 32-F07, 32-F08 et 32-F09 en particulier). Depuis la dernière cartographie en 1993, de nombreuses données géologiques et géophysiques pour la plupart inédites se sont ajoutées sans être intégrées dans une nouvelle carte géologique. Finalement, deux levés aériens magnétiques et électromagnétiques Megatemp de haute résolution (espacement des lignes aux 200 m) faits entre 2001 et 2003 par les compagnies Noranda (aujourd'hui XSTRATA), Virginia Mines et Novicourt n'ont jamais été mis en perspective avec ces nombreuses informations géologiques.

Les problématiques spécifiques entourant ce projet concernent les SMV et les minéralisations d'or orogéniques. Le potentiel en SMV dans le secteur est sans équivoque, mais ne repose actuellement que sur l'environnement immédiat de la mine Langlois. Les extensions vers l'est ont été forcées sur environ 10 km, mais vers l'ouest qu'à environ 2 km de la mine (Jensen, 2010). En analysant sommairement les dates de prises de position sur le terrain et les intérêts des compagnies dans le secteur de Langlois, il est logique de penser que la stratégie d'exploration commune pour trouver des extensions est de suivre le couloir de déformation de Cameron vers l'ONO (**Figure 2**). Le potentiel pour d'autres environnements similaires à la mine Langlois ou Coniagas n'est pas clairement établie non plus à une échelle régionale.



**Figure 2.** Carte géologique, failles régionales (Traits noirs épais), et distribution des minéralisations métalliques (Sigeom, 2010) avec les couloirs de déformation (surface grise; Daigneault, 1996).

La Faille Lamarck-Wedding (**Figure 2**), nommée d'abord Bachelor-Gwillim-Waconichi par Allard (1953), Opawica par Sharma et Lacoste (1981) et Proulx (1989), Wedding par Labbé et al. 1995, et finalement

Lamarck par Daigneault (1996), a toujours été tracée sur les cartes comme un trait et non comme un couloir de déformation (Proulx, 1991; Labbé et al., 1995; Daigneault, 1996), du fait probablement d'un rejeu cassant tardif visible sur les levés magnétiques à l'ouest de Langlois (montré par Labbé et al., 1995 et Roy et al., 1997). Plusieurs minéralisations aurifères (mine Bachelor) et en métaux de base (mine Coniagas) suggèrent que cette structure a une importance sur le plan de l'exploration. Cependant, la caractérisation en termes de déformation, la précision spatiale, et la largeur de cette structure NE-SO, ne sont pas bien documentées. S'agit-il d'une structure d'envergure crustale, d'origine synvolcanique reprise lors de la déformation ductile régionale ? La Faille Lamarck-Wedding recoupe avec des décalages différents plusieurs failles E-O, notamment les couloirs de déformation de Casa Berardi et de Cameron (**Figure 2**). Qu'en est-il de la continuité des couloirs de déformation de part et d'autre de cette structure NE-SO et atypique en Abitibi ?

Les objectifs du projet sont de proposer un nouveau modèle cartographique issu d'une compilation exhaustive, de déterminer l'importance et la « nature » de la Faille Lamarck, et de valoriser le corridor Lebel-sur-Quévillon / Lac Shortt pour l'exploration de l'or et de SMV.

### 3 MÉTHODOLOGIE

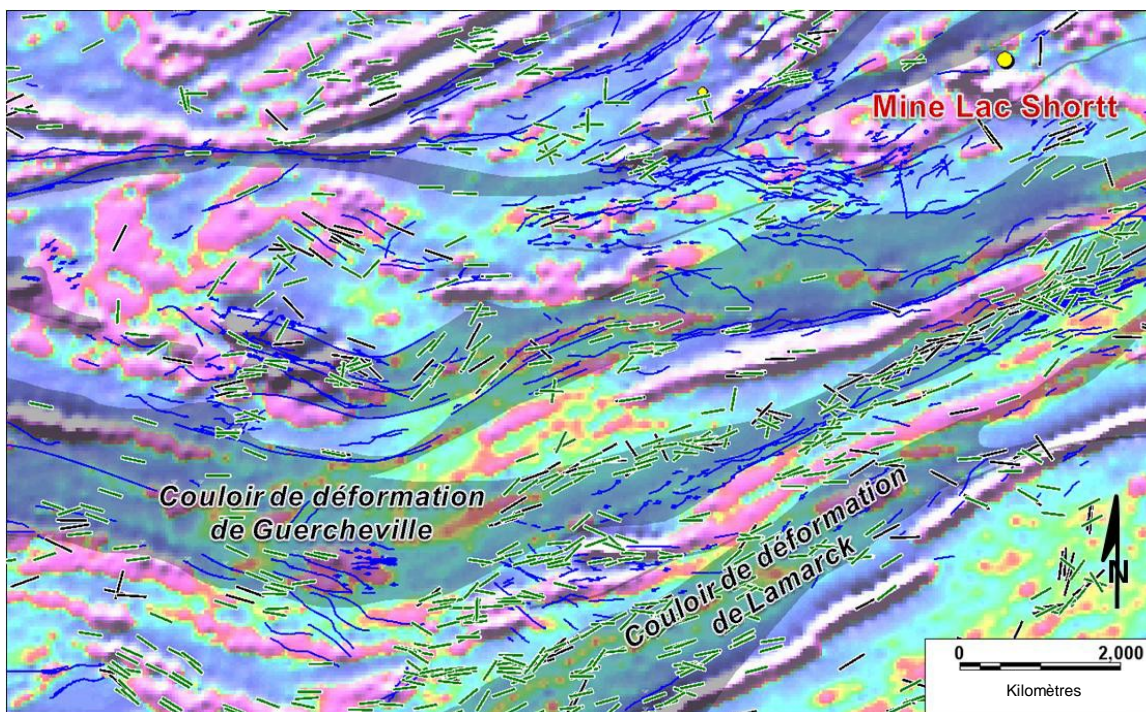
Le défi majeur de ce projet a été d'intégrer sur des couches interrogeables et uniformisées l'énorme quantité d'information géologique et géophysique conservée par différentes compagnies sur d'anciens supports numériques et éparpillée dans différents projets. Une grande quantité d'information géologique et géophysique a été numérisée à l'époque sur une multitude de couches en format numérique non interrogeable. De plus, cette information était cloisonnée et répartie par cantons, ce qui représente plus de 500 fichiers numériques. Les objets graphiques en format .dxf de tous les projets ont été géoréférencés et mis sur des couches communes selon le type de données. Ces couches sont listées et décrites sur le **Tableau 1**. La nouvelle information a été complétée ou comparée avec les données du Sigeom (2010) afin de construire une nouvelle carte géologique et des couloirs de déformation.

**Tableau 1.** Liste des couches numériques

Nouvelles données	Nombre	Commentaires
Affleurements	16 108	
Description sommaire lithologique/minéralogique	10 857	Affleurements + forages Chaque point, dans colonnes séparées : la lithologie et le cas échant, les altérations, minéralisations, structures, textures volcaniques
Données lithogéochimiques	7 197	Pour la plupart de Descarreux et Xstrata Zinc Canada. Chaque échantillon, colonnes séparées : lithologie observée, et traitement de géochimie le cas échéant : nom roche géochimique, altérations lithogéochimiques (diagramme de Large modifié, Bilan de masse), affinité, fertilité des rhyolites
Données structurales	5 827	Stratification (S0) et schistosité (S1/S2)
Conducteurs EM aériens et au sol		4 390 km de conducteurs linéaires sur couches numériques séparées (MEGATEM, INPUT, EM, EMV, EMH, PP, Pulse)

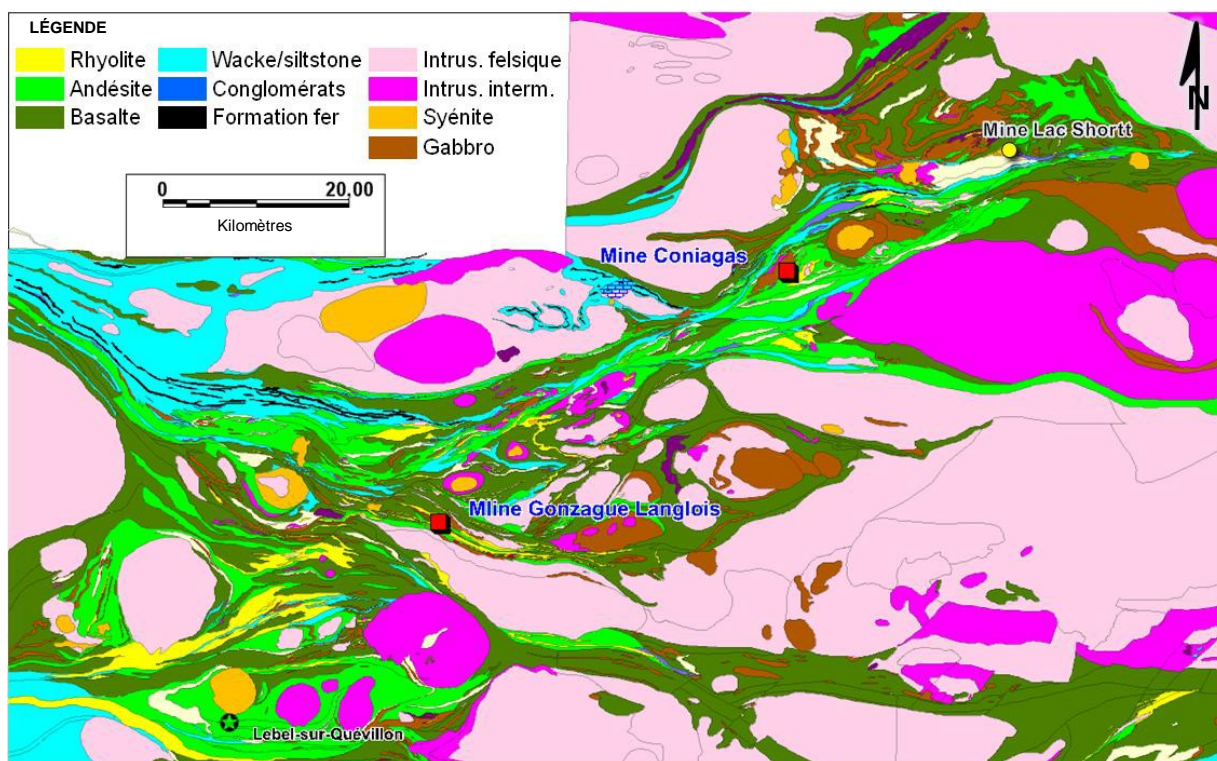
La carte des couloirs de déformation a d'abord été construite avant celle de la géologie. Un tri sur les descriptions de terrains et en forages a permis d'isoler les secteurs dont les roches se caractérisent par une forte anisotropie planaire secondaire (fabrique structurale). Cette anisotropie qualifiée comme un

indice provient de géofiches du Sigeom ou de données de terrain non-publiques (R. Daigneault comm. perso.). De plus, les roches décrites comme des mylonites, ou étant cisailées, foliées, très schisteuses ont été compilées et codées afin de localiser sur le terrain la présence de zone de cisaillements ductiles. Les données structurales et la géophysique ont joué un rôle prépondérant pour préciser la position et la largeur des couloirs de déformation ou pour en reconnaître de nouveaux. En effet, les changements de direction et l'entraînement de la stratification (S0) et de la schistosité (S1) ont permis de localiser les régions de parallélisme des trajectoires de S0 et S1 (**Figure 3**). De même, les changements d'orientation du grain magnétique et des conducteurs EM le long et dans des zones d'entraînement et/ou de décollement de la fabrique géophysique ont permis de reconnaître ou de confirmer des zones de déformation majeure. La combinaison de ces trois approches a permis de déterminer la géométrie des couloirs de déformation avec une grande précision de manière homogène, à la fois dans les régions avec affleurements ou recouvertes de dépôts quaternaires.



**Figure 3.** Exemple de reconnaissance des couloirs de déformation dans le secteur de la Mine Shortt en identifiant les changements de directions de la trajectoire de S0 (trait noir) et S1 (trait vert), des différents conducteurs électromagnétiques (lignes en bleu) et du magnétisme (1<sup>ière</sup> dérivée verticale du champ total en couleur du MEGATEM) en bordure et dans des zones d'entraînement et de décollement.

La carte géologique a été construite en tenant compte des différentes interprétations géologiques faites par secteur selon les cartes du Sigeom et des compagnies, mais surtout en tenant compte des données ponctuelles de descriptions lithologiques d'affleurement et de forages souvent plus récentes que les cartes géologiques publiques (**Tableau 1**). L'extension des différentes unités lithologiques et de leurs contacts a été faite en considérant minutieusement les différents conducteurs électromagnétiques aériens et au sol et la fabrique magnétique (MEGATEM). Il en résulte une carte de haute résolution qui s'apparente à une cartographie au 1/5000 (**Figure 4**). Au total, 966 nouveaux polygones géologiques, ou polygones modifiés du Sigeom, ont été créés dans une nouvelle base de données. Chaque polygone contient notamment l'information suivante : la lithologie sous forme de code et de description sommaire, les textures volcaniques dominantes de l'unité et l'affinité géochimique observée ou extrapoler des polygones voisins.



**Figure 4.** Nouvelle carte géologique interprétée entre Lebel-sur-Quévillon et le secteur Lac Shortt à partir de données inédites et du Sigeom (2010).

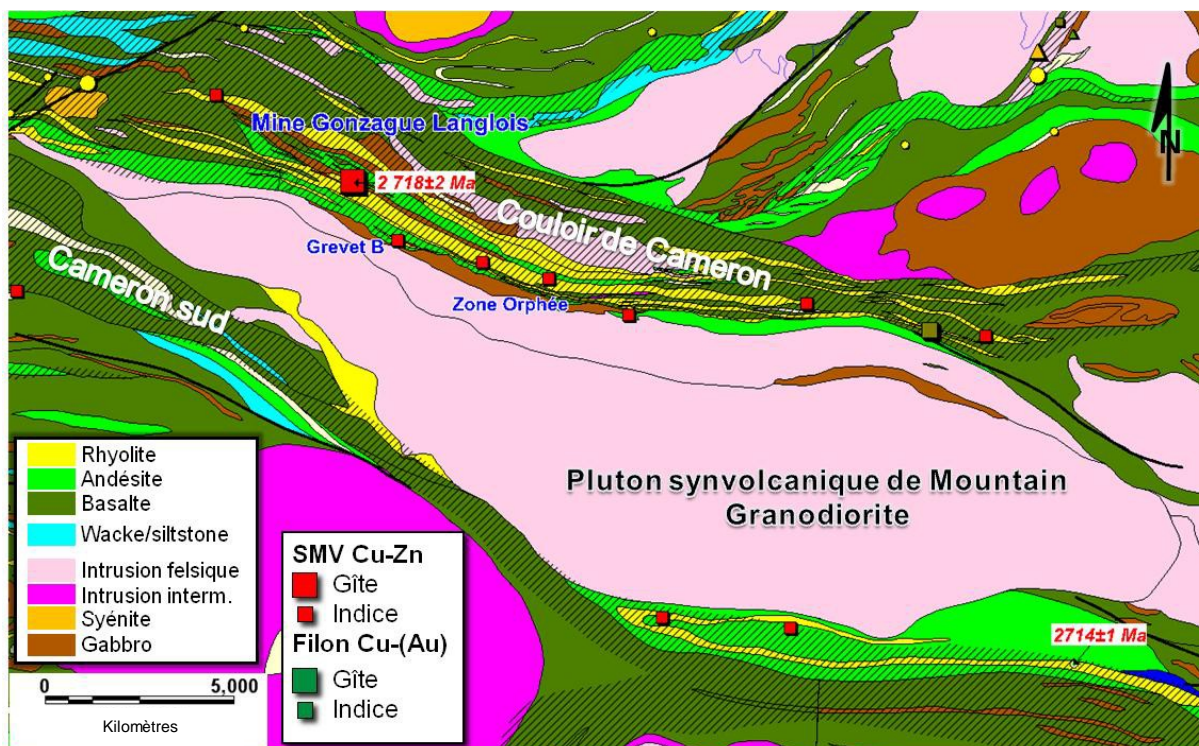
## 4 ANALYSE DES DONNÉES ET CIBLES D'EXPLORATION POUR LES SMV

La reconnaissance des caractéristiques géologiques et des unités favorables pour les SMV dans la région de la Mine Langlois est capitale afin d'ouvrir de nouveaux territoires à l'exploration à une échelle régionale. Dans un premier temps, une analyse des principales caractéristiques géologiques, géophysiques et géochimiques est présentée à l'échelle de la séquence de volcanites fertiles de cette mine. Par la suite, des caractéristiques similaires de fertilités ont été reconnues à l'extérieur de cette bande dans la région de Lebel-sur-Quévillon. Finalement une reconstitution paléo-volcanique est proposée dans le but de montrer que la Faille Lamarck-Wedding pourrait représenter une structure synvolcanique précoce.

### 4.1 Caractéristiques géologiques, géophysiques, et géochimiques de la séquence volcanique de la mine Langlois

À la Mine Langlois, la séquence de roches volcaniques hôtes de la minéralisation et de ses lentilles satellites de SMV est constituée d'une alternance de laves mafiques à felsiques et de volcanoclastites dans laquelle se sont mis en place plusieurs générations de dykes mafiques et felsiques (Lacroix, 1992; **Figure 5**). Toute cette bande volcanique, dont la superficie est estimée à 84 km<sup>2</sup>, est très déformée dans le couloir de déformation ductile de Cameron qui atteint un maximum de 5 km de largeur au NO de la mine (Proulx, 1989; Lacroix, 1993; Labbé et al., 1995). Aucune polarité n'a été reconnue jusqu'à présent à l'intérieur de la zone de déformation, mais le sommet de la séquence est présumé vers le nord conformément à ce qui est reconnue hors du corridor. Un tuf felsique à lapillis dans les sulfures massifs de la mine Langlois a révélé un âge de 2718 ± 2 Ma (Davis et al., 2005). Au nord du couloir de Cameron, l'empilement volcanique est peu déformé et la stratification est orienté NE-SO. Le degré de déformation entre ce domaine structural et le couloir est très abrupt. Au sud de la mine Langlois, le Pluton de Mountain est constitué de granodiorite avec l'apparition, à partir du deux tiers nord de l'intrusion, d'alternance de plus en plus commune de tonalite, de diorite et de gabbro. Il s'agit d'une intrusion soit différenciée et/ou

multiphasée, et interprétée comme étant synvolcanique (Gaboury, 2006). Des rhyolites et des andésites assignées à la ceinture d'Urban-Barry bordent le sud du pluton de Mountain. Un tuf rhyolitique dans cette séquence a donné un âge de  $2714 \pm 1$  Ma (Bandyayera et al., 2003).

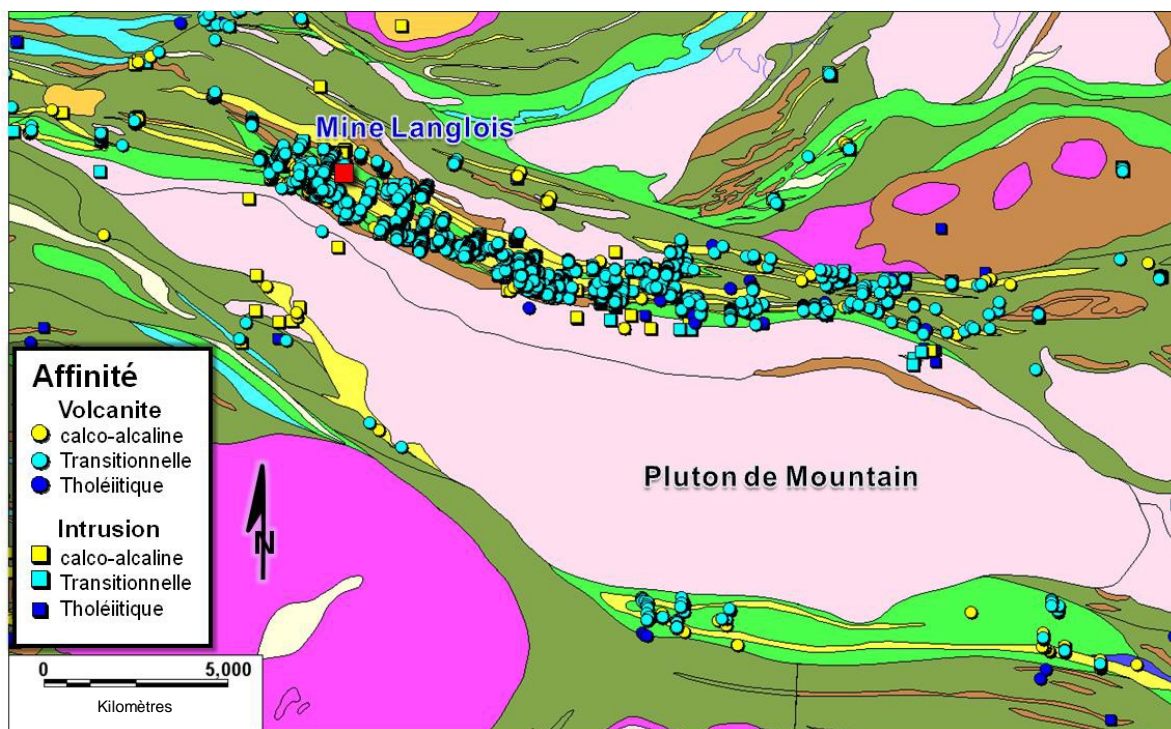


**Figure 5.** Carte géologique de la région de la Mine Langlois. La géologie modifiée du secteur de la Mine Langlois provient de Jensen (2010). Les surfaces à trame lignée oblique sont les couloirs de déformation.

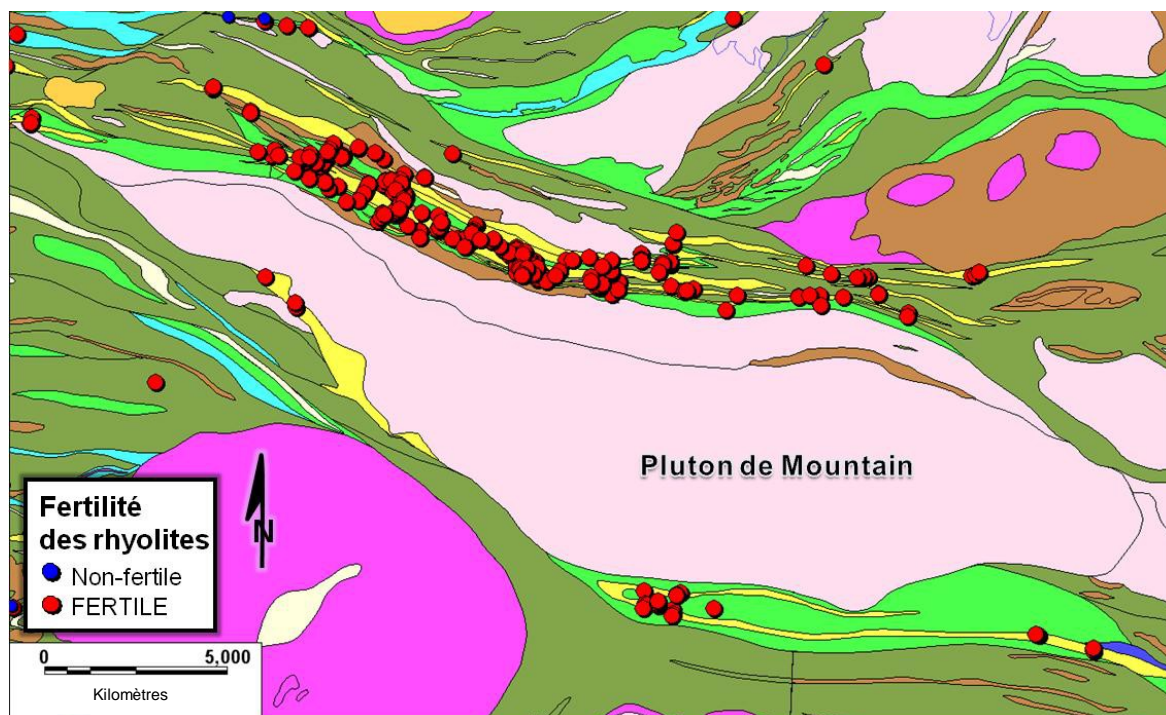
Selon les critères géochimiques de Barrett et MacClean (1994), la séquence minéralisée dans le couloir de Cameron est dominée uniformément à 70 % par des volcanites d'affinité transitionnelle, alors que 30 % des volcanites sont calco-alcalines ou tholéitiques regroupées principalement sous et au niveau des SMV (**Figure 6**). La minéralisation semble donc être associée spatialement à un épisode de venues de magmas polyphasés. Immédiatement au sud du pluton de Mountain, les volcanites d'affinité transitionnelle à tholéitique sont des andésites et des basaltes, alors que celles d'affinité calco-alcaline varient de composition rhyolitique à andésitique (**Figure 6**). Selon les classifications de Leshner et al., (1986) et Pearson (2007), les rhyolites fertiles pour les SMV occupent toutes les séquences immédiates autour du Pluton de Mountain (**Figure 7**). Les volcanites felsiques se groupent en trois groupes fertiles; 1) les rhyolites transitionnelles de type FIIIb, 2) les rhyodacites transitionnelles de type FIIIa+FII, et 3) les dacites calco-alcalines à transitionnelles de type FIIIa+FII.

L'affinité des intrusions dans la séquence de la mine est similaire à celles des volcanites, quoique les intrusions de composition transitionnelle soient légèrement moins abondantes en proportion par rapport aux volcanites. Il y a peu d'échantillons lithogéochimiques au centre et au sud du pluton synvolcanique de Mountain. Considérant son pluton voisin immédiatement à l'est, le pluton calco-alcalin et synvolcanique de Father (Gaboury, 2006), on peut considérer que la majeure partie du Mountain est calco-alcalin. C'est ce que semblent montrer les quelques échantillons à la marge SO du Pluton de Mountain (**Figure 6**). Par contre, la marge nord de ce pluton est polyphasée avec la présence des trois affinités le long d'une bande ESE de moins de 2 km de largeur. La géophysique, la pétrographie et la géochimie permettent de reconnaître différentes phases intrusives dans le pluton de Mountain. En particulier, les contrastes magnétiques montrent que la marge nord-est est fortement magnétique de par l'alternance de gabbros magnétiques avec des phases intrusives felsiques (**Figure 8**). La partie NO du pluton, constituée principalement de tonalite calco-alcaline, montre une empreinte magnétique contrastée, mais moins que celle de la marge nord. La phase intrusive qui occupe la plus grande superficie est celle au cœur du Pluton de Mountain qui est dominée par une composition granodioritique. Cette portion est caractérisée

par une intensité magnétique faible à moyenne plus ou moins homogène et est typique d'autres intrusions synvolcaniques en Abitibi. Cette phase intrusive d'affinité calco-alkaline est par contre clairement plus jeune que les deux autres phases étant donné qu'un contour plus magnétique au NO recoupe le grain magnétique NO-SE de la phase tonalitique (**Figure 8**). Notons que le pluton dans son ensemble est asymétrique; la portion magnétique et polyphasée du nord ne se retrouve pas le long de la marge sud.

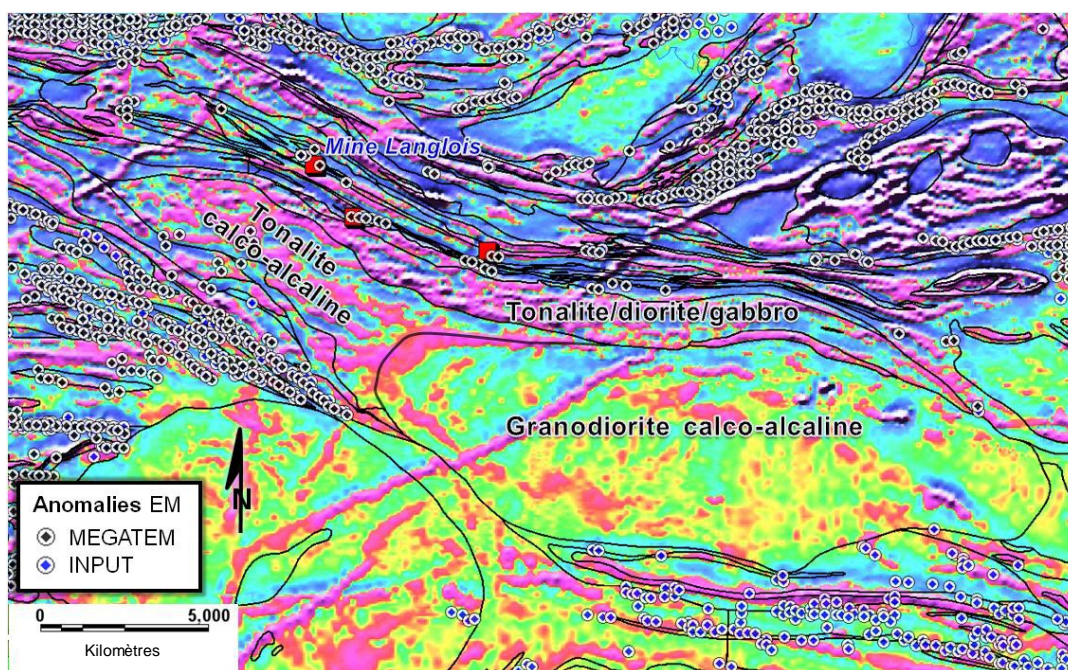


**Figure 6.** Carte montrant l'affinité géochimique des volcanites et des intrusions d'après le ratio Zr/Y de Barrett et MacClean (1994). Ratio < 2 - 4,5 : Tholéitique, 4,5 – 7 : transitionnel, >7 – 25 : calco-alkalin.



**Figure 7.** Distribution des rhyolites fertiles pour les SMV selon les critères de Lesher et al. (1986) et Pearson (2007).

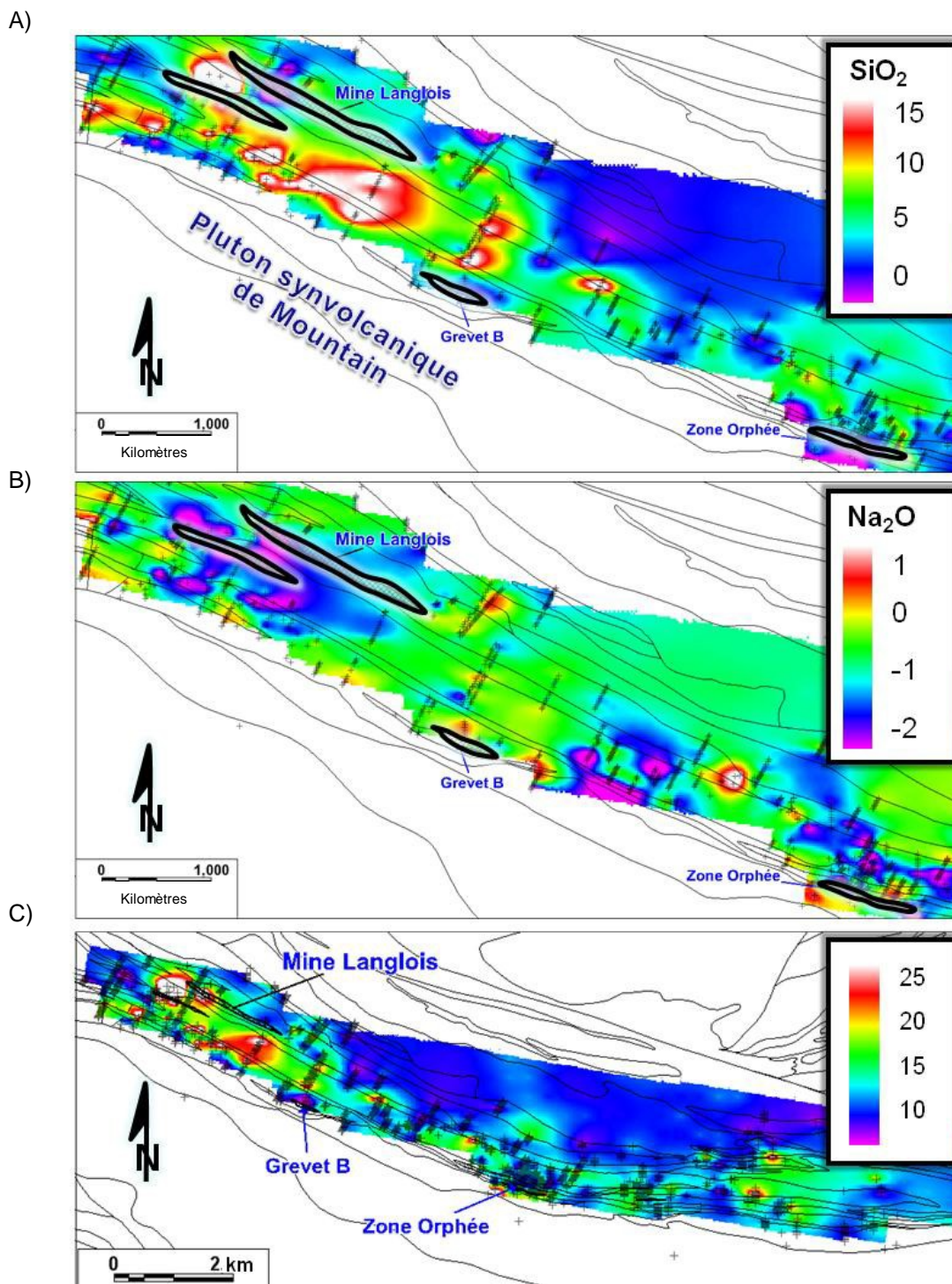
Les levés magnétiques et électromagnétiques Megatem montrent que la séquence de la mine Langlois se distingue de point de vue géophysique de son environnement immédiat. La première dérivée verticale permet de constater que certaines rhyolites et gabbros de l'empilement volcanique au nord du Pluton de Mountain sont fortement magnétiques et alternent avec des volcanites faiblement magnétiques. Le magnétisme montre également que les unités volcaniques et intrusives sont continues latéralement sur plusieurs kilomètres tel que le montre la carte géologique du secteur de Langlois (**Figure 5**; Jensen, 2010). Il est remarquable que les conducteurs électromagnétiques Megatem soient peu nombreux (une dizaine) et isolés dans la séquence de la mine et que toutes les lentilles de SMV répondent à cette méthode (**Figure 8**). Par contre, à l'extérieur de la séquence de la mine, les conducteurs Megatem sont beaucoup plus nombreux et s'expliquent par l'abondance de graphite et/ou de pyrrhotine le long d'unités sédimentaires minces (comprenant des cherts et argilites graphiteuses) et de grandes étendues latérales coincées entre des coulées volcaniques. On retrouve des caractéristiques géophysiques similaires dans la bande de roches volcaniques au sud du pluton de Mountain.



**Figure 8.** Levé aéromagnétique Megatem (première dérivée verticale du champ total) avec les contours de la carte géologique et les conducteurs électromagnétiques Megatem et Input.

L'altération volcanogène dans la séquence volcanique se concentre autour des lentilles minéralisées connues de la mine Langlois (**Figure 9**). Même si les échantillons lithogéochimiques sont assez disparates, il est possible de reconnaître des tendances en termes de gains et pertes d'oxydes par rapport aux lentilles minéralisées selon la méthode des bilans de masse sur précurseurs modélisés (Trépanier, 2009). On observe de forts gains en  $\text{SiO}_2$  (jusqu'à 15 g/100 g) directement sous les deux lentilles de Langlois (**Figure 9 A**). Cette silicification coïncide avec un lessivage en  $\text{Na}_2\text{O}$  au sein d'une empreinte faisant un angle de 60 degrés par rapport aux lentilles et au grain structural ESE de la Faille de Cameron (**Figure 9 B**). On remarque les mêmes relations angulaires aux extrémités de la lentille supérieure (au nord) avec des pertes en  $\text{K}_2\text{O}$  et des gains en  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  à l'extrémité ouest des deux lentilles (non illustrés). Ces gains et pertes sont probablement l'expression de racines (cheminées) d'altération sous et aux extrémités des deux lentilles de Langlois. Ces résultats coïncident avec les observations de Lacroix (1992) et Daigneault Lacroix (1995) qui ont identifié 4 principales altérations associées au SMV: carbonatation (gains en  $\text{CaO}$ ), chloritisation (gains en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), séricitisation (gains  $\text{MgO}$ ), et silicification (gains en  $\text{SiO}_2$ ).

La somme absolue de ces gains et pertes est une indication de l'altération globale ayant affecté la séquence volcanique. Les plus hautes valeurs de cette somme sont concentrées sous les lentilles de Langlois, indiquant que le système hydrothermal y était plus intense que partout ailleurs le long de cette bande volcanique (**Figure 9 C**).

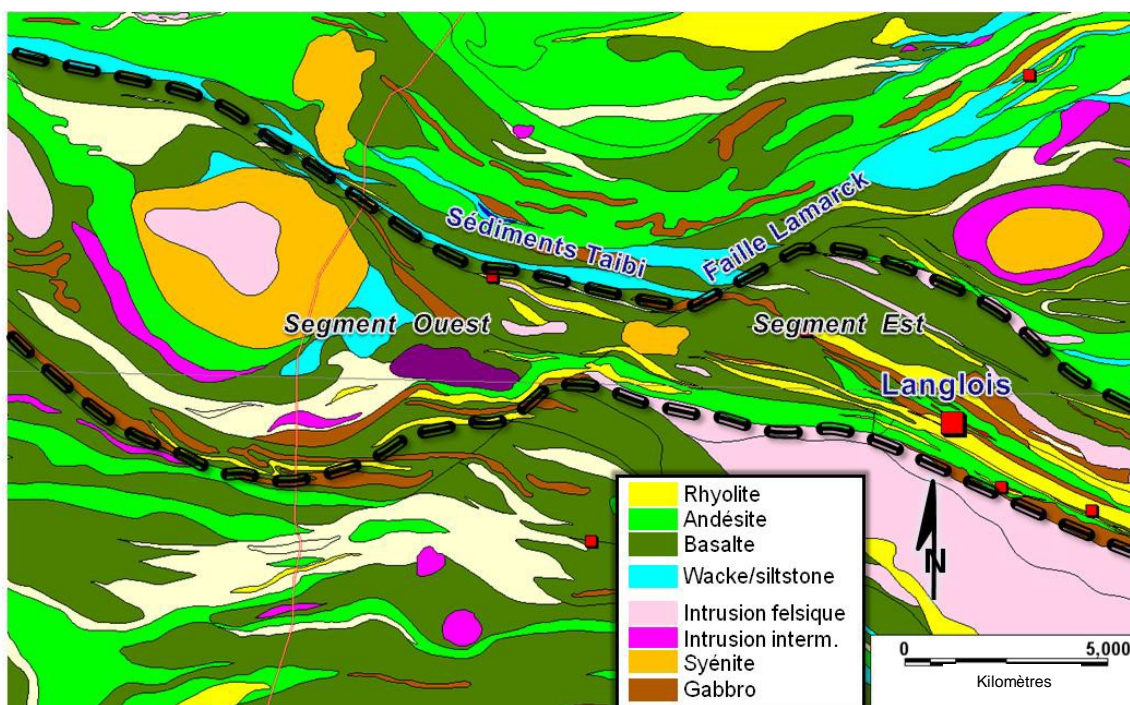


**Figure 9.** Altérations volcanogènes illustrées par le calcul des gains (+) et pertes (-) d'oxydes selon la méthode des bilans de masse absolue à partir de précurseurs modélisés (Trépanier, 2009) et exprimés en g/100 g. A) Forts gains de masse en  $\text{SiO}_2$  sous les deux lentilles de sulfures massifs de la mine Langlois. B) Pertes en  $\text{Na}_2\text{O}$  directement sous les lentilles minéralisées montrant des zones de lessivage orientées E-O et obliques par rapport à la stratification et au grain tectonique ESE. C) Somme en valeurs absolues des gains et pertes en  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , et  $\text{SiO}_2$  indiquant l'intensité globale de l'altération qui se concentre sous les lentilles de la mine Langlois (sommet présumé vers le Nord).



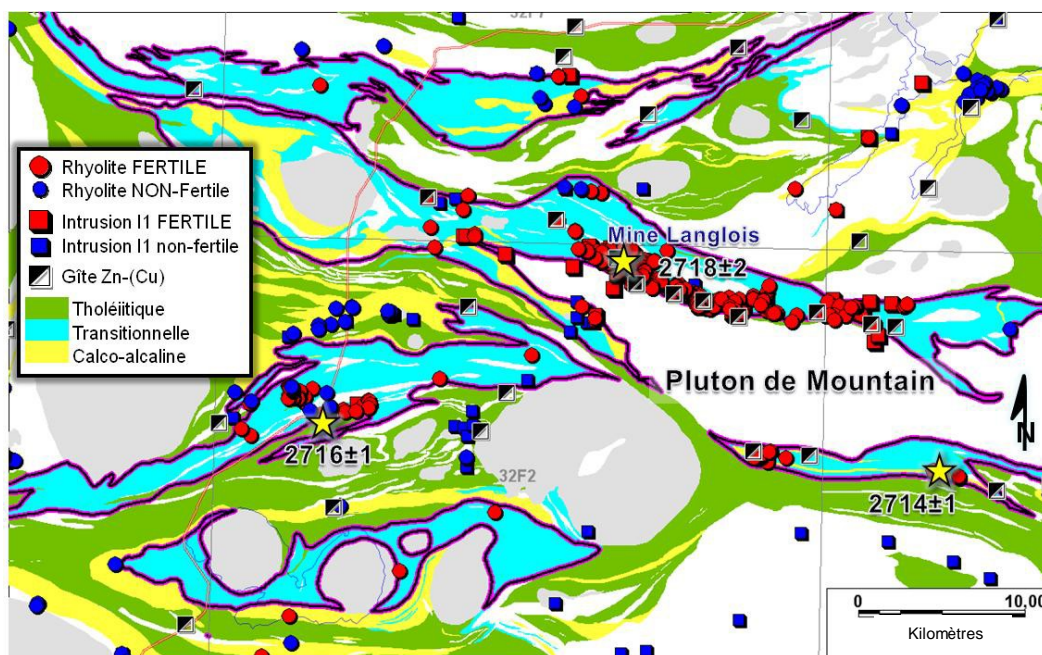
## 4.2 Reconnaissance d'environnements volcaniques comparable à la séquence volcanique de la mine Langlois

Les éléments géologiques, géochimiques et géophysiques clés qui caractérisent la séquence fertile de la mine Langlois sont retrouvés pour la première fois dans l'extension latérale de Langlois et dans au moins 3 autres bandes de roches volcaniques sur une superficie totale de 320 km<sup>2</sup> (Figures 10 et 11). L'extension de la séquence de Langlois se prolonge vers l'ouest sur au moins 30 km en faisant un virage au niveau de la Faille Lamarck (Figure 10). La limite nord de cette séquence fertile serait limitée par des bandes sédimentaires du Groupe de Taïbi. La limite sud du segment ouest est également caractérisée par la présence de rhyolites, de dacites et d'andésites le long d'une bande ENE-OSO dont le degré de connaissances géologiques et géochimiques est limité (Figure 10). La carte de l'affinité géochimique et de la fertilité des rhyolites montre que les volcanites ceinturant le Pluton de Mountain ont une chimie comparable et qu'elles ont sensiblement le même âge (Figure 11). Une autre bande de roches favorables est identifiée à l'ouest du pluton de Mountain. Il s'agit de volcanoclastites felsiques fertiles dont l'âge de 2716±1 Ma coïncide, dans les marges d'erreur, avec les âges des volcanites situées au nord et au sud du Pluton de Mountain (Figure 11). Une autre séquence de volcanites favorables se situe au SO du pluton de Mountain, au sud du feuillet 32 F02, entourant la ville de Lebel-sur-Quévillon (Figures 4 et 11). Il s'agit principalement de volcanoclastites de composition andésitique contenant quelques bandes de rhyolites fertiles (Figure 11). Cette bande est peu connue du point de vue géochimique. La quatrième bande de volcanites comparable à celle de Langlois est située au nord de la séquence de la mine. Il s'agit d'un assemblage de volcanoclastites de composition andésitique avec un centre volcanique felsique. Les quelques échantillons de roches volcaniques felsiques comprennent à la fois des représentants fertiles et non-fertiles (Figure 11).



**Figure 10.** Carte géologique montrant l'extension vers l'ouest (segment ouest) de la séquence volcanique fertile de la mine Langlois (segment est) avec les limites proposées (tirets noirs).

Sur le plan géophysique, ces 4 bandes de volcanites fertiles partagent également des caractéristiques communes. Les quatre bandes de volcanites transitionnelles sont caractérisées par une alternance de crêtes et de creux magnétiques de 100 à 300 m de largeur par quelques kilomètres de longueur, similairement à ce qui est montré à la Figure 8. Des anomalies Megatem et Input isolées ou groupées en petit nombre comme celles qui caractérisent les lentilles de Langlois se retrouvent également dans les 3 autres bandes (Figure 12). Cependant, les conducteurs formationnels à l'intérieur de ces dernières bandes ainsi que dans le segment ouest de la séquence de la mine sont plus abondants, suggérant plusieurs pauses dans le volcanisme permettant la sédimentation d'horizons argileux et graphitiques.

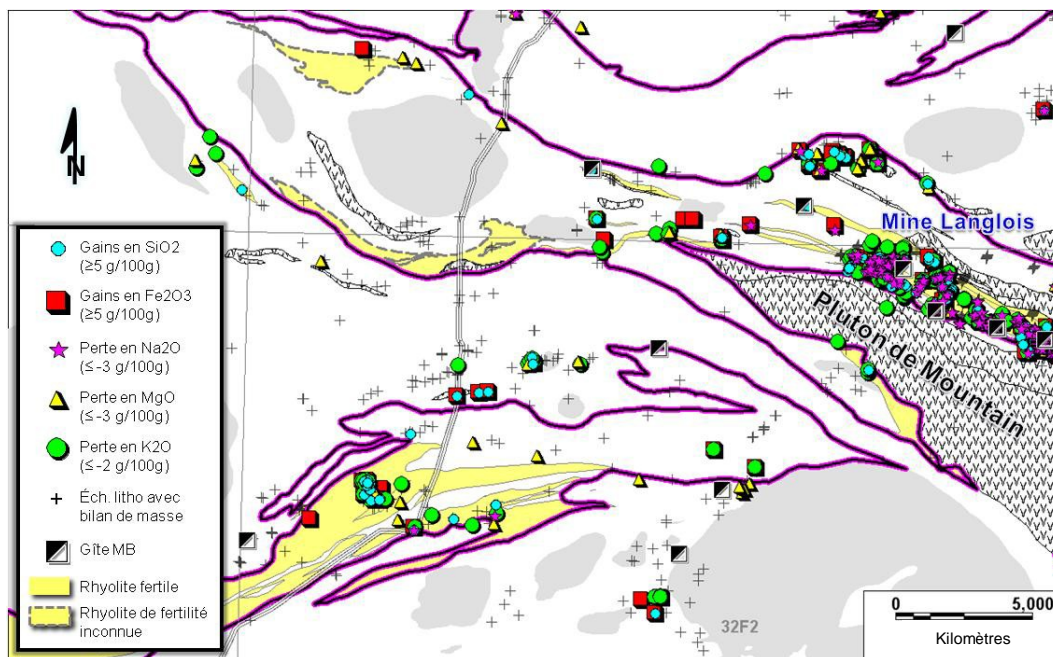


**Figure 11.** Quatre bandes de volcanites d'affinité transitionnelle (en cyan) et de rhyolites fertiles partageant les mêmes caractéristiques géologiques, géochimiques et géophysiques que la séquence de la mine Langlois. Datation de rhyolites de Davies et al. (2005) et Bandyayera et al. (2003).



**Figure 12.** Carte des affinités volcaniques et des anomalies électromagnétiques Megatem et Input de la région de la mine Langlois.

Le ciblage à l'intérieur même des quatre bandes fertiles est montré à titre d'exemple à la **Figure 13**. La bande de volcanites transitionnelles est le métallogène de premier ordre. La présence de roches volcaniques felsiques et fertiles selon les critères de Leshner et al. (1986) et Pearson (2007) constitue la cible à un niveau plus restrictif. Finalement, selon la couverture des échantillons géochimiques, les gains et pertes en certains oxydes tels que reconnus autour des lentilles minéralisées de la mine Langlois permettent de focaliser sur des cibles à l'échelle locale. La présence d'anomalies ponctuelles Megatem ou Input ainsi que de petites intrusions augmente le niveau d'intérêt de ces cibles.



**Figure 13.** Exemple de cibles pour les SMV à une échelle locale dans la région de la mine Langlois basé sur l'environnement favorable (contour gras mauve), la présence de volcanites felsiques fertiles selon les critères géochimiques de Leshner et al. (1986) et Pearson (2007), ainsi que sur des gains et pertes en bilan de masse (méthode de Trépanier, 2009) comparables à la signature géochimique des échantillons de volcanites autour de la mine Langlois (critères exprimés sur la légende).

En résumé, la séquence fertile de la mine Langlois n'est pas unique dans la région. Trois autres bandes de volcanoclastites de composition rhyolitique à andésitique d'affinité principalement transitionnelle partagent des caractéristiques géologiques, géochronologiques, géochimiques et géophysiques comparables à celles de la séquence de Langlois. La différence du point de vue de l'exploration entre ces quatre bandes est probablement la présence unique du pluton synvolcanique de Mountain. Les volcanites ceinturant celui-ci seraient davantage propices à la formation de SMV étant donné une source de chaleur proximale, alors qu'il n'y a pas de pluton d'envergure exposé et similaire ailleurs dans ou près des trois autres bandes. De plus, l'absence presque totale de conducteurs électromagnétiques formationnels (liés à la présence de graphite/pyrrhotine) dans le segment est de la bande de Langlois par rapport aux autres bandes (**Figures 10 et 12**) semblent indiquer un système volcanique plus soutenu et continu n'ayant pas permis la sédimentation.

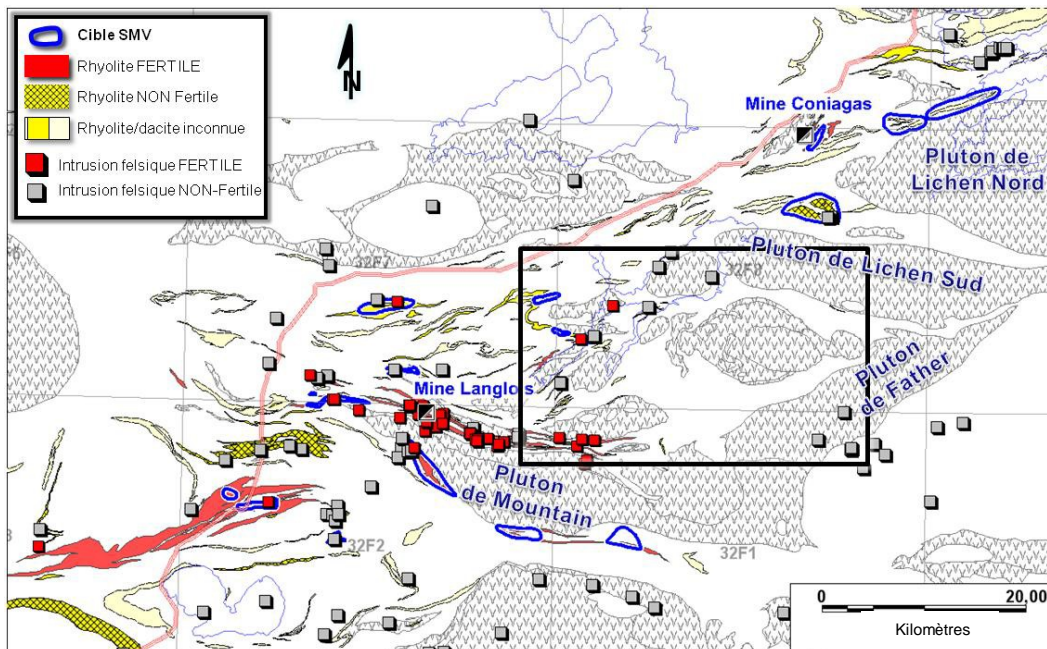
### 4.3 Autres secteurs d'intérêt pour les SMV

La démarche méthodologique de ciblage à une échelle zonale et expliquée dans la section 4.2 a été appliquée sur l'ensemble du territoire compris entre Lebel-sur-Quévillon et le secteur Lac Shortt (**Figure 14**). Au total 20 cibles ont été identifiées selon l'un ou plusieurs des critères favorables suivant : 1) bandes volcaniques d'affinité transitionnelle; 2) rhyolites/rhyodacites fertiles; 3) proximité à des plutons apparemment synvolcaniques; 4) présence de conducteurs isolés ou semi-isolés; 4) gains/pertes de masse importantes en oxydes, et 5) présence minéralogique de minéralisations et/ou d'altérations type SMV observée à l'affleurement ou en forage.

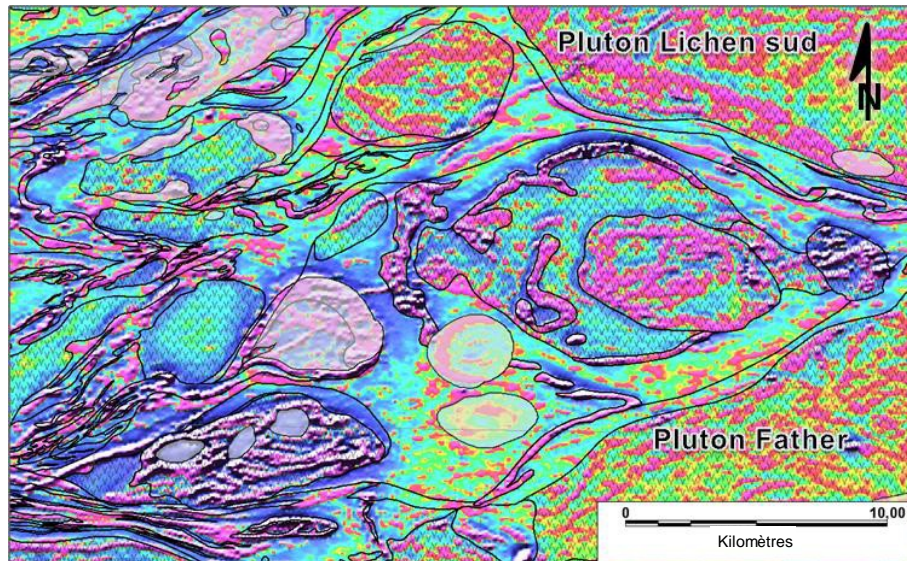
On note des régions cibles principalement autour du Pluton de Mountain et à proximité de volcanites felsiques de fertilités connues ou inconnues dont les gains et pertes en oxydes sont comparables aux altérations volcanogènes observées autour des lentilles minéralisées de Langlois. Ces cibles sont généralement accompagnées de conducteurs Megatem isolés ou semi-isolés. La présence de plutons synvolcaniques est toujours un des principaux critères recherchés pour les SMV. Les volcanites felsiques

qui longent la bordure NO du pluton de Lichen Nord, à l'est de l'ancienne mine Coniagas, sont visées comme cibles potentielles malgré qu'il n'ait pas d'échantillon lithogéochimique pour évaluer la fertilité des laves felsiques ou calculer les bilans de masse.

Le secteur entre les gisements de Zn de Langlois et Coniagas semble intéressant parce qu'il y a présence de rhyolites fertiles et une multitude d'intrusions, pour la plupart de composition felsique à intermédiaire et dont certaines ont un critère de fertilité favorable pour les SMV (**Figure 14**). En détail pour ce secteur, le levé magnétique Megatem montre avec précision les limites des intrusions (**Figure 15**). Les textures magnétiques de celles-ci permettent de distinguer dans une certaine mesure, faute de datations et de géochimie, la nature probable des intrusions. Le Pluton de Lichen est considéré par Chown et al. (2002) comme étant synvolcanique. Sa signature géophysique est caractérisée par un niveau de magnétisme moyen plus élevé que les roches volcaniques encaissantes et par l'alternance de bandes plus ou moins floues et magnétiques donnant une texture marbrée, comme c'est le cas pour le Pluton de Mountain (**Figure 8**) et celui de Father (**Figure 14**). Comme la majorité des plutons synvolcaniques de l'Abitibi, ces plutons sont dépourvus d'auréole magnétique dans l'encaissant volcanique. La présence de telles auréoles implique un contraste de température élevée, conditions retrouvées généralement lors de la mise en place des intrusions syntectoniques. Plusieurs intrusions de dimensions variées sont interprétées comme synvolcaniques au NE de la mine Langlois sur la base des textures magnétiques (**Figures 14 et 15**). Un pluton en particulier retient l'attention; il s'agit de celui situé entre les Plutons de Lichen sud et de Father. Cette intrusion de 14 x 9 km<sup>2</sup> apparaît zonée et polyphasée. On y reconnaît des rubans fortement magnétiques de gabbros et de péridotites à la bordure nord (marginale au sud) et à l'intérieur de l'intrusion. Au moins deux masses gabbroïques, d'envergure kilométrique à plurikilométrique, semblent recouper la partie moins magnétique composée de granodiorite et de tonalite. Cette intrusion pourrait représenter un pluton synvolcanique. Le pluton situé à l'ouest du Lichen montre une texture marbrée très similaire à celui du Lichen suggérant qu'il est également synvolcanique. D'autres plutons plus petits caractérisés par un faible magnétisme et l'absence d'auréole thermique sont également proposés comme étant synvolcaniques.



**Figure 14.** Régions ciblées pour les SMV à une échelle zonale (contour en bleu) autour des gisements de Zn de Langlois et Coniagas selon la démarche présentée dans la section 4.2. L'encadré représente la localisation de la Figure 15.



**Figure 15.** 1<sup>ère</sup> dérivée verticale du champ total (levé Megatem de Xstrata Zinc Canada) montrant les limites des plutons interprétés comme synvolcaniques (trame avec des V) et syntectoniques (en blanc transparent). Détails de la localisation à la Figure 14.

#### 4.4 Reconstitution paléo volcanique de la région de la mine Langlois

En s'appuyant principalement sur les différents assemblages géochimiques et textures volcaniques des roches effusives de la région de la mine Langlois, une séquence de reconstitution paléo volcanique est proposée du plus récent au plus vieux en termes de bassins et de failles synvolcaniques (**Figures 16, 17 et 18**). La déformation causée par l'aplatissement et le plissement n'est pas considérée, seul le déplacement le long de la Faille Lamarck est tenu en compte.

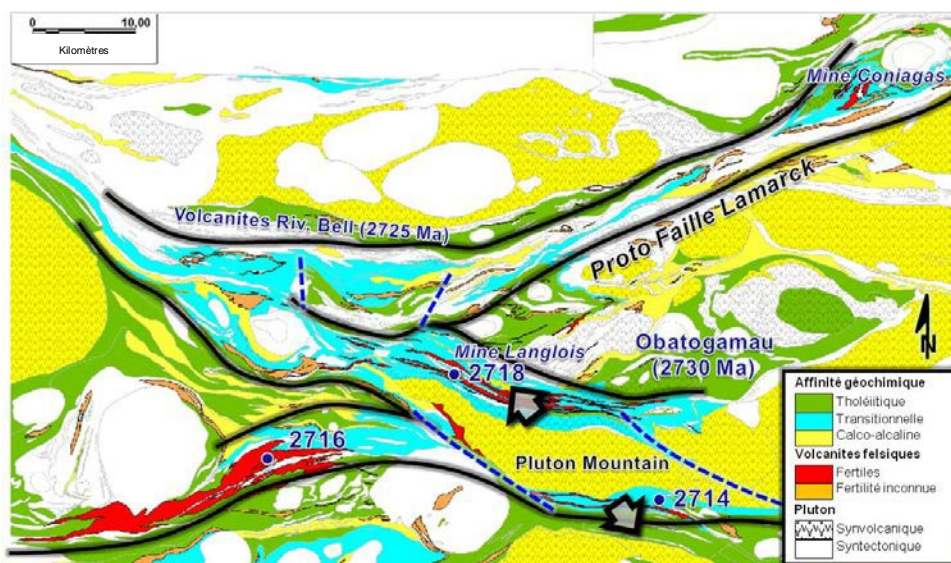
Vers 2714 Ma, c'est-à-dire bien avant la mise en place des roches sédimentaires de Taïbi entre 2697 et 2685 Ma dans un bassin de flysch intra-arc (Daigneault et al., 2004), il est proposé que l'architecture volcanique ressemblait à la carte actuelle avec des failles synvolcaniques E-O, NE-SO et ESE-ONO formant trois sous-bassins interconnectés de composition transitionnelle (**Figure 16**). Ces bassins constitués de volcanoclastites et de laves coussinées se seraient mis en place sur le substratum tholéiitique de la Formation d'Obatogamau (2730 Ma : Chown et al. 1992). La phase la plus jeune du Pluton de Mountain (le cœur), de composition calco-alkaline, serait la dernière expression du plutonisme de l'arc dans le secteur. Cette phase intrusive pourrait s'être introduite dans un sous-bassin entre deux failles synvolcaniques secondaires NO-SE (tirets bleus sur la **Figure 16**) et sous un système de contraintes en extension orientées NO-SE (**Figure 16**). La Faille Lamarck est constituée d'un mélange de roches volcaniques de composition tholéiitique à calco-alkaline, mais la phase transitionnelle semble dominante, suggérant qu'elle ait été active en tant que bassin allongé NE-SO au même moment que les bassins E-O.

En enlevant la phase calco-alkaline du Pluton de Mountain et en retro déformant la courbure de la séquence de la mine Langlois au niveau de la Faille Lamarck (**Figure 17**), il est proposé que vers 2718 Ma se mettent en place les rhyolites fertiles de Langlois (en rouge sur la **Figure 17**) ainsi que celles à l'ouest du Pluton de Mountain dont seule la phase transitionnelle existe. Cet épisode d'extension N-S coïnciderait avec le paroxysme du volcanisme d'affinité transitionnelle, la mise en place des SMV et des rhyolites fertiles des mines Langlois et Coniagas.

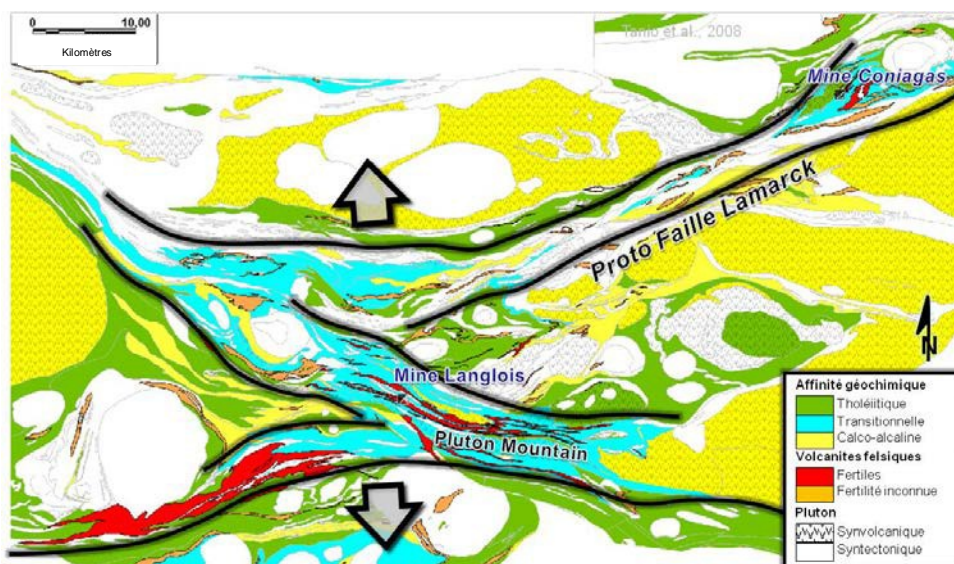
Finalement, en faisant abstraction de tout le volcanisme de composition transitionnelle, l'architecture volcanique pourrait ressembler vers 2720-2722 Ma à l'image présentée à la **Figure 18**. Seuls, des bassins calco-alkalins orientés NE-SO et NO-SE se seraient développés à l'intérieur de l'Obatogamau. Les structures synvolcaniques NE-SO seraient dominantes et la Faille Lamarck représenterait une faille majeure d'un de ces bassins. Le système de failles NO-SE serait qu'en a lui corrélé avec le domaine

volcanique des Collines de Cartwright. Ces volcanites basaltiques à komatiitiques datées à 2721 Ma (Legault et al., 2002) témoigne du développement d'un bassin intra-arc (Mueller et al., 2009). Du point de vue métallogénique, le principal épisode d'extension NO-SE se corrèlerait avec le magmatisme calco-alcalin et les minéralisations aurifères synvolcaniques de la mine Géant Dormant (Gaboury et Daigneault, 1999).

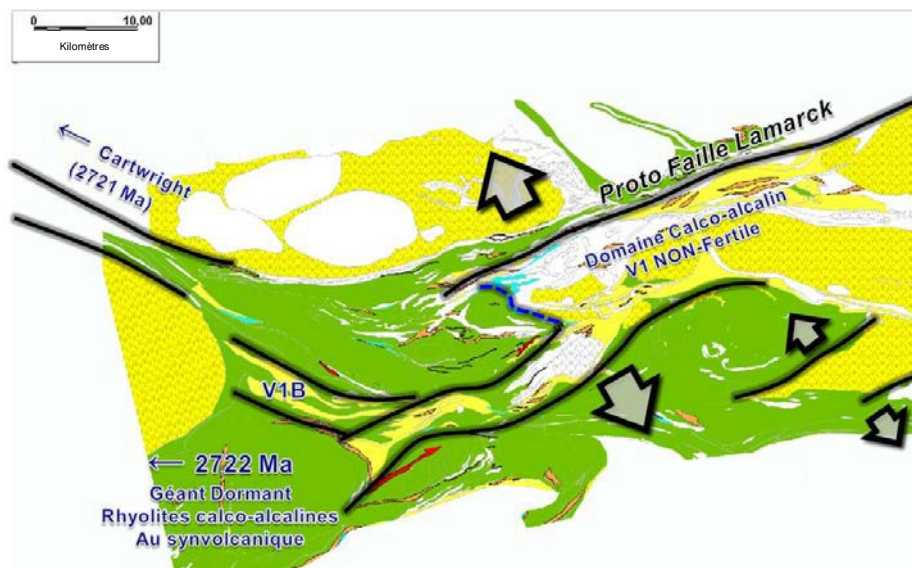
Pour conclure, cet exercice de reconstitution laisse entrevoir que la Faille Lamarck a été d'abord une faille synvolcanique active probablement sur une longue période de temps comme le témoignent les variations de composition des volcanites à l'intérieur de celle-ci.



**Figure 16.** Reconstitution vers 2714 Ma. Âges en Ma (points en bleu) d'après Davis et al. (2005) et Bandyayera et al. (2003). Lignes noires : failles synvolcaniques de bordures de bassins. Tirets bleus : failles synvolcaniques secondaires. Flèches noires : direction d'extension inférée d'un sous-bassin responsable de la mise en place du pluton calco-alcalin de Mountain.



**Figure 17.** Reconstitution vers 2718 Ma alors que seules sont présentes les phases précoces de composition transitionnelle du pluton de Mountain. Une rétro déformation a été appliquée au niveau de l'actuelle Faille Lamarck. Les failles synvolcaniques E-O et la mise en place des SMV de la mine Langlois se seraient développés à l'intérieur d'un bassin lors d'une extension N-S (Flèches noires).



**Figure 18.** Reconstitution vers 2720-2722 Ma sans les bassins volcaniques transitionnels (Figure 17) et montrant le développement de bassins volcaniques calco-alkalins NE-SO contemporains du volcanisme felsique calco-alkalin (en jaune) et des minéralisations aurifères volcanogènes à la mine Géant Dormant (située à 50 km plus à l'ouest; Gaboury et Daigneault, 1999) et le développement du bassin intra-arc des Collines de Cartwright (Legault et al., 2002).

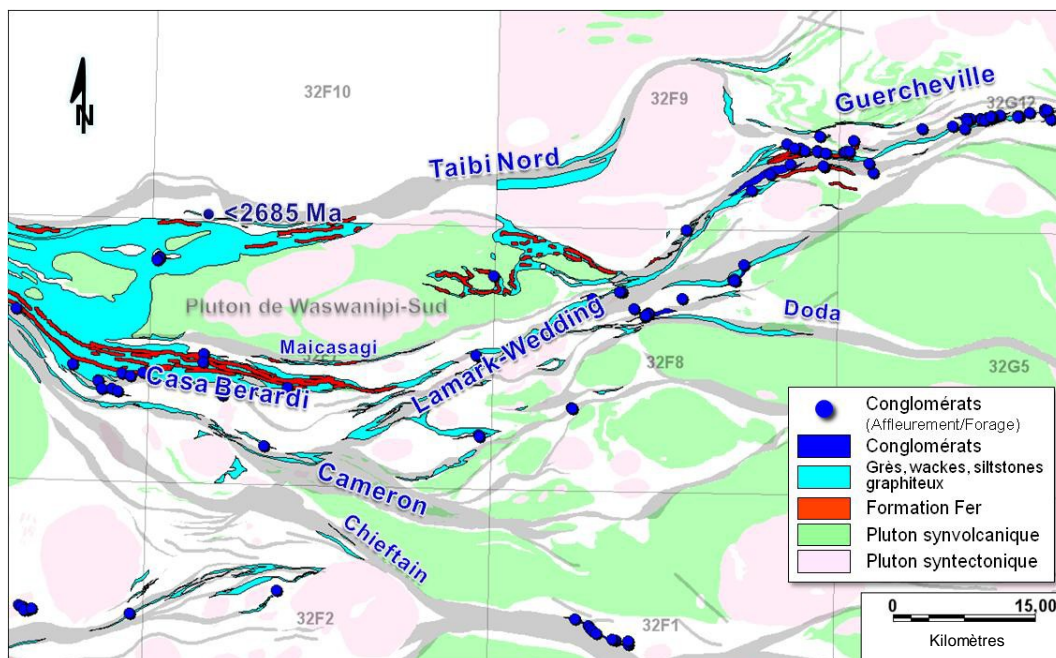
## 5 ANALYSE DES DONNÉES ET CIBLES POUR L'OR OROGÉNIQUE

Il est reconnu que la majorité des minéralisations aurifères orogéniques en Abitibi, et ailleurs dans d'autres ceintures archéennes dans le monde, sont localisées dans et en bordure de couloirs de déformation. La faille majeure la plus prolifique en terme de contenu en or dans le nord de l'Abitibi québécois est celle de Casa Berardi, principalement à cause de l'importance de la mine Casa Berardi, localisée dans l'extrémité du couloir de déformation dans l'ouest de la province et, dont la production, les réserves et les ressources totalisent 7,3 t Au (Salmon et Cox, 2009). Cette faille borde le sud du bassin sédimentaire de Taïbi et est caractérisée en général par la présence de formations de fer et de conglomérats polygéniques que l'on retrouve également dans la région d'étude (**Figure 19**).

Un des objectifs de ce projet est de savoir si la Faille Casa Berardi se poursuit à l'est de la Faille Lamarck-Wedding traversant l'ensemble de la région. Si la présence de formations de fer et de conglomérats est le principal critère de reconnaissance qui caractérise cette faille, on pourrait interpréter qu'elle continue vers l'est à l'extrémité nord de la Faille Lamarck-Wedding, au niveau de la Faille de Guercheville (**Figure 19**). Cependant, des formations de fer se trouvent également au sud de la Faille Taïbi Nord et au nord du pluton de Waswanipi-Sud. S'agit-il des mêmes formations de fer que celles le long de la Faille Casa Berardi ? Ces formations pourraient être plissées au niveau d'un hypothétique anticlinal régional passant au centre du pluton de Waswanipi-Sud, ou représenter des unités distinctes en bordure d'un grand bassin sédimentaire. Quel que soit l'hypothèse choisie, les formations de fer au sud de la Faille Taïbi Nord pourraient être des équivalents latéraux de celles le long de la Faille de Guercheville. Ainsi, la Faille Casa Berardi s'arrêterait à l'extrémité sud de la Faille Lamarck-Wedding et n'aurait pas d'équivalence à l'est (**Figure 19**).

Chronologiquement, la Faille Lamarck-Wedding apparaît jouer à plusieurs reprises, de manière précoce durant le volcanisme tel que le suggère la reconstitution paléo géographique présentée à la Section 4 et lors de la sédimentation tardive puisqu'on y retrouve coincés des conglomérats et d'autres roches sédimentaires clastiques tout le long du couloir de déformation. Cette faille majeure semble plus ancienne que les failles E-O ou ESE-ONO considérant qu'elle ne se prolonge pas vers le NE, au nord de la Faille

Guercheville, ni vers le SO au sud de la Faille Cameron. Par contre, elle paraît plus jeune que les Failles Taïbi nord et Guercheville si on considère le déplacement apparent senestre des formations de fer de part et d'autre de la structure NE-SO. Par contre, il n'y a aucune formation de fer le long de la Faille Lamarck-Wedding et la proportion de roches sédimentaires de type Taïbi est très faible par rapport aux failles E-O. De plus, il ne semble pas possible de relier les failles méridionales de part et d'autre de la Faille Lamarck-Wedding avec la même quantité de déplacement. Toutes ces observations suggèrent que l'ensemble des failles du secteur a joué de manière concomitante et que la Faille Lamarck-Wedding pourrait représenter, très tôt dans l'histoire du volcanisme et de la sédimentation, une faille de transfert à mouvement latéral senestre, ce qui expliquerait l'absence de formation de fer au sein de cette structure considérant que ce type de dépôt est généralement associé à des bassins de grande dimension. Il est à noter que tout le domaine au SE de la Faille Lamarck-Wedding est également dépourvu de formation de fer. S'agit-il d'une véritable absence de sédimentation chimique au SE de la faille, ou bien cela traduit plutôt un domaine d'érosion et un niveau structural plus profond tel que pourrait le suggérer la plus grande abondance de plutons au SE? Quelle que soit l'interprétation choisie, la Faille Lamarck-Wedding délimite deux domaines géologiques distincts.



**Figure 19.** Carte géologique montrant les couloirs de déformation interprétés (en gris avec leur nom), les catégories de plutons, et les basins sédimentaires du type Taïbi dont l'âge de Davis et al. 2005 représente un âge minimal de sédimentation. Les roches volcaniques sont en blanc.

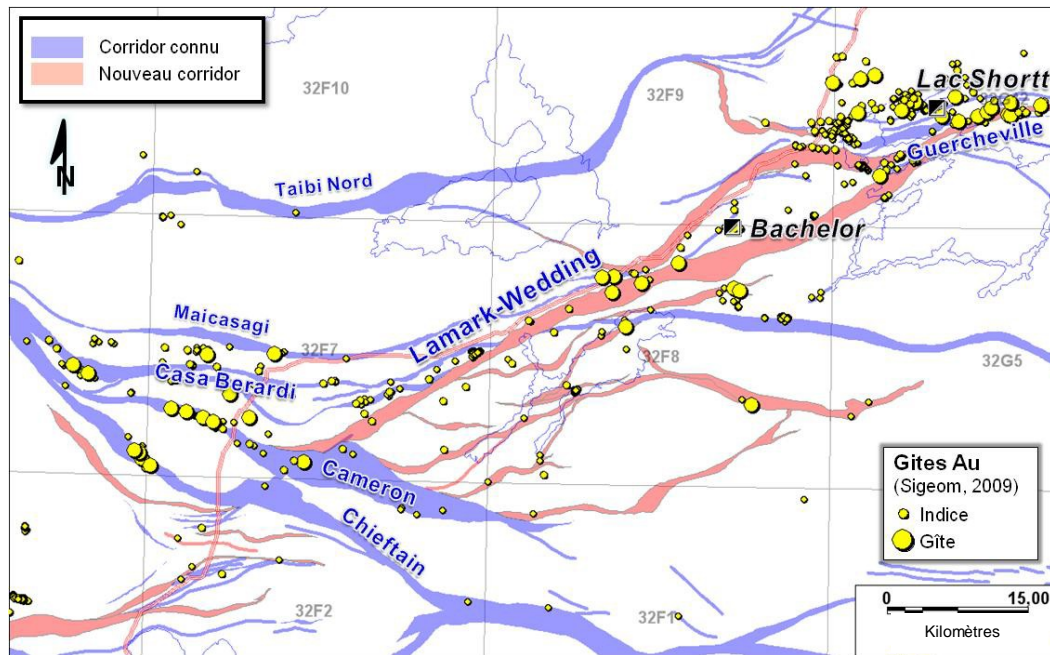
## 5.1 Couloirs de déformation et distribution des minéralisations aurifères

Les minéralisations aurifères entre Lebel-sur-Quévillon et le secteur Lac Shortt sont contrôlées à 90 % par des structures ductiles et cassantes (cisaillement, veines, fractures). Elles peuvent se classer en trois grandes catégories. Près de 65 % de ces minéralisations sont des indices et gîtes d'or filonien classique situés dans des veines de quartz-carbonates mésothermales (orogéniques). Le reste des minéralisations en or est réparti à parts égales entre des minéralisations à sulfures disséminés dans diverses lithologies altérées en minéraux métamorphiques (chlorite, séricite, quartz, carbonates) et des minéralisations spatialement associées à des intrusions syn à tardi tectoniques qui sont dans certains cas alcalines (syénites et carbonatites).

La **Figure 20** montre la distribution des minéralisations aurifères et les couloirs de déformation de la région à l'étude. On note une bonne association spatiale de la minéralisation le long de la Faille Lamarck-Wedding, de même qu'à ses extrémités à la rencontre avec les Failles de Cameron et de Casa Berardi au sud et de Guercheville au nord. Plusieurs indices et gîtes qui ne semblaient pas associés auparavant à



des failles (**Figure 2**), sont maintenant reconnus être associés à des structures ductiles majeures ou secondaires nouvellement interprétées (en rouge sur la **Figure 20**). Ces nouveaux corridors deviennent des cibles d'exploration de première importance. On note que plusieurs gîtes d'or sont localisés à l'intersection de failles, mais que les deux anciens producteurs d'or, les mines Bachelor et Lac Shortt, sont en marge de failles majeures dans des structures secondaires ductiles-cassantes et associées à des intrusions porphyriques syn à tardi-tectoniques de composition granitique ou alcaline (Lauzière, 1989; Brisson, 1995).



**Figure 20.** Couloirs de déformation en relation spatiale avec les minéralisations à dominance aurifère.

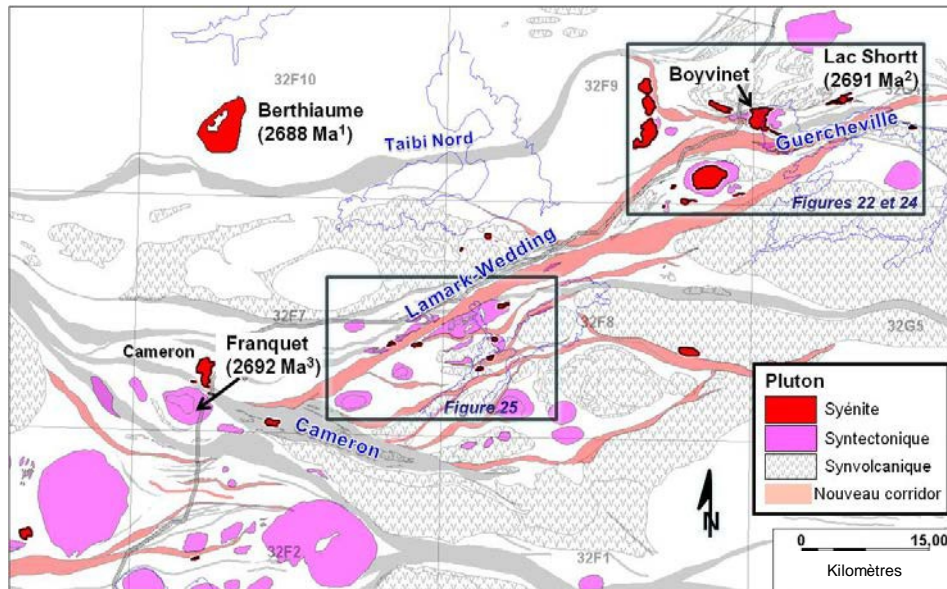
## 5.2 Couloirs de déformation et nouvelles intrusions alcalines

Les intrusions porphyriques alcalines tardives, notamment les syénites, revêtent une importance économique pour l'or en Abitibi (Robert, 2001), considérant l'importance des gisements de Young Davidson et Matachewan Consolidated sur la Faille Cadillac, de Beattie, Donchester, Holt-McDermott / Holloway et Ross le long de la Faille Porcupine, du dépôt de Douay sur la Faille Casa Berardi et celui du Lac Shortt dans la région d'étude.

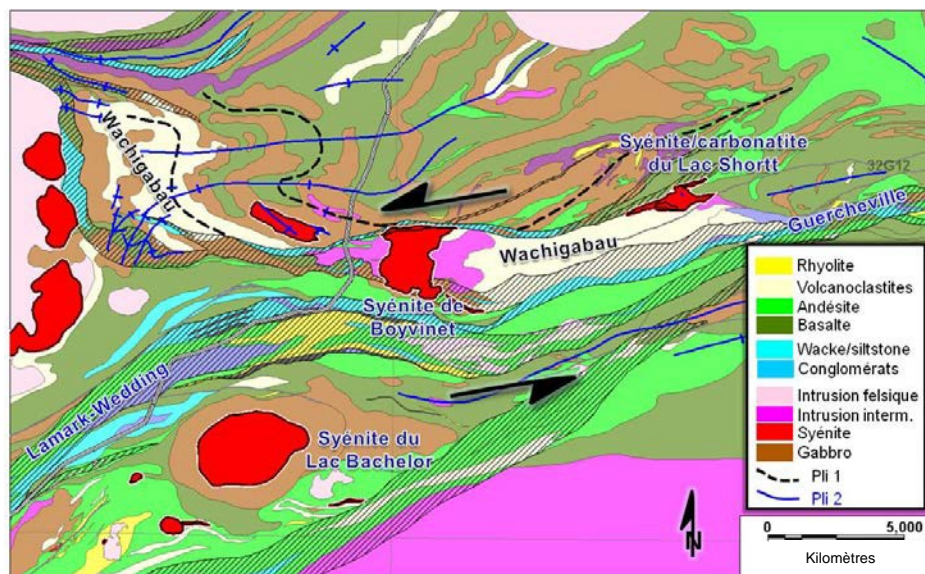
Plusieurs nouveaux corps syénitiques ont été identifiés lors de la compilation (**Figure 21**). Ces intrusions sont catégorisées comme des syénites sur la base d'observations et critères de terrain (affleurements et forages). Il est donc possible que certaines d'entre elles n'en soient pas sur la base de critères géochimiques ou pétrographiques, et que d'autres intrusions en soient, mais trop peu de données lithogéochimiques sont disponibles pour permettre une meilleure caractérisation. Environ 6 intrusions syénitiques étaient connues dans la région, notamment celles de Berthiaume, Boyvinet, Lac Shortt, et Cameron et maintenant, le nombre total des intrusions syénitiques est estimé à 22 (**Figure 21**).

Les syénites sont situées à moins de 10 km des grands couloirs de déformation, avec un alignement préférentiel NE-SO le long de la Faille Lamarck-Wedding et un alignement secondaire E-O le long des Failles Taibi Nord et Guercheville. La plus grande concentration de syénites  $\geq 1 \text{ km}^2$  se trouve à l'intersection de ces deux alignements entre les anciennes mines Bachelor et Lac Shortt (**Figure 21**). La **Figure 22** montre en détail le contexte de mise en place de ces syénites à la rencontre des Failles Lamarck-Wedding et Guercheville. La carbonatite du Lac Short qui est intimement liée à la syénite déformée a été datée à 2691  $\pm 5/-3$  Ma (Dion et al., 1995). Selon Brisson (1995), ces deux intrusions se seraient mises en place durant ou avant la déformation ductile principale. L'auteur a montré que la Faille

du Lac Shortt, située au nord du couloir de Guercheville, a joué en faille inverse puis en transpression dextre. Par contre, l'entraînement des plis P1 et P2 de même que le décalage probable de la Formation de Wachigabau le long du système de failles E-O dans ce secteur laissent plutôt entrevoir un coulisage apparent senestre dont le déplacement est estimé à près de 5 km (**Figure 22**). La syénite de Boyvinet est située entre deux failles ductiles et à l'intérieur d'une diorite ce qui laisse entrevoir que la mise en place l'intrusion est contrôlée par la structure et par le contraste de compétence dans un milieu relativement isotrope.



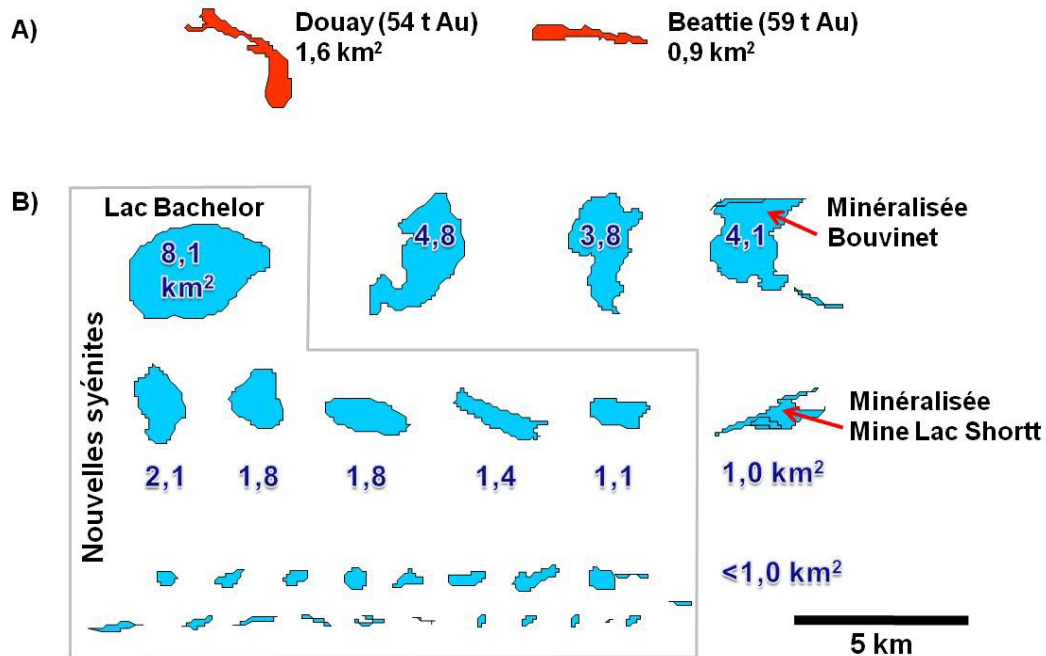
**Figure 21.** Carte de localisation des syénites et des intrusions synvolcaniques ou syntectoniques (Faure, 2006) ou interprétées dans le cadre de cette étude dans le secteur entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt. Couloirs de déformation connus en gris et nouvellement interprétés en rouge.



**Figure 22.** Carte géologique et structurale du secteur des syénites de Boyvinet et de Lac Shortt montrant les traces axiales des plis P1 replissés par des plis P2 orientés ENE-OSO. Un déplacement senestre apparent de 5 km est estimé selon le repère des unités de volcanoclastites et de sédiments volcaniques de la Formation de Wachigabau. Localisation régionale à la Figure 21.

Les nouvelles syénites sont présentées à titre comparatif avec celles connues du secteur et par rapport à d'autres minéralisées ailleurs en Abitibi (**Figure 23**). Il semble que les corps syénitiques d'une superficie

autour de 1 km<sup>2</sup> soient les plus fertiles en Abitibi (Robert, 2001). Dans la région à l'étude, une dizaine de syénites d'une superficie ≥1 km<sup>2</sup> sont répertoriées, dont la plus importante est celle de Lac Bachelor, une intrusion polyphasée plus ou moins bien documentée du point de vue affleurements et forages. Les petites intrusions sont situées principalement dans ou en bordure de la Faille Lamarck-Wedding ou à proximité de failles subsidiaires orientées également NE-SO (**Figure 21**).

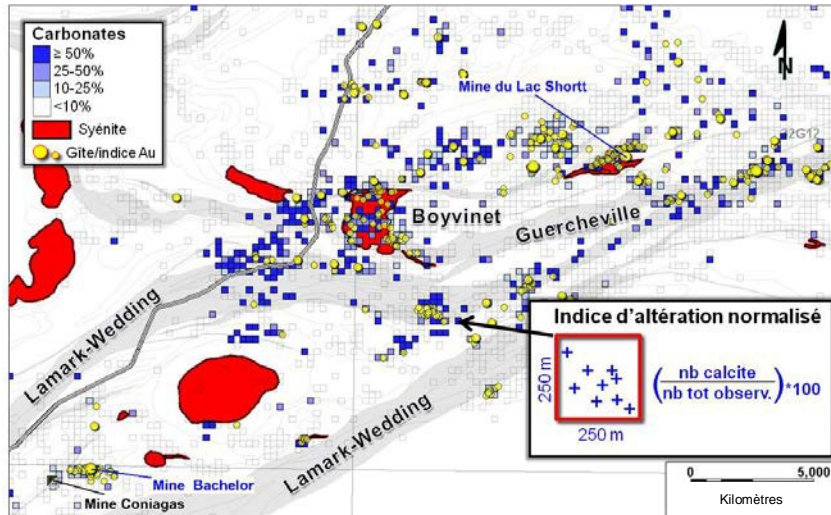


**Figure 23.** Comparaison à la même échelle de la superficie de corps syénitiques en Abitibi et pour la région entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt. A) Syénites minéralisées en or à titre de références le long des Failles Casa Berardi et Porcupine. B) Dimension des 22 syénites entre Lebel-sur-Quévillon et Lac Shortt, dont plusieurs sont de nouvelles intrusions (montrées dans l'encadré).

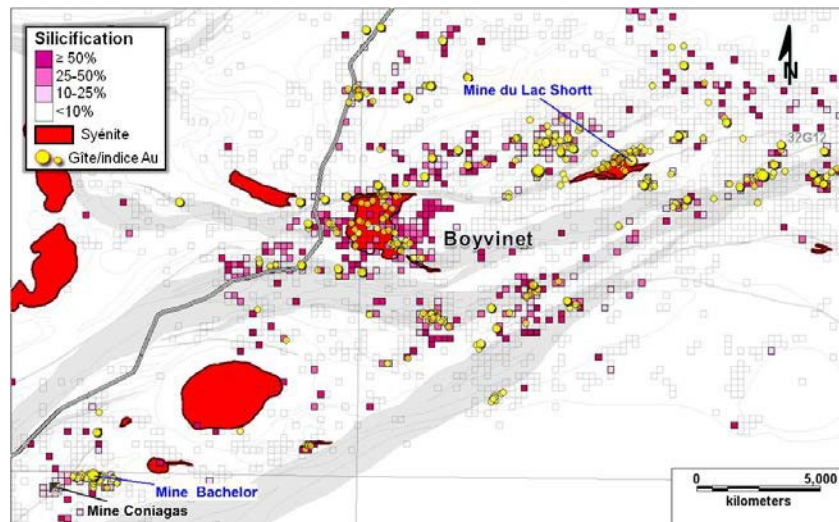
### 5.3 Cibles d'exploration pour l'or orogénique

Les données de descriptions minéralogiques observées à l'affleurement et en forage sont abondantes dans la région à l'étude et sont plus nombreuses que les données lithogéochimiques (**Tableau I**). Ces données minéralogiques ponctuelles sont très souvent sous utilisées pour évaluer la présence d'altération et de minéralisation parce qu'il y est difficile d'estimer la contribution réelle de certains minéraux d'altération par rapport à d'autres et que l'information est souvent distribuée de manière hétérogène et concentrée par secteur. Une manière de contourner ce problème est de normaliser l'information sur une grille de cellules de même dimension. Cette approche est résumée sur la **Figure 24** à titre d'exemple pour la carbonatation et la silicification. Pour estimer la carbonatation, le nombre total d'observations de minéraux de carbonates est normalisé par rapport à la somme de tous les minéraux observés dans une cellule de 250 m<sup>2</sup> pour donner un indice sur 100. Ainsi, quel que soit le nombre d'observations par cellule, on connaît l'importance relative en pourcentage du type d'altération et de manière semi-continue à la surface selon l'échantillonnage. Les résultats du traitement, à l'intersection des Failles Lamarck-Wedding et Guercheville, montre que la carbonatation et la silicification (sous forme de quartz et d'imprégnation de silice) sont concentrées dans et autour des syénites de Boyvinet et du Lac Shortt, ainsi que dans certaines failles, notamment la branche sud de la Faille de Guercheville. La syénite de Boyvinet montre une zonalité dans l'altération. La syénite est altérée en carbonates, alors que la silicification est localisée en périphérie de l'intrusion dans la diorite encaissante. Lorsqu'on combine les indices et gîtes d'or à l'altération sur la **Figure 24**, il est intéressant de constater que la majorité des indices coïncide avec des zones altérées. Par contre, il y d'autres zones également altérées, soit en carbonates ou silice/quartz, où il n'y a pas de minéralisation de connue. Ces secteurs sont donc des cibles d'exploration.

A)



B)

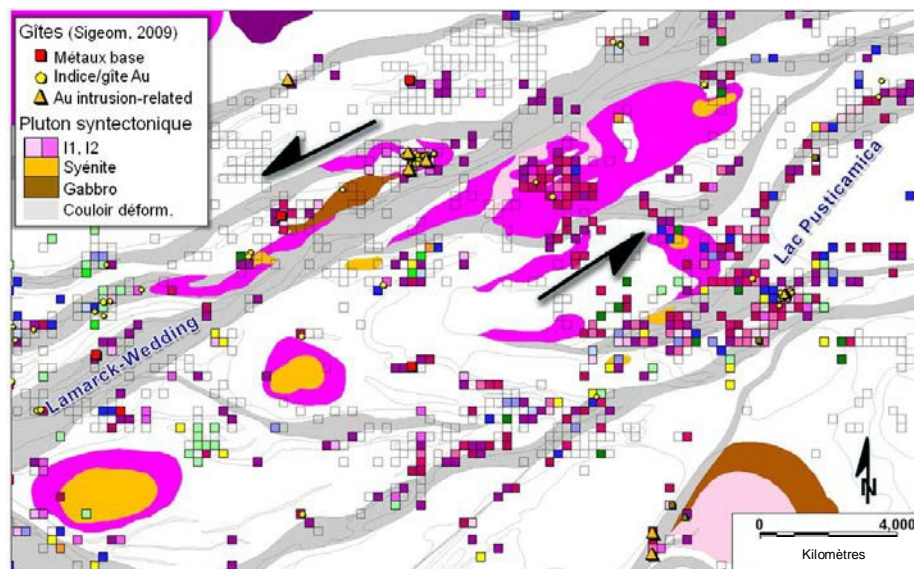


**Figure 24.** Indice de normalisation des minéraux d'altération par rapport aux minéralisations aurifères dans le secteur entre les anciennes mines de Lac Bachelor et Lac Shortt. A) Carbonatation. B) Silicification sous forme de quartz et de silice. Données d'affleurements et de forages inédites ou publiques du Sigeom (2010). Couloirs de déformation en gris pâle et localisation régionale à la Figure 21. Explications supplémentaires dans le texte.

Un autre secteur d'intérêt pour l'or est celui situé au centre de la région, le long du couloir de déformation de Lamarck-Wedding et au nord du couloir de Cameron (**Figures 21** et **25**). Une concentration de plutons, interprétés comme étant syntectoniques (Faure, 2006 et cette étude), se trouvent coincés entre les couloirs des Failles Lamarck-Wedding et Pusticamica (**Figure 25**). La plus grande de ces intrusions, un pluton polyphasé composé de diorite, monzodiorite, granodiorite, granite, syénite et de pyroxénite, apparaît disloquée et démembrée de chaque côté de la Faille Lamarck-Wedding. Il pourrait s'agir d'un complexe plutonique pré ou syntectonique plus affecté par la déformation comparativement à deux autres plutons arrondis et localisés dans des zones peu déformées (**Figure 25**). L'entraînement en bordure de la Faille Lamarck-Wedding, des couloirs déformation secondaires, des conducteurs électromagnétiques, et du grain magnétique (**Figure 3**), ainsi que la forme de cette grande intrusion disloquée et décalée, suggèrent que cette faille a enregistré un déplacement senestre apparent d'environ 5 km.

Le portrait général de l'altération hydrothermale pour ce secteur et exprimé globalement sous la forme normalisée par cellules pour la silicification, la carbonatation, et la sulfuration, ainsi que pour le bilan de

masse total (**Figure 25**). Cette carte permet de voir la faible quantité de données le long de la Faille Lamarck-Wedding et autour de certaines intrusions syntectoniques. Par contre la Faille du Lac Pusticamica est assez bien documentée et altérée sur toute sa longueur. On note également que l'intrusion démembrée le long de la Faille Lamarck-Wedding est altérée au cœur et à ses extrémités en association avec les syénites.



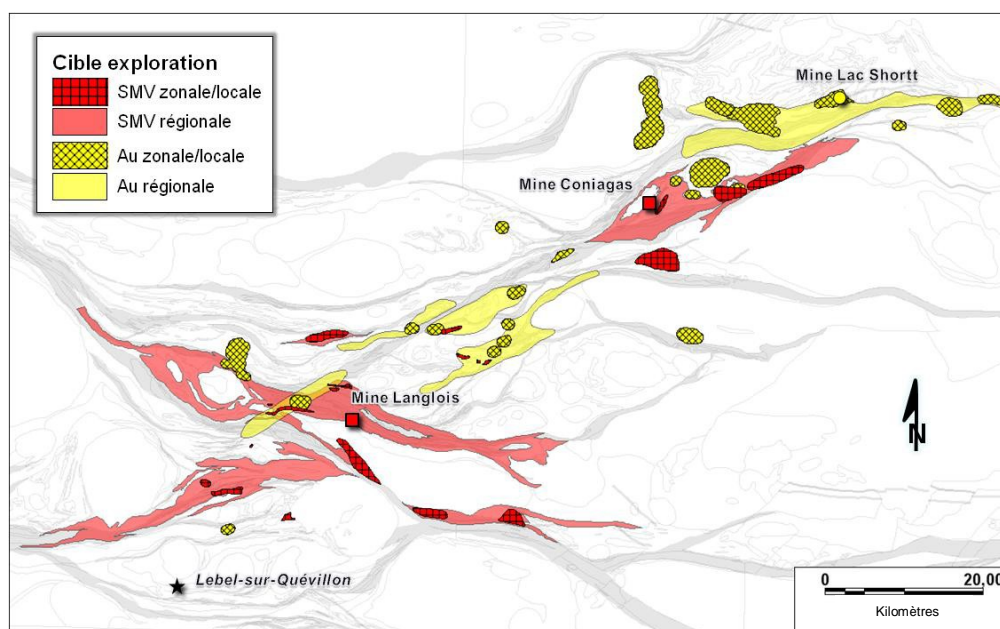
**Figure 25.** Carte des couloirs de déformation (en gris) et des intrusions interprétées comme étant syntectoniques entre les Failles Lamarck-Wedding et Pusticamica. Les flèches indiquent le sens apparent de l'entraînement des structures, des intrusions et de repères géophysiques (en partie montré sur la Figure 3) le long des structures NE-SO. Les carrés de 250 m<sup>2</sup> en couleurs représentent les endroits où diverses altérations minéralogiques ou géochimiques (bilan de masse) ont été identifiées alors que les cellules vides indiquent aucune ou une faible altération. Localisation régionale à la Figure 21.

## 6 CONCLUSION

La compilation et l'analyse d'une grande quantité de données géologiques, géochimiques et géophysiques inédites et publiques entre la ville de Lebel-sur-Quévillon et l'ancienne mine du Lac Shortt ont conduit à redéfinir une nouvelle carte géologique et structurale haute résolution pour la région. L'approche multidisciplinaire a permis d'identifier des domaines volcaniques fertiles pour les SMV et de nouveaux couloirs de déformation pour l'or orogénique. Au total, 54 cibles d'exploration à différentes échelles pour les SMV et l'or ont été identifiées (**Figure 26**).

En Abitibi, cette bande de roches volcaniques et sédimentaires est unique de par son orientation atypique NE-SO. Matérialisée par la faille Lamarck-Wedding, cette bande constitue un véritable métallotecte à la fois pour les métaux de base et l'or. L'orientation de cette structure majeure a probablement été acquise très tôt dans l'histoire volcanique de la région avec la formation de bassins calco-alcalins autour de 2720-2722 Ma. Ensuite, ces bassins ont été recoupés vers 2718-2714 Ma par un ou des bassins orientés E-O d'affinité transitionnelle auxquels sont associés les sulfures massifs volcanogènes de la région de la mine Langlois. Ces bassins constitués entre autres de rhyolites presque exclusivement fertiles pour les SMV (FII et FIIIa) couvrent maintenant un territoire 4 fois la superficie de la séquence volcanique de la mine Langlois, ce qui en font des cibles régionales de premier ordre (**Figure 26**). L'activité de la Faille Lamarck-Wedding se serait poursuivie au moins jusque vers 2685 Ma (c.-à-d. l'âge minimal des sédiments de Taïbi dans la région), comme en témoigne la présence de roches sédimentaires clastiques (incluant des conglomérats) le long de cette structure. Cependant, la linéarité de ce bassin réactivé n'aurait pas permis le dépôt de formations de fer comme à l'ouest de la région dans le bassin de Taïbi orienté E-O.

Plusieurs nouveaux couloirs de déformation altérés et minéralisés ont été identifiés grâce entre autres à la forte densité des données structurales (S0 et S1) et géophysiques (conducteurs électromagnétiques et levés magnétiques). Le couloir de déformation NE-SO de Lamarck-Wedding est une structure en grande partie mylonitique de 2 à 4 km d'épaisseur qui fait le relais entre les Failles Cameron au sud et Guercheville au nord. Seize (16) nouvelles syénites (selon descriptions ou nom de terrain) ont été identifiées le long de ce corridor de déformation et à ses extrémités. Lorsqu'associées à des failles, ces intrusions représentent des environnements favorables pour la formation de gisements d'or orogénique. Les échantillons lithogéochimiques de même que les données minéralogiques d'affleurements et de forages ont été utilisées de manière innovatrice pour caractériser l'altération hydrothermale. Cette information combinée à des conducteurs électromagnétiques isolés et aux environnements volcaniques ou orogéniques favorables préalablement établis a permis de proposer des cibles d'exploration à l'échelle locale (**Figure 26**).



**Figure 26.** Compilation des cibles d'exploration pour les sulfures massifs volcanogènes et d'or orogénique.

---

## REMERCIEMENTS

---

L'auteur tient à remercier le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec pour l'accès aux données numériques du Sigeom. L'auteur remercie Réal Daigneault et Geneviève Boudrias pour la lecture critique du rapport.

---

## RÉFÉRENCES

---

- Allard, G., 1953. Structure and Mineralization in the Chibougamau area. Thèse M. Sc. Queen's University, 121 p.
- Bandyayera, D., Daigneault, R., et Sharma, K.N.M., 2003. Géologie de la région du Lac de la Ligne (32F/01). Ministère des Ressources naturelles du Québec, Rapport RG 2002-12, 33 p.
- Barrett, T.J. et MacLean, W.H., 1994. Chemostratigraphy and hydrothermal alteration in exploration for VHMS deposits in greenstones and younger volcanic rocks. *Dans* Lentz, D.R. ed. Alteration and alteration processes associated with ore-forming systems. Geological Association of Canada, short course notes, 11: 433-467.
- Barrette, J. P., 1989. Géologie de la région des lacs Burge et Rochester, Abitibi. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 89-34, 23 p.
- Brisson, H., 1995 - Caractérisation et mise en place des gisements filoniens d'or de la région du lac Shortt, partie NE de la Sous-province archéenne d'Abitibi (Québec). Thèse de Doctorat, Université du Québec à Chicoutimi, 277 p.
- Chown, E. H., Daigneault, R., Mueller, W., et Mortensen, J., 1992. Tectonic evolution of the Northern Volcanic Zone, Abitibi Belt, Québec. *Can. Jour. of Earth Sc.*, 29: 2211-2225.
- 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: 291–310
- Daigneault, R., 1996. Couloirs de déformation de la Sous-Province d'Abitibi. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 96-33, 114 p.
- Daigneault, R. et Lacroix, J., 1995. Altération hydrothermale associée à la minéralisation de sulfures massifs de la mine Grevet, partie centrale de la Sous-province d'Abitibi. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 95-41, 77 p.
- Daigneault, R., Mueller W.U., et Chown, E.H., 2004. Abitibi greenstone belt plate tectonics: the diachronous history of arc development, accretion and collision. Pat Eriksson, Wlady Altermann, David Nelson, Wulf U Mueller, et Octavian Catuneanu (éditeurs). *The Precambrian Earth: tempos and events in Developments in Precambrian Geology* 12, Elsevier, 88-103 p.
- Darling, G. et Lafontaine, M., 2011. Bachelor Lake Gold Project, Le Sueur Township, Quebec, Canada. Rapport technique NI 43-101 pour Métafor Resources Inc., 349 p.
- Davis, D.W., David, J., Dion, C., Goutier, J., Bandyayera, D., Rhéaume, P. et Roy, P., 2005. Datations U-Pb effectuées en support aux travaux de cartographie géologique et de compilation géoscientifique du SGNO (2003-2004). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, rapport RP 2005-02.
- Dion, C, Machado, N. et Joannis, A. 1995. Preliminary U-Pb ages of felsic and alkaline intrusions associated with gold mineralization in the Caopatina segment, Chibougamau area, Quebec. In, *Precambrian '95, International conference on tectonics and metallogeny of early/mid Proterozoic orogenic belts*, Montreal, Canada. Program and abstracts volume, p. 292.
- Doucet, P., Mueller, W., et Chartrand, F., 1998. Alteration and ore mineral characteristics of the Archean Coniagas massive sulfide deposit, Abitibi belt, Quebec. *Can. J. Earth Sci.* 35: 620-636.
- DV 2010-01 - Rapport sur les activités minières au Québec 2009.

- Frarey, M.J. et Krogh, T.E., 1986. U-Pb zircon ages of late internal plutons of the Abitibi and eastern Wawa provinces, Ontario and Québec. Dans Recherche en cours, partie A. Commission géologique du Canada, 86-1A: 43-48.
- Gaboury, D., 2006. Geochemical approaches in the discrimination of synvolcanic intrusions as a guide for volcanogenic base metal exploration: an example from the Abitibi belt, Canada. Applied Earth Science (Trans. Inst. Min. Metall. B), 115: 71-79.
- Gaboury, D., et Daigneault, R. 1999. Evolution from sea floor-related to sulfide-rich quartz vein-type gold mineralization during deep submarine volcanic construction; the Geant Dormant gold mine, Archean Abitibi Belt, Canada. Economic Geology 94: 3-22.
- Gauthier, J., 1986. Géologie de la région de Miquelon, Abitibi. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, rapport DP 86-10, 2 cartes annotées.
- Jensen, T., 2010. Breakwater Resources Ltd, Langlois Mine, Lebel-sur-Quévillon, Québec. Rapport technique 43-101, Breakwater Resources, 77 p.
- Joly, M., 1993. Géologie du canton de Desjardins (projet Lebel-sur-Quévillon). Ministère des Ressources naturelles du Québec, DP 93-01, 1 carte.
- Faure, S., 2006. Minéralisations associées aux masses plutoniques de la Sous-province d'Abitibi. Projet Consorem 2006-02 ([www.consorem.ca](http://www.consorem.ca)).
- Giovenazzo, D., 1986. Géologie du Canton de Boyvinet, région de Desmaraisville. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 86-62, 68 p.
- Labbé, J.Y., Couture, J.F., et Dion, D.J., 1995. Potentiel aurifère au nord de Lebel-sur-Quévillon, nouvelles cibles d'exploration. Ministère des Ressources naturelles du Québec, document promotionnel PRO 95-07, 8 p.
- Lacroix, J. 1992. Modifications structurales du dépôt de sulfures massifs archéen de Grevet, région de Lebel-sur-Quévillon. M.Sc. Université du Québec à Chicoutimi, 73 p.
- Lamothe, M., 1981. Carte préliminaire de la région de la Baie Tush. Ministère des Ressources naturelles du Québec, DP 849, 1 carte annotée.
- Lauzière, K. 1989. Environnement géologique et minéralisation aurifère à la mine Bachelor, Desmaraisville, Québec. Mémoire M. Sc. Université du Québec à Chicoutimi, 164 p.
- Legault, M., Gauthier, M., Jébrak, M., Davis, D.W., Baillargeon, F., 2002. Evolution of the subaqueous to near-emergent Joutel volcanic complex, Northern Volcanic Zone, Abitibi Subprovince, Québec, Canada. Precambrian Research 115 : 187-221.
- Leshner, C.M., Goodwin, A.M., Campbell, I.H., and Gorton, M.P., 1986. Trace element geochemistry of ore-associated and barren felsic metavolcanic rocks in Superior Province, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 23 : 222-237.
- Mueller, W.U., Stix, J., Corcoran, P.L., et Daigneault, R., 2009. Subaqueous calderas in the Archean Abitibi greenstone belt: An overview and new ideas. Ore Geology Reviews 35: 4-46.
- Pearson, V., 2007. Le PER-GH: un nouvel indice de classification des volcanites felsiques pour la reconnaissance des environnements fertiles. Rapport du projet CONSOREM 2004-02, 27p.
- Proulx, M., 1989. Le corridor de déformation de Cameron: un nouveau cisaillement sud-est minéralisateur, d'importance régionale. Ministère des Ressources naturelles du Québec, document promotionnel PRO 89-05, 6 p.



- Proulx, M., 1990. Géologie de la région des lacs Esther et Wedding, canton de Currie et de Grevet, projet lac Madeleine. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 89-67, 53 p.
- Proulx, M., 1991. Synthèse du sillon de roches vertes de Currie-Le Sueur. Ministère des Ressources naturelles du Québec, SIG 91-01, carte no 2155.
- Remick, J.H., 1959. Rapport préliminaire sur la région de Margry-Prévert, district électoral d'Abitibi-Est. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rapport RP-394, 22 p.
- Robert, F., 2001. Syenite-associated disseminated gold deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada. *Mineralium Deposita*, 36: 503-516.
- Roy, P., 2000. Les minéralisations aurifères associées aux couloirs de déformation de Cameron, Lebel-sur-Quévillon, Québec. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 244 p.
- Roy, P., Beaudoin, G., et Labbé, J.Y., 1997. Les minéralisations aurifères associées au couloir de déformation de Cameron. Ministère des Ressources naturelles du Québec, ET 97-02, 27 p.
- Salmon, B. et Cox, J.J., 2009. Technical report on the Casa Berardi mine, northwestern Québec, Canada. Scott Wilson Roscoe Postle associates inc. NI 43-101 report, 217 p.
- Sharma, K.N.M., et Lacoste, P., 1981. Carte annotée du quart SO du canton de Gand et NO de Lespérance. Ministère des Ressources naturelles du Québec. DP-852. 1 carte.
- Sharma, K.N.M., et Lauzière, K., 1983. Géologie de la région de Desmaraisville. Ministère des Ressources naturelles du Québec, DP 84-10, 3 cartes.
- Sharma, K.N.M., et Gobeil, A., 1987. Potentiel aurifère de la zone de cisaillement d'Opawica. MER, Québec; carte non-publiée, séminaire d'information 1987.
- Trépanier, S. 2009. Outils d'assistance pour le traitement lithogéochimique de l'altération et du métasomatisme. Phase 1 : Guide pratique d'utilisation de différentes méthodes de traitement de l'altération. Rapport du projet CONSOREM 2008-07.