
Minéralisations aurifères en environnement sédimentaire – Un nouveau territoire : Le Pontiac

PROJET 2006-08

PAR : HASSAN NABIL

Avec la collaboration de
ISABELLE LAPOINTE et REAL
DAIGNEAULT

2007



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 :

Nabil, H., 2007. Minéralisations aurifères en environnement sédimentaire – Un nouveau territoire : Le Pontiac. Rapport du projet CONSOREM 2006-08, 41 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@ugac.ca
Site Web : www.consorem.ca

RÉSUMÉ

Le projet 2006-8 porte sur le potentiel aurifère du Groupe de Pontiac au sein de la Sous-province d'Abitibi. Cette unité est constituée de séquences de turbidites de type flysch et cet environnement sédimentaire jouxte la faille très prolifique de Cadillac Larder-Lake en Abitibi. Toutefois peu de travaux d'exploration y ont été réalisés par le passé. Son intérêt récent tient surtout à la découverte du gisement d'Éléonore dans un environnement sédimentaire comparable de la Baie James. De plus, cette région présente plusieurs analogies avec des grands ensembles sédimentaires dans le monde qui abritent des gisements aurifères de classe mondiale.

Le projet a permis de faire une revue de la littérature pour les gisements aurifères en environnement sédimentaire et de faire ressortir des critères pour l'exploration. Le projet a fait ressortir certains éléments favorables pour les minéralisations aurifères parmi lesquels les failles probables qui limitent les bandes de roches ultramafiques au sein des séquences de turbidites ainsi qu'un nouveau corridor NE issu du projet 2006-6 et qui englobe les minéralisations du secteur de Malartic.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	i
Résumé	ii
Table des matières	iii
Liste des figures	iv
Liste des tableaux	vi
1 INTRODUCTION	1
1.1 Problématique	1
1.2 Objectif et méthodologie	2
2 Minéralisations aurifères dans les séquences turbiditiques	2
2.1 Contexte géologique et tectonique.....	2
2.2 Roches encaissantes.....	5
2.3 Métamorphisme	6
2.4 Styles de minéralisations aurifères et contrôles structuraux.....	7
2.4.1 Minéralisations filoniennes.....	7
2.4.2 Minéralisations disséminées.....	10
2.4.3 Distribution des styles de minéralisations	13
2.5 Altération, association métallique et chimie des fluides hydrothermaux.....	18
2.5.1 Matière organique	19
2.6 Sommaire	20
3 Évaluation du potentiel aurifère de la Sous-province de Pontiac.....	20
3.1 Géologie et contexte tectonique du Pontiac	20
3.2 Contexte structural et potentiel aurifère	25
3.3 Altération.....	28
4 Conclusion.....	31
Remerciements	32
5 Références	33
Annexe I. Caractéristiques des principaux districts et/ou gisements aurifères dans les ceintures méta-sédimentaires turbiditiques.....	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Localisation de gisements et districts aurifères mis en place en contexte orogénique, dans des séquences turbiditiques (modifié de Goldfarb et al., 2001a; 2001b).....	1
Figure 2.	Carte tectonique de la péninsule d'Alaska avec localisation des principaux districts aurifères. Les minéralisations aurifères sont distribuées le long d'un prisme d'accrétion de 2000 km de long et associées à une séquence de turbidites (Bierlein et Crowe, 2000).....	3
Figure 3.	Blocs diagrammes montrant une tectonique de compression favorisant la genèse des fluides suivie de déplacements latéraux permettant la circulation de ceux-ci et le piégeage de la minéralisation (modifié de Bierlein et Crowe, 2000).....	3
Figure 4.	Carte géologique du Terrain de Meguma avec localisation des minéralisations aurifères dans les formations d'Halifax et de Goldenville (modifiée de Ryan et Smith, 1998).....	4
Figure 5.	Carte géologique de la province aurifère de Central Victoria avec localisation des principaux districts aurifères. Figure modifiée de Bierlein et al., 2004.....	5
Figure 6.	Illustration schématique des veines de quartz aurifères et leur relation avec la déformation dans le cas des minéralisations de Bendigo et Ballarat, ceinture de Lachlan, Australie (Modifié de Ramsay et al., 1998).....	8
Figure 7.	Sections géologiques de la mine Dufferin, Terrain de Meguma, Nouvelle-Écosse, montrant la position des veines de quartz (tiré de Sangster et Smith, 2006).	8
Figure 8.	Les failles inverses représentent un élément important pour la génération de zones de dilatation dans les séquences sédimentaires plissées et la mise en place de minéralisations aurifères (modifiée de Cox et al., 1991).....	9
Figure 9.	Schéma illustrant la migration des fluides hydrothermaux dans les zones de culmination d'anticlinaux, où il y a mise en place d'une concentration importante de veines aurifères dans les séquences turbiditiques (modifié de Cox et al., 1991).....	10
Figure 10.	Développement de minéralisations aurifères disséminées en association avec la formation de filons aurifères orogénique dans les ceintures métasédimentaires plissées. A) Déformation d'une séquence turbiditique avec génération de plis droits serrés et de failles inverses abruptes. B) Formation de structures filoniennes à quartz ± Au à plus grande profondeur et développement de minéralisations aurifères disséminées et en stockworks relié à la fracturation d'unités perméables compétentes (grès). Figure modifiée de Bierlein et Maher (2001).	11
Figure 11.	Carte géologique de la région de Malartic avec localisation de la minéralisation aurifère (tirée de www.osisko.com).	11
Figure 12.	Illustration schématique du style de minéralisation à Fosterville, Central Victoria (modifié de Ramsay et al., 1998). La minéralisation disséminée est située dans le mur d'une faille inverse sub-parallèle au plan axial d'un anticlinal. On y retrouve également des veines de quartz mineures, de même que de la minéralisation sous forme de stockwerk et de brèche.....	12
Figure 13.	Localisation des provinces aurifères orogéniques de Yenisei et Lena en marge du Craton Sibérien (modifié de Yakubchuk et al., 2005).....	14
Figure 14.	Carte géologique de la partie centrale de la province aurifère de Lena montrant la distribution de la minéralisation aurifère, notamment le gisement Sukhoi Log, les isogrades métamorphiques et les trajectoires de la stratigraphie. Figure modifiée de Yakubchuk et al., 2005.....	15
Figure 15.	Province aurifère de Tien Shan avec localisation des minéralisations aurifères (modifiée de Yakubchuk et al., 2005).....	15
Figure 16.	Section schématique du gisement de Muruntau (modifiée de Shayakubov et al., 1999). <i>Mésozoïque à Cénozoïque</i> : 1) roches sédimentaires (Mz-Cz); <i>Paléozoïque</i> : 2) grès et	

métapélites, 3) siltstones et métapélites, 4) grès, 5) siltstones et métapélites; <i>Précambrien à Paléozoïque inférieur</i> : 6) schistes et carbonates, 7) schistes ; 8) zones <i>minéralisées</i> ; 9) failles.	16
Figure 17. Carte géologique de l'Afrique de l'Ouest avec localisation de la province aurifère du Ghana, située dans le craton paléoprotérozoïque ouest africain (modifié de Feybesse et al., 2006).....	17
Figure 18. Géologie du sud-ouest du Ghana avec localisation des principaux districts aurifères (modifié de Tunks et al., 2004).	17
Figure 19. Exemple de halos d'altération associés aux veines aurifères, gisement Bendigo, Central Victoria, Australie (Li et al., 1998).	18
Figure 20. Simplification de la carte géologique de la Province de Pontiac (modifiée de SIGEOM).	21
Figure 21. Carte structurale le long de la Faille de Cadillac dans le secteur Sud de Rouyn- Noranda. On note la différence de pendage entre la Faille de Cadillac et la zone de déformation de Cadillac le long de la section AA' (Daigneault et al., 2002).	22
Figure 22. Coupe géologique et structurale interprétée à partir des profils lithoprobes et montrant le Pontiac qui forme un prisme d'accrétion au contact de l'Abitibi (modifié de Ludden et Hynes, 2000).	23
Figure 23. Localisation des bandes ou lambeaux mafiques ultramafiques au sein des roches sédimentaires du Pontiac (voir légende à la Figure 20).	24
Figure 24. Carte métamorphique dans le secteur NW de la sous province de Pontiac d'après Ghassemi, 1996.	25
Figure 25. Modèle numérique d'altitude (DEM) montrant les principaux linéaments topographiques interprétés et pouvant correspondre à des failles à caractère fragile (les élévations sont colorées du bleu et vert pour les élévations les plus faibles à brun pour les élévations les plus élevées).	26
Figure 26. Carte de linéaments à caractère fragile-ductile interprétés à partir de la carte du champ magnétique.	26
Figure 27. Carte géologique de la Sous-province du Pontiac illustrant la position proposée d'un corridor aurifère de direction NE (voir texte pour explications).	27
Figure 28. Carte de synthèse des données géologiques, des zones de déformations et des minéralisations dans la sous-province de l'Abitibi et de Pontiac tirée du projet CONSOREM -2006-06 qui montre la continuité dans le Pontiac du corridor aurifère interprété.....	27
Figure 29. Carte structurale dans la partie NW de la Sous-province de Pontiac montrant la position des traces axiales (modifiée de Ghassemi, 1996). Les traces axiales sont considérées comme un guide d'exploration pour la recherche des gisements d'or associés aux turbidites.	28
Figure 30. Carte géologique de la Sous-province de Pontiac illustrant la quantité et la localisation des échantillons possédant une analyse lithogéochimiques.....	29
Figure 31. Carte illustrant les indices d'altérations ISER (A) et IPAF (B) calculés par le logiciel Normat.	29
Figure 32. Carte illustrant l'association étroite entre l'or, le talc et l'indice IPAF.	30
Figure 33. Schéma illustrant l'enrichissement des Listwanite en or suite à un lessivage progressif des serpentinites (modifié de Buisson et Leblanc, 1986).....	31
Figure 34. Carte géologique de la Sous-province de Pontiac illustrant la position des indices et des gîtes d'or compilés à partir du SIGEOM.....	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Seuils des éléments et ratios définissant les halos d'altération des minéralisations aurifères orogéniques associées aux séquences turbiditiques de la ceinture de Lachlan, dans la province aurifère de Central Victoria (données tirées de Bierlein et Crowe, 2000).....	19
---	----

1 INTRODUCTION

1.1 Problématique

De nombreux gisements aurifères associés à des ceintures orogéniques d'âge archéen à cénozoïque sont encaissés dans des séquences métasédimentaires plissées **Figure 1**. Les minéralisations se présentent généralement sous forme de veines de quartz, dont la mise en place est directement reliée au style de déformation des séquences turbiditiques hôtes. Dans la littérature, elles ont été décrites comme « *turbidite-hosted* », « *saddle reefs* », « *Bendigo-type* », « *slate-belt style* », « *lode-gold* » ou « *mésothermal* » et sont intégrées dans la classe des gisements d'or orogéniques (Groves et al., 1998). Quelques exemples classiques de telles minéralisations se trouvent dans la ceinture de Lachlan en Australie (p.ex. les champs aurifères de Bendigo, Ballarat et Castlemaine) (Sandiford et Keays, 1986; Phillips et Hughes, 1996; Ramsay et al., 1998; Bierlein et al., 2004; Willman, 2007), dans le terrain de Meguma en Nouvelle-Écosse (Keppie et Dallmeyer, 1995; Ryan et Smith, 1998; Bierlein et al., 2004) et en Nouvelle-Zélande, dans la ceinture schisteuse d'Otago (McKeag et Craw, 1989; Craw et al., 1999). Un second style de minéralisations à fort contrôle structural se trouve dans le même contexte litho-tectonique et se manifeste par de vastes systèmes de stockwerk à quartz et une dissémination de sulfures dans les turbidites. Des exemples de tels gisements sont Muruntau et Kumtor, dans la province de Tien Shan (Drew et al., 1996; Berger et al., 1994; Wilde et al., 2001) et Sukhoy Log, situé dans le Craton sibérien (Distler et al., 2004). Dans les séquences turbiditiques métamorphisées traditionnellement exploitées pour leurs veines de quartz (ex. : Lachlan, Meguma, etc.), le type disséminé est également présent (Bierlein et Maher, 2001).

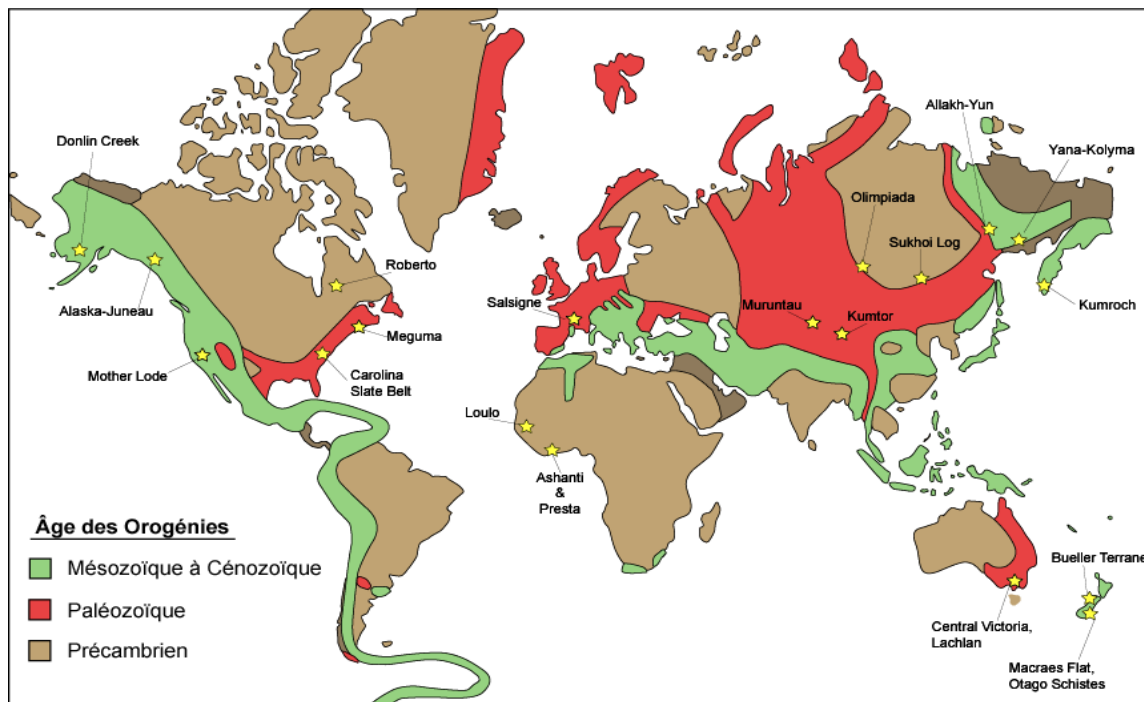


Figure 1. Localisation de gisements et districts aurifères mis en place en contexte orogénique, dans des séquences turbiditiques (modifié de Goldfarb et al., 2001a; 2001b).

Des découvertes aurifères récentes dans des terrains métasédimentaires de haut grade métamorphique, comme le gîte Roberto sur la propriété Éléonore à la Baie-James (Archer 2006; Ravenelle et al., 2006; Goldcorp, 2007) et le gisement Challenger en Australie (Tomkins et Mavrogenes, 2002), suggèrent qu'il existe un potentiel aurifère intéressant et grandement sous-estimé dans ces terrains. Toutefois, les métallotectes de ces minéralisations restent encore mal connus. Par exemple, les nombreuses intrusions souvent périphériques à ces minéralisations jouent-elles un rôle pour leur mise en place? Quelle importance ont-elles versus le rôle des structures majeures et du métamorphisme régional? Existe-t-il des faciès de roches métasédimentaires qui sont plus propices que d'autres à contenir de telles minéralisations? Et qu'en est-il du contexte tectonique?

La Sous-province de Pontiac est dominée par des roches sédimentaires de type flysch métamorphisées au faciès des amphibolites. On y reconnaît plusieurs générations de plutons d'âges et de compositions différentes. De nombreux gîtes et indices aurifères y sont répertoriés et s'y présentent sous différentes formes (filons, stockwerks, disséminations), démontrant ainsi la présence d'une activité hydrothermale importante. Ces minéralisations n'ont cependant jamais été mises dans un contexte particulier, probablement à cause du degré élevé de la déformation et du métamorphisme historiquement considéré peu favorable. Pourtant, les roches métasédimentaires du Groupe de Pontiac sont situées au contact de la structure la plus prolifique de l'Abitibi pour les minéralisations aurifères, soit la Faille de Cadillac Larder Lake. De plus, plusieurs autres structures peuvent être mises en évidence au sein même du Pontiac. Enfin, à la Baie-James, l'exploration dans le bassin sédimentaire d'Opinaca, présentant un contexte similaire à celui du Pontiac, est en pleine effervescence suite à la découverte des minéralisations d'Éléonore. Ainsi, la Sous-province de Pontiac présenterait-elle un potentiel aurifère encore sous-évalué ?

1.2 Objectif et méthodologie

L'objectif principal de ce projet est d'évaluer le potentiel aurifère du Pontiac à la lumière des découvertes aurifères récentes dans des terrains métasédimentaires similaires de haut grade métamorphique. L'établissement de métalotectes régionaux pour l'or dans la Sous-province de Pontiac se fera à partir de critères métallogéniques documentés dans la littérature pour les minéralisations aurifères en terrains similaires et grâce à l'intégration des banques de données géoscientifiques disponibles.

2 Minéralisations aurifères dans les séquences turbiditiques

2.1 Contexte géologique et tectonique

De nombreux gisements et districts aurifères de classe mondiale se présentent au sein de grandes ceintures mobiles sédimentaires dominées par des successions de grès, de shales et de shales carbonatés caractéristiques des turbidites. Ces séquences sédimentaires ont subi au moins un événement important de déformation, généralement en régime ductile-cassant, se manifestant par du plissement et du chevauchement et accompagné de métamorphisme régional. En contexte tectonique d'accrétion-collision, ces séquences siliciclastiques épaisses de quelques kilomètres font généralement partie de prismes d'accrétion (**Figure 2**). Ce contexte favorise un volume important de fluides hydrothermaux capables de transporter et déposer l'or. De plus, la déformation produit l'architecture structurale idéale pour la circulation des fluides et le piégeage de la minéralisation (p.ex. Cox et al., 1991 ; Sibson et Scott, 1998). Selon Goldfarb et al. (1998), les déplacements latéraux subséquents aux mouvements en compression le long de failles majeures jouent un rôle très important pour la mise en place des minéralisations aurifères à grande échelle (**Figure 3**).

1. Les ceintures métasédimentaires schisteuses du Phanérozoïque sont particulièrement fertiles en minéralisations aurifères orogéniques, avec comme exemples les ceintures de Lachlan et le terrain de Buller (événement tasmanien), le terrain de Meguma (orogénie appalachienne), la ceinture de Tien Shan (orogénies calédoniennes à hercyniennes), la ceinture de Juneau (Cordillère nord-américaine) et les ceintures de Russie orientale (ex. Allakh-Yun et Yana-Kolyma)¹. Selon Bierlein et al. (2004), les aspects considérés importants pour la génération des gisements aurifères filoniens dans les ceintures sédimentaires plissées du Phanérozoïque sont : la présence d'un substrat océanique hydraté pouvant être la source des fluides et métaux;
2. une source de chaleur asthénosphérique pour engendrer et maintenir la dévolatilisation et la fusion de la croûte;
3. l'existence de failles sub-verticales translithosphériques;
4. un mouvement « décrochant »;

¹ Les principales caractéristiques des gisements et provinces aurifères cités sont résumées à l'Annexe I.

5. et l'évolution d'un système d'accrétion-subduction permettant le développement d'un système extensif d'avant-arc et la génération et la circulation prolongée de fluides.

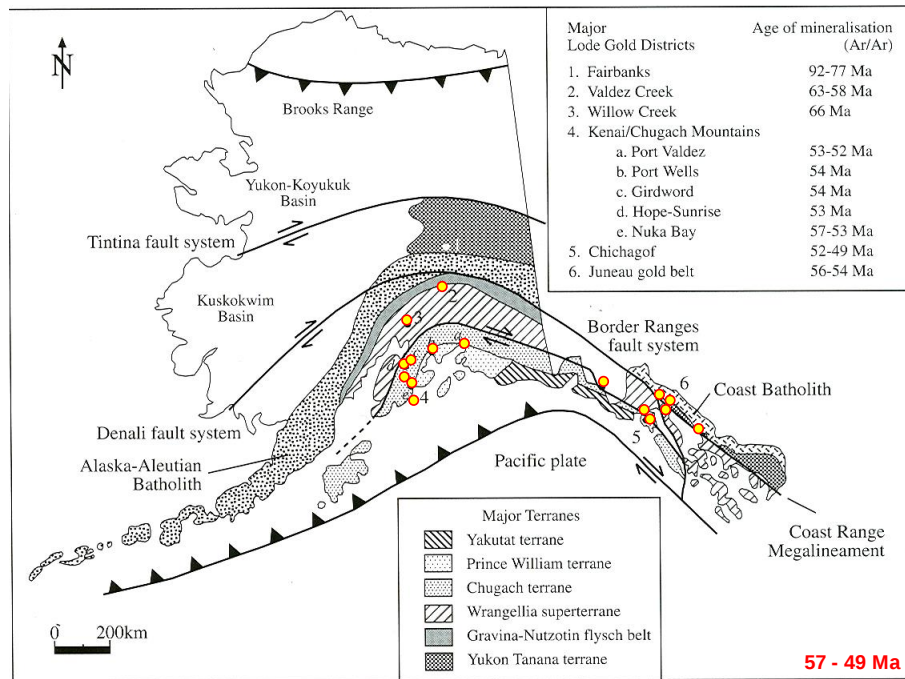


Figure 2. Carte tectonique de la péninsule d'Alaska avec localisation des principaux districts aurifères. Les minéralisations aurifères sont distribuées le long d'un prisme d'accrétion de 2000 km de long et associées à une séquence de turbidites (Bierlein et Crowe, 2000).

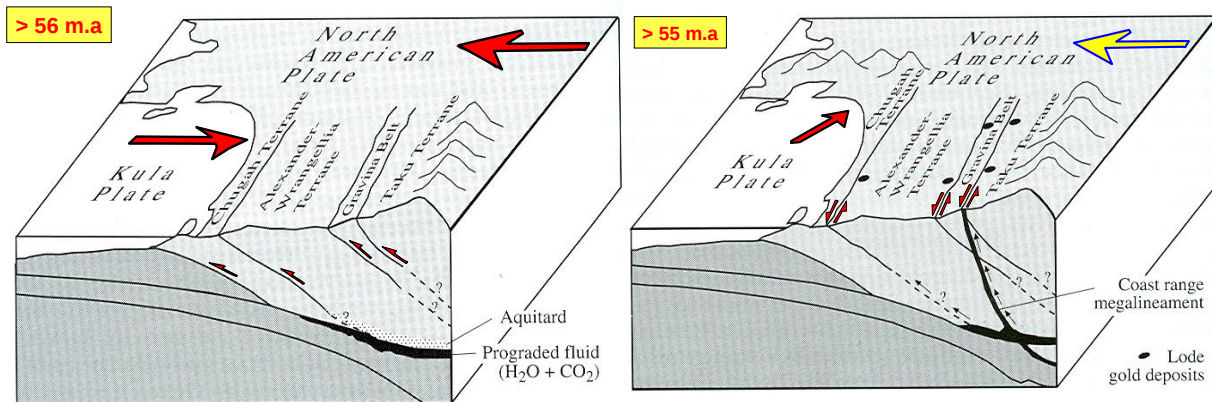


Figure 3. Blocs diagrammes montrant une tectonique de compression favorisant la genèse des fluides suivie de déplacements latéraux permettant la circulation de ceux-ci et le piégeage de la minéralisation (modifié de Bierlein et Crowe, 2000).

En considérant les caractéristiques particulières de la province aurifère de Central Victoria, il semble que les éléments essentiels à la production de fluides hydrothermaux, à leur migration et à la génération de concentrations aurifères importantes soient davantage la déformation, le réchauffement et le soulèvement de

matériel juvénile le long d'une marge tectonique que la présence de magmatisme associé ou l'abondance de zones de failles bien définies aux bordures des terrains (Kerrich et al., 2005).

Au Protérozoïque, quelques assemblages sont également favorables, tels que les ceintures mobiles en marge du Craton sibérien (ex. Olimpiada) et l'orogénie éburnéenne en Afrique occidentale (ex. Ashanti). À l'Archéen cependant, bien que de grandes ceintures métasédimentaires dominées par des séquences turbiditiques soient présentes, notamment dans le Supérieur (sous-provinces de Pontiac, Opinaca, English River et Quético), les roches hôtes des minéralisations aurifères orogéniques sont essentiellement dominées par des assemblages volcano-plutoniques (ex. ceintures de roches vertes du Supérieur et du Yilgarn). Toutefois, la récente découverte du gisement Roberto, mis en place dans les sédiments clastiques de l'Opinaca, et les minéralisations de Challenger, encaissées dans des paragneiss migmatisés, inspirent un potentiel pour l'or dans les ceintures métasédimentaires turbiditiques archéennes.

Les séquences hôtes des minéralisations aurifères peuvent contenir des unités volcaniques intercalées dans les sédiments. Cependant, celles-ci s'y présentent en quantité relativement mineure ou sont plutôt restreintes à la base de la stratigraphie (ex. Sukhoi (Distler et al. 2004) et Central Victoria (Bierleir et al., 2004).

La majorité des ceintures plissées, dominées par des séquences turbiditiques, sont caractérisées par un volume important d'intrusions granitoïdes syn- à tardi-tectoniques périphériques aux minéralisations aurifères. À titre d'exemple, les roches sédimentaires du terrain de Meguma, déformées lors de l'orogénie acadienne au Dévonien moyen, ont été affectées par la mise en place de masses plutoniques granitiques d'envergure, du Dévonien au Carbonifère (**Figure 4**; Ryan et Smith, 1998). De façon similaire, la ceinture de Lachlan, déformée régionalement de l'Ordovicien tardif au Silurien précoce, présente de nombreux granites siluro-dévonien de types S et I (**Figure 5**; Ramsey et al., 1998 et Bierlein et al., 2004). À Olimpiada, un complexe granitique pré-minéralisation entoure la séquence sédimentaire hôte du gisement (Yakubchuk et al., 2005).

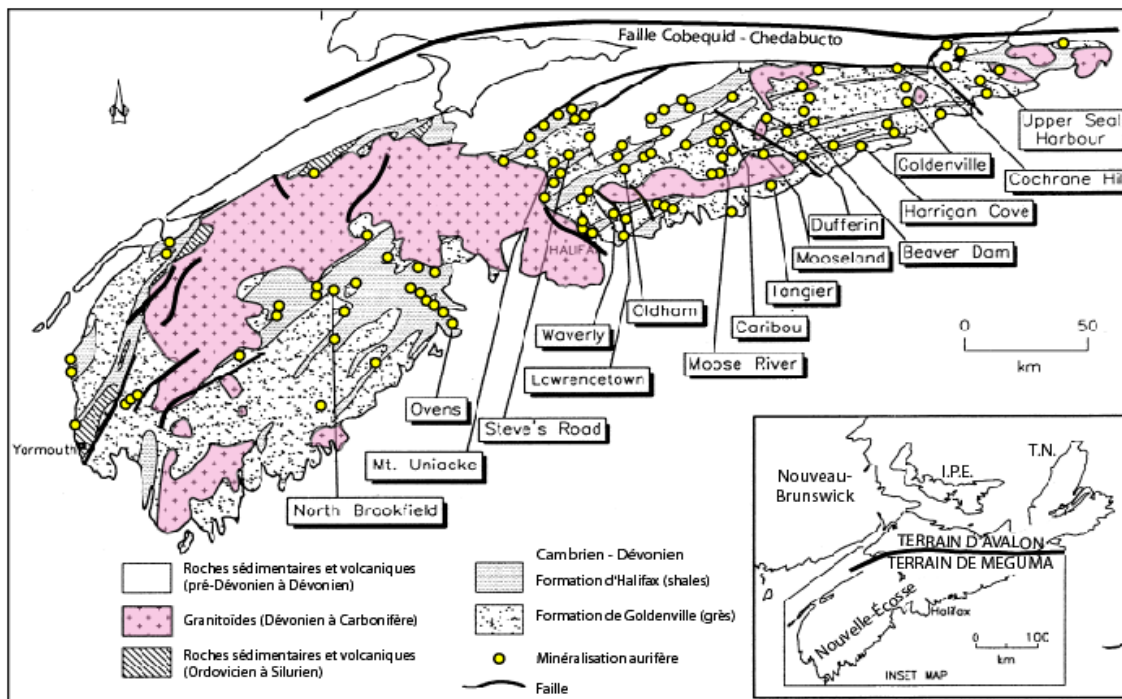


Figure 4. Carte géologique du Terrain de Meguma avec localisation des minéralisations aurifères dans les formations d'Halifax et de Goldenville (modifiée de Ryan et Smith, 1998).

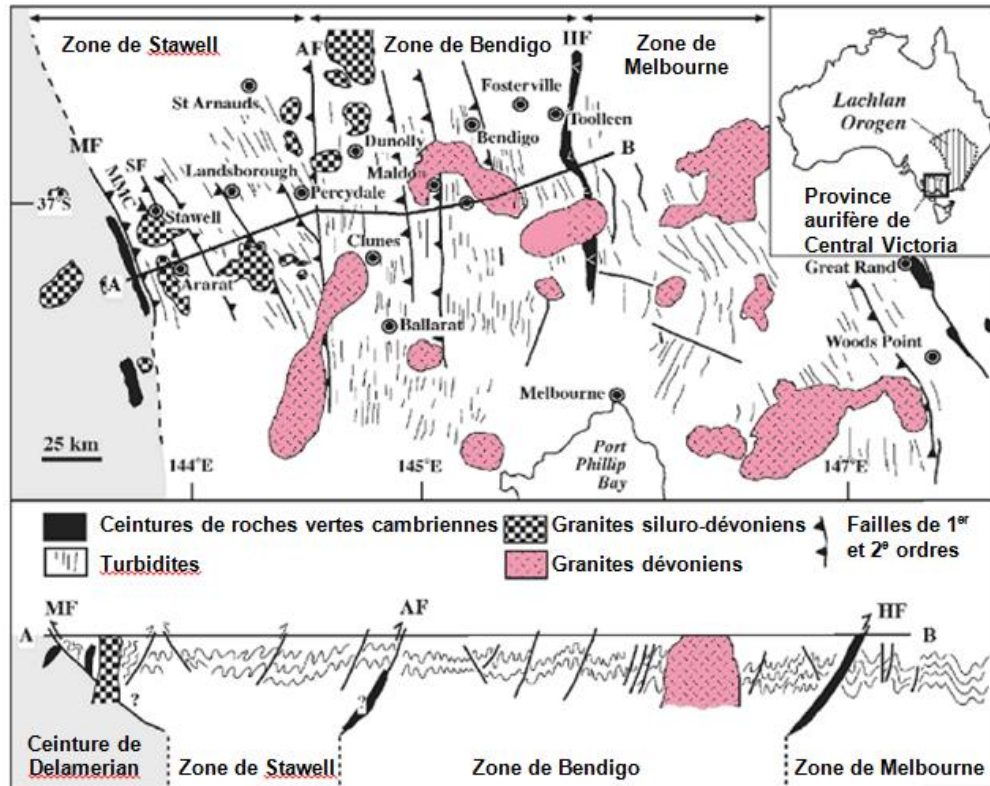


Figure 5. Carte géologique de la province aurifère de Central Victoria avec localisation des principaux districts aurifères. Figure modifiée de Bierlein et al., 2004.

Certains auteurs suggèrent un lien génétique entre la présence d'intrusions à proximité des gisements et la mise en place de la minéralisation aurifère. Le granite Konstantinovskiy, localisé à 6 km au sud-ouest de Sukhoi Log, est interprété comme l'apophyse d'une intrusion plus importante se poursuivant sous le gisement (Yakubchuk et al., 2005; Distler et al., 2004). Selon Distler et al. (2004), ce granite aurait servi de source de chaleur permettant la circulation des fluides hydrothermaux. Cette hypothèse n'est cependant pas unanime puisqu'un débat persiste concernant l'importance relative du métamorphisme versus le magmatisme, alimentée par des études isotopiques diverses (Yakubchuk et al., 2005). D'autre part, une intrusion de granodiorite porphyrique est localisée à 15 km au sud-est de Muruntau. Celle-ci semble se prolonger sous le gisement, à plus de 4000 m de profondeur, où un granite non minéralisé a été intercepté par forage (Drew et al., 1996; Kempe et al. 2001; Yakubchuk et al., 2005). Comme la minéralisation de Muruntau est localisée dans l'auréole métamorphique de contact de ce pluton et qu'une partie de la minéralisation semble synchrone à un granite similaire situé à 30-35 km au nord-ouest, un lien entre le magmatisme et au moins une partie de la minéralisation est proposé (Mao et al., 2004; Yakubchuk et al., 2005). Le rôle du magmatisme sur la formation des gisements aurifères encaissés dans des séquences turbiditiques est généralement un sujet de controverse. Cependant, tel que proposé pour Muruntau, il est possible qu'une relation spatiale et temporelle entre la minéralisation et le magmatisme permette un enrichissement aurifère supplémentaire (Yakubchuk et al., 2005).

2.2 Roches encaissantes

Les roches hôtes des minéralisations aurifères dans les turbidites sont généralement des grauwwacks et des shales avec des variations mineures d'un site à l'autre (**Annexe I**). Ainsi, dans le Groupe de Meguma, la minéralisation est associée aux formations de Goldenville et d'Halifax, respectivement dominées par des grès (arénites, quartzites et grauwwacks) et des shales, avec la présence notable d'argilites interlitées (Ryan et Smith, 1998). Les minéralisations de la province aurifère de Central Victoria de la ceinture de Lachlan sont encaissées dans les grès du Groupe de St-Arnaud et les grès et mudstones du Groupe de Castlemaine qui contient également des unités mineures de mudstone pélagique, des conglomérats, des cherts et des shales noirs (Bierlein et al., 2004).

Les roches sédimentaires terrigènes carbonatées semblent particulièrement favorables aux minéralisations aurifères orogéniques, notamment pour les gisements de classe mondiale de Russie et d'anciens pays de l'union soviétique (ex. Sukhoi Log, Olimpiada et Murntau; Prada, 2002). À Murntau, le gisement se situe en une formation sédimentaire composée de siltstones, de shales et de grès, de même que d'horizons mineurs de tufs, de cherts, d'argilites et de calcaires. Cependant, la minéralisation est restreinte à une unité schisteuse carbonatée, enrichie en pyrite (Drew et al., 1996 ; Kempe et al., 2001; Wilde et al., 2001) et est principalement encaissée dans un shale noir (Yakubchuk et al., 2005). Tout comme Murntau, le gisement Kumtor est situé dans la province de Tien Shan. La minéralisation est contenue dans des shales et shales noirs contenant des horizons riches en pyrite (diagénétique) et des cherts carbonatés, de même que quelques rares conglomérats (Mao et al., 2004). Selon Prada (2002), l'alcalinité des séquences terrigènes carbonatées (c.-à-d. sodique versus potassique) aurait une influence sur le style des minéralisations aurifères développées.

Quant à la minéralisation de Roberto, dans la Province de Supérieur, elle est essentiellement contenue dans un grauwaacke finement laminé en contact avec un grauwaacke alumineux et des paragneiss migmatisés (Goldcorp, 2007).

Mentionnons que les roches sédimentaires pélitiques et les séquences volcaniques associées contiennent des phases minérales riches en volatiles (ex. phengite, biotite, lawsonite, chlorite, dolomite et magnésite) et de la pyrite pouvant alimenter les fluides hydrothermaux en H₂O, CO₂ et S (Kerrick et al., 2005; Fyfe et al., 1978). De plus, la pyrite en milieu marin peut contenir des traces d'or significatives pouvant être mobilisées subséquemment (Kerrick et al., 2005).

2.3 Métamorphisme

Les roches hôtes des gisements d'or dans les turbidites sont en grande majorité métamorphisées au faciès des schistes verts, sauf pour les cas suivants (Bierlein and Crowe, 2000) :

1. Une minéralisation développée à l'intérieur d'une auréole de contact associée à des intrusions tardi- à post-orogéniques (ex. Murntau);
2. Une minéralisation encaissée dans des roches ayant préalablement subi un métamorphisme de haut grade ;
3. Une minéralisation formée dans des nappes allochtones qui ont subséquemment subi un long transport.

Bien que le niveau de métamorphisme soit généralement de faible grade, il semble que celui-ci ne soit pas constant à travers une même ceinture aurifère. Ainsi, dans la ceinture de Lachlan, le métamorphisme est au faciès sous-schistes verts dans la zone de Melbourne et augmente progressivement vers l'ouest pour atteindre les schistes verts à Bendigo et le faciès inférieur des amphibolites dans la zone de Stawell (**Figure 5**; Offler et al., 1998; Bierlein et al., 2004). Ce changement du grade métamorphique est également observé dans la province aurifère d'Alaska (Goldfarb et al., 1998) et dans le terrain de Meguma (Clarke et al., 1993; Mawer, 1986; Christie et al., 1999). Mentionnons que l'essentielle de la minéralisation aurifère est cependant associée aux secteurs métamorphisés au faciès schistes verts. Cependant, le style de minéralisation évolue avec le faciès métamorphique (**section 2.4** ci-dessous).

La génération et le transport de larges volumes de fluides hydrothermaux nécessaires à la formation des gisements filoniens aurifères sont, selon plusieurs, pratiquement impossibles dans la croûte inférieure. En fait, l'or serait très soluble aux conditions P-T des amphibolites et des granulites (Loucks et Mavrogenes, 1999; Bastrakov et al., 2000). Une grande solubilité versus une faible concentration dans la croûte nuit à la saturation du fluide et ainsi à la précipitation de l'or (Tomkins et Mavrogenes, 2002). De plus, à des températures >800 °C, l'addition de fluides induit une fusion partielle et ainsi l'eau se consomme rapidement dans la plupart des types de roches. Malgré cela, on retrouve localement des minéralisations aurifères dans les terrains de haut grade métamorphique, comme à Challenger en Australie et à Roberto à la Baie-James. Cependant, une mise en place antérieure à l'apogée du métamorphisme caractériserait ces gisements (Tomkins et Mavrogenes, 2002; Ravenelle et al., 2007).

Dans les terrains de plus haut grade métamorphique, particulièrement ceux caractérisés par plus d'un événement tectono métamorphique majeur, des minéralisations précoces et/ou mises en place dans des

conditions de plus basses pressions – températures peuvent avoir considérablement été transformées. Celles-ci peuvent entre autres être affectées par un enrichissement majeur en or, une redistribution des métaux et une modification des assemblages minéralogiques (Tomkins et Mavrogenes, 2002; Tomkins et al., 2004; Tomkins 2007). Il est à noter que la redistribution et la remobilisation des métaux peuvent être un avantage pour l'exploration des terrains de haut grade, car certains éléments comme l'arsenic auront tendance à créer des halos d'anomalie détectables à plusieurs mètres de distance, au-delà de la minéralisation aurifère (Tomkins et Mavrogenes, 2002; Tomkins et al., 2004). D'autres métaux à considérer pour tracer l'or sont l'argent, le tellure, l'antimoine, et le mercure.

À Challenger, où l'or est présent dans des paragneiss métamorphisés au faciès des granulites, les gneiss minéralisés ont subi de la migmatite alors que ceux non minéralisés n'ont pas été affectés par la fusion partielle. Tomkins et Mavrogenes (2002) suggèrent que la fusion partielle ait été favorisée par un assemblage minéralogique d'altération (riche en H₂O). Ainsi, dans les terrains de haut grade métamorphique, la présence de migmatites, à condition que le phénomène ne soit pas généralisé, pourrait devenir un critère d'exploration pour les minéralisations aurifères hydrothermales. Dans un tel contexte, l'or peut être concentré dans les leucosomes, et les ore-shoots contrôlés par la géométrie des plis pygmaitiques.

2.4 Styles de minéralisations aurifères et contrôles structuraux

2.4.1 Minéralisations filoniennes

2.4.1.1 Zones de remplacements à SF-Au

Ce style de minéralisation est associé à des zones de cisaillement ductile-cassantes et est caractérisé par du remplacement à sulfures le long des zones de déformation intense. Généralement, peu de veines de quartz sont associées à ces zones, à moins d'avoir une superposition de styles, comme dans la mine Macraes, en Nouvelle-Zélande (Craw et al., 1999; Petrie et Craw, 2005). Ce gisement de la ceinture schisteuse d'Otago présente d'importantes zones minéralisées de type remplacement, associées à des cisaillements intenses dans des schistes à micas mylonitisés. Ces zones sont parallèles à la surface axiale d'un grand pli régional couché. Quant aux veines de quartz, elles y sont plus tardives, sub-verticales et associées à des schistes feldspathiques moins déformés (Petrie et Craw, 2005; Begbie et Craw, 2006).

Les gisements de la région de Stawell, située dans la portion ouest de la province de Central Victoria, en sont également de bons exemples (Bierlein et al., 2004). La minéralisation, contenant jusqu'à 30 % de sulfures disséminés, se trouve communément dans une zone de cisaillement développée au contact d'unités volcaniques, dans des roches sédimentaires moins compétentes (Manapi et Wilson, 1994). Mentionnons que dans la zone de Stawell, le niveau de métamorphisme est relativement plus élevé (schistes verts supérieurs à amphibolites) comparativement aux minéralisations de Bendigo et Ballarat. Selon Sandiford et Keays (1986), le niveau structural de mise en place de la minéralisation dans la zone de Stawell serait plus profond.

2.4.1.2 Veines de quartz

Les gisements aurifères orogéniques « classiques » dans les turbidites correspondent à des systèmes de veines de quartz qui peuvent être parallèles au litage, discordantes ou parallèles aux plans axiaux et former des « saddle-reefs » et des zones de stockwerks (**Figures 6 et 7**); Ramsay, 1974; Cox et al. 1991; Windh 1995; Christie et al., 1999). Ces veines ont une puissance variant de quelques millimètres à plusieurs mètres, alors qu'elles peuvent être très continues latéralement (> 1km) comme dans le terrain de Meguma (Ryan et Smith, 1998). Elles sont caractérisées par des textures massives à laminées, ont un faible contenu en sulfures (généralement <2 %) et l'or s'y présente surtout sous forme de grains libres (Bierlein et al. 2004). La minéralogie des veines dans la plupart des gisements est relativement simple. Elle comprend du quartz à plus de 75 % du volume total, des carbonates de Fe-Mg ± Ca, des feldspaths alcalins, de la séricite, de la chlorite, des sulfures (pyrite, pyrrhotite et/ou arsénopyrite) et de l'or natif (Boyle, 1986).

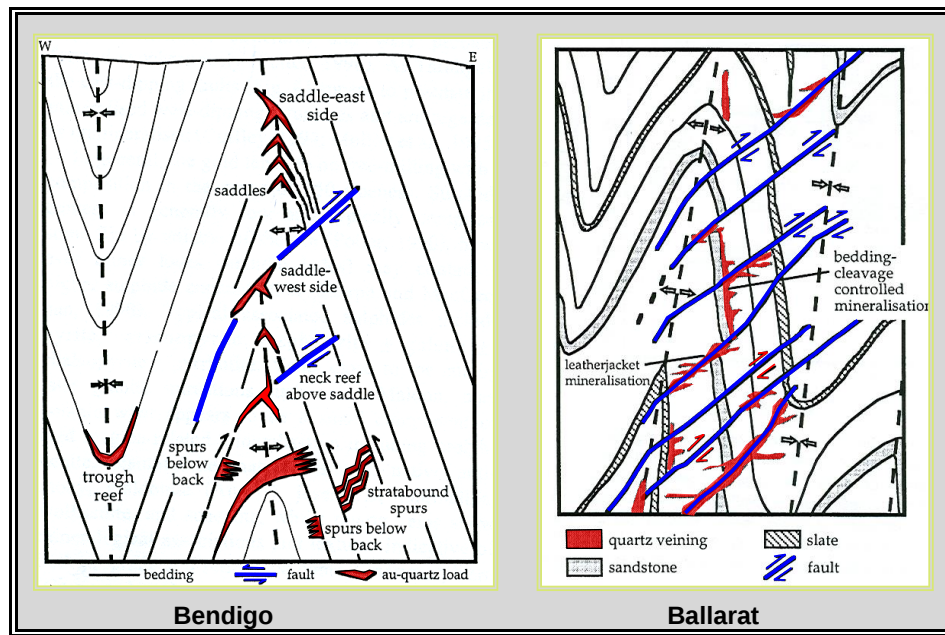


Figure 6. Illustration schématique des veines de quartz aurifères et leur relation avec la déformation dans le cas des minéralisations de Bendigo et Ballarat, ceinture de Lachlan, Australie (Modifié de Ramsay et al., 1998).

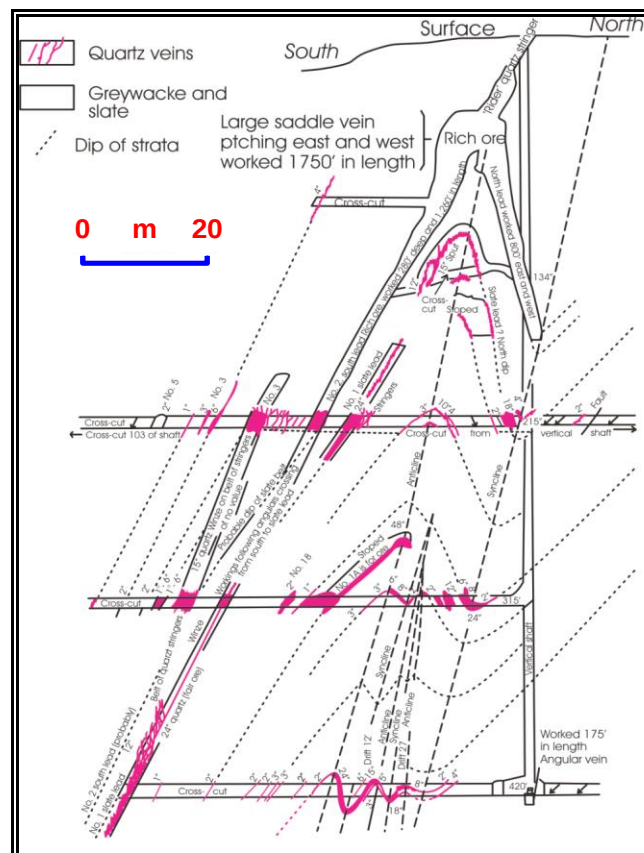


Figure 7. Sections géologiques de la mine Dufferin, Terrain de Meguma, Nouvelle-Écosse, montrant la position des veines de quartz (tiré de Sangster et Smith, 2006).

À l'échelle locale et régionale, la majorité des filons aurifères minéralisés se trouvent dans des failles, des zones de cisaillement et des charnières de plis. La mise en place des veines de quartz est associée au développement de zones de dilatation et de structures d'accommodement associées au plissement par flexure des séquences sédimentaires. Les veines sub-parallèles se développent généralement dans les unités pélitiques et sont associées à du glissement et du cisaillement suivant les plans des clivages et/ou de stratification (syn-plissement). Les veines discordantes et formant des réseaux de stockwerks sont préférentiellement développées dans les horizons de grès, caractérisés par une rhéologie plus cassante. Les failles inverses jouent un rôle important pour la mise en place de ces dernières (**Figure 8**; Keppie, 1976; Sandiford et Keays, 1986; Cox et al., 1991 et 1995; Cosgrove 1993; Sibson et Scott, 1998; Ramsay et al., 1998). Les auteurs suggèrent que ces filons aurifères sont formés à la suite d'un blocage des plis passant d'une déformation ductile vers une déformation cassante. C'est-à-dire que lorsque le plissement ne peut plus accommoder le raccourcissement, des failles discordantes et des réseaux de fractures caractériseront la déformation et contrôleront la minéralisation. Les traces axiales, et plus particulièrement les zones de culmination d'anticlinaux (**Figure 9**), peuvent être utilisées comme un guide régional d'exploration pour la recherche de ce type de minéralisation. Les principaux contrôles structuraux à l'échelle locale sont :

- Les contrastes de compétence (contacts grès/mudstone);
- Les charnières de plis (« saddle-reefs »);
- Les failles concordantes (veines sub-parallèles) et discordantes (veines discordantes abruptes et veines discordantes de direction parallèle au S0);
- Les zones de cisaillement sub-parallèles aux plans axiaux (ex. Reefton et Buller, ceinture de Lachlan).

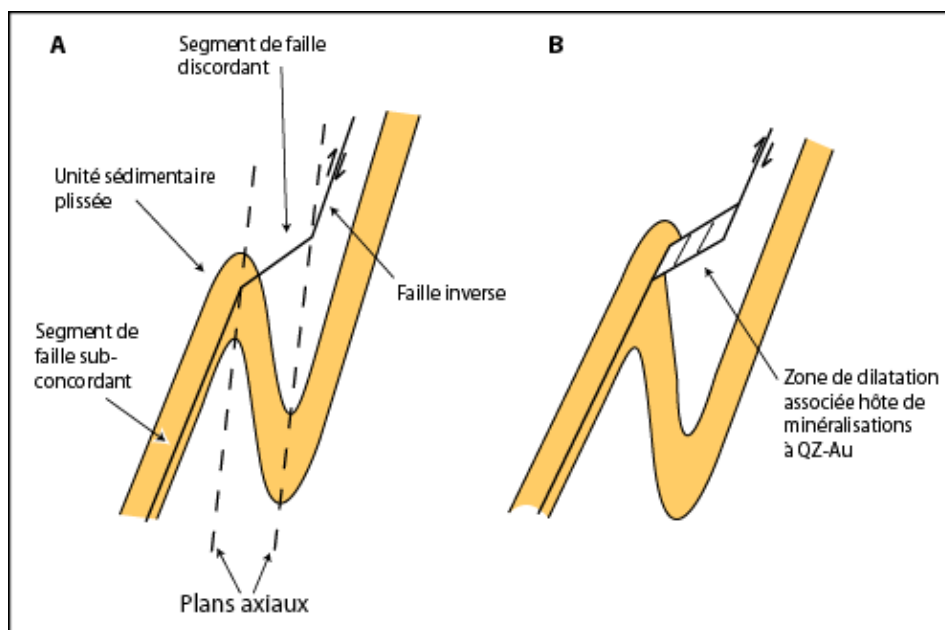


Figure 8. Les failles inverses représentent un élément important pour la génération de zones de dilatation dans les séquences sédimentaires plissées et la mise en place de minéralisations aurifères (modifiée de Cox et al., 1991)

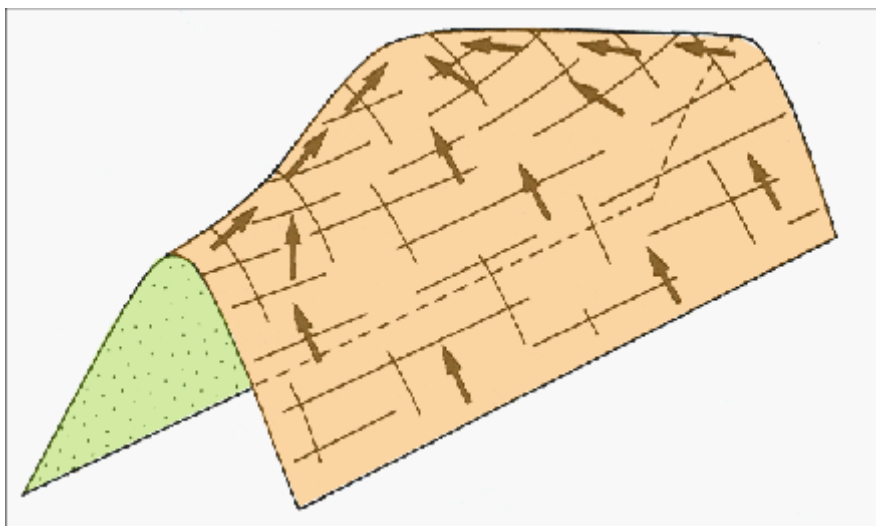


Figure 9. Schéma illustrant la migration des fluides hydrothermaux dans les zones de culmination d'anticlinaux, où il y a mise en place d'une concentration importante de veines aurifères dans les séquences turbiditiques (modifié de Cox et al., 1991).

2.4.2 Minéralisations disséminées

Les ceintures turbiditiques sont également hôtes de minéralisations aurifères disséminées. En plus de caractériser les grands gisements de Murintau, Sukhoi Log et Olimpiada, ce style a été reconnu dans la plupart des ceintures orogéniques métasédimentaires, incluant la ceinture de Lachlan et le terrain de Meguma (**Annexe I**). Les minéralisations aurifères disséminées seraient plus ou moins contemporaines à la formation des veines de quartz et des zones de cisaillement aurifères. Selon Bierlein et Maher (2001), elles représentent la partie sommitale d'un continuum de minéralisations aurifères épigénétiques, en contexte tectonique de collision, dans les séquences de turbidites métamorphisées (**Figure 10**). Contrairement aux gisements aurifères filoniens orogéniques, la plupart des minéralisations disséminées présentent un contrôle lithologique considérable, selon les propriétés rhéologiques et la perméabilité des unités (Bierlein et Maher, 2001). Selon Ramsey et al., (1998), le style cassant qui caractérise la minéralisation de la portion est de la zone de Bendigo et de la zone de Melbourne (**Figure 5**) serait en partie relié à la mise en place d'intrusions felsiques porphyriques, favorisant la fracturation. Cela n'est pas sans rappeler le style de la minéralisation aurifère de la région de Malartic, dans la Sous-province de Pontiac (**Figure 11**; Trudel et Sauvé, 1992; www.osisko.com).

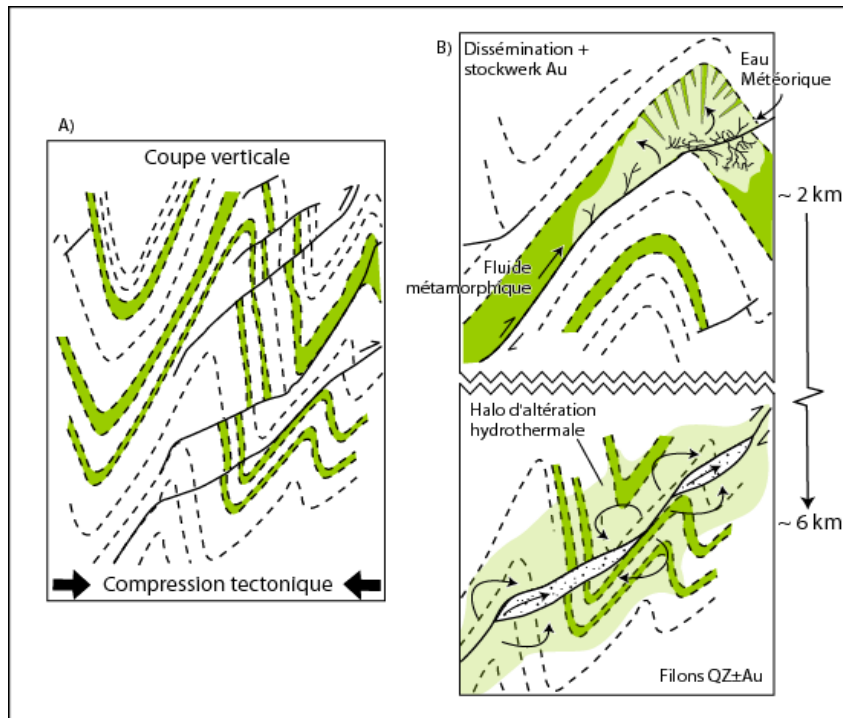


Figure 10. Développement de minéralisations aurifères disséminées en association avec la formation de filons aurifères orogénique dans les ceintures métasédimentaires plissées. A) Déformation d'une séquence turbiditique avec génération de plis droits serrés et de failles inverses abruptes. B) Formation de structures filoniennes à quartz ± Au à plus grande profondeur et développement de minéralisations aurifères disséminées et en stockwerks relié à la fracturation d'unités perméables compétentes (grès). Figure modifiée de Bierlein et Maher (2001).

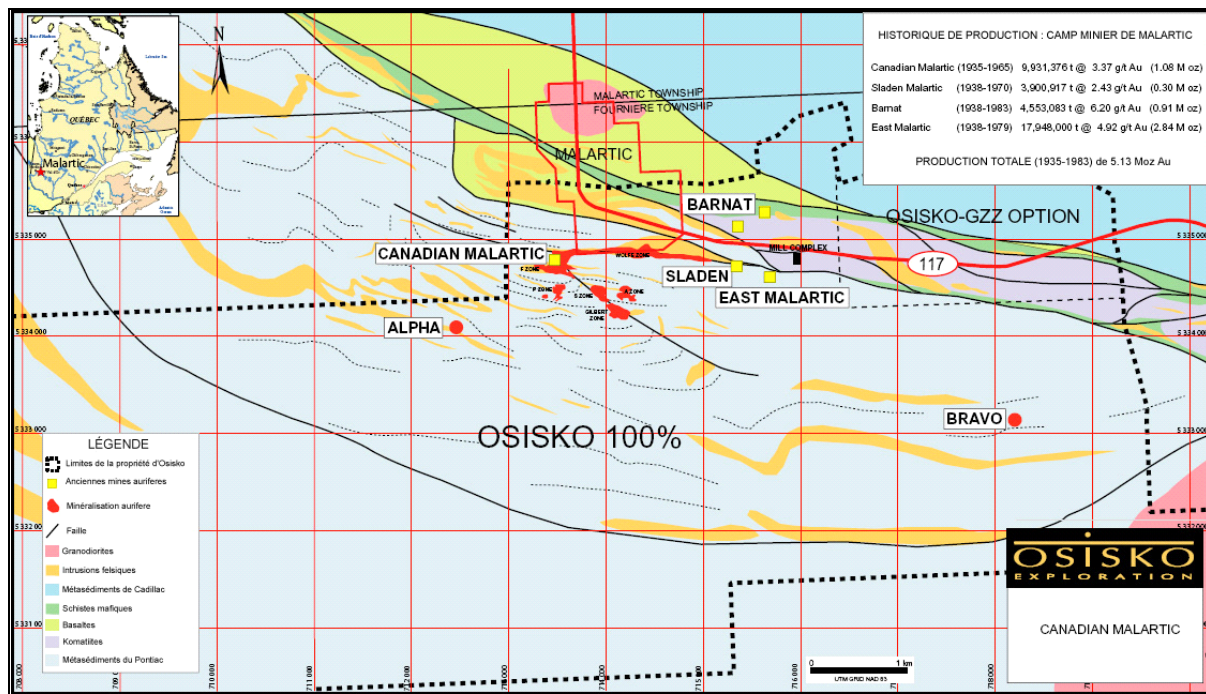


Figure 11. Carte géologique de la région de Malartic avec localisation de la minéralisation aurifère (tirée de www.osisko.com).

Généralement, les teneurs sont moins spectaculaires que pour le style filonien, cependant les zones disséminées présentent un volume considérablement plus grand. La minéralisation consiste en sulfures disséminés (pyrite – arsénopyrite $\pm$ pyrrhotite) préférentiellement dans les unités de grès, mais également dans les shales et shales noirs. L'or se présente sous forme d'inclusions dans les sulfures et en grains libres de l'ordre de quelques microns. Des stockwerks aurifères à quartz-carbonates accompagnent presque systématiquement la minéralisation disséminée et des zones de brèches en bordure de failles peuvent également contenir la minéralisation. Un bon exemple est le gisement Fosterville, dans la ceinture de Lachlan, où la minéralisation est associée à une zone de faille de même qu'à des linéaments subsidiaires à celle-ci organisés en échelon (Bierlein et Maher, 2001). La minéralisation y est essentiellement disséminée dans des lits de grès, dans le mur de la Faille Fosterville et s'étend au-delà de 30 m de la faille (**Figure 12**). Dans plusieurs cas, les zones de sulfures disséminés sont spatialement associées à des minéralisations filoniennes. Elles montrent généralement une relation de superposition aux veines de quartz, comme dans le cas de la mine Globe-Progress dans le district aurifère de Reefton (Bierlein et Maher, 2001).

Les éléments importants à considérer pour retrouver ce style de minéralisation, selon Bierlein et Maher (2001) sont :

- Le bon niveau structural exposé (épizonal);
- La proximité d'une structure majeure;
- La disponibilité de « feeder zones » hôtes de minéralisations aurifères filoniennes (les veines ne sont pas toujours associées);
- L'étendue et l'intensité de l'altération hydrothermale (voir la section sur l'altération);
- La co-existence d'anticlinaux, de failles et d'unités perméables et massives de grès.

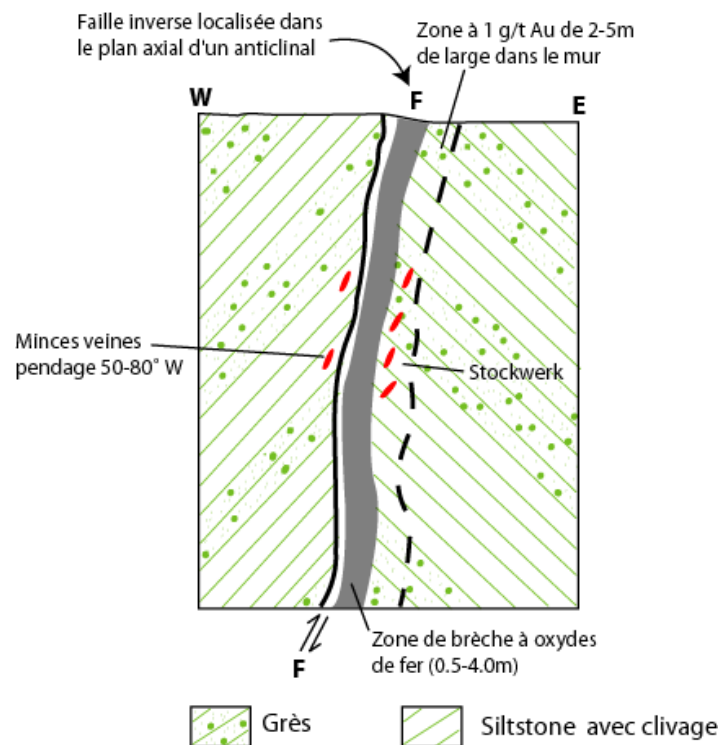


Figure 12. Illustration schématique du style de minéralisation à Fosterville, Central Victoria (modifié de Ramsay et al., 1998). La minéralisation disséminée est située dans le mur d'une faille inverse sub-parallèle au plan axial d'un anticlinal. On y retrouve également des veines de quartz mineures, de même que de la minéralisation sous forme de stockwerk et de brèche.

2.4.3 Distribution des styles de minéralisations

Tel que proposé par le modèle continuum (Groves, 1993), les conditions métamorphiques allant des faciès sous-schistes verts à granulites et les variations dans les styles structuraux des corps minéralisés (Witt, 1993) reflètent un éventail de conditions de pression et température correspondant à divers niveaux d'emplacements dans la croûte. Ce modèle s'applique également pour les gisements aurifères associés aux ceintures sédimentaires schisteuses. Dans la province aurifère de Victoria, un changement de style de minéralisation s'observe d'est en ouest et est associé à une progression du niveau de métamorphisme (Bierlein et Maher, 2001; Bierlein et al., 2004). Les disséminations de sulfures et les zones de stockwerks sont interprétées comme représentant la partie supérieure du continuum, alors que les minéralisations filoniennes correspondent à des emplacements relativement plus profonds (**Figure 10**; Bierlein et Maher, 2001). Alors que les systèmes de veines de quartz traduisent un niveau d'emplacement mésozonal, les corps filoniens relativement riches en sulfures, contenant peu ou pas de veines et localisés dans des zones de déformation intense, représentent la portion hypozonale de ce continuum.

Dans la plupart des ceintures métasédimentaires plissées, la distribution de la minéralisation présente des relations similaires. Ainsi, dans la province aurifère de Yenisei (**Figure 13**) notamment hôte du gisement Olimpiada, les styles disséminés et veines de QZ-Au se retrouvent au sein de mêmes segments aurifères, représentant selon Yakubchuk et al. (2005) différents niveaux d'érosion du même système minéralisateur. Dans la province aurifère de Lena, non seulement ces deux styles sont répertoriés, mais des changements minéralogiques s'observent suivant le niveau de métamorphisme (**Figure 14**). Les veines de quartz et les disséminations de sulfures aurifères sont concentrées dans le faciès inférieur des schistes verts. Les veines de quartz à plus faible teneur sont associées au faciès supérieur des schistes verts. Et finalement, les disséminations de pyrrhotite-Au sont associées aux schistes verts supérieurs et au faciès des épidotes-amphibolites, avec quelques rares occurrences au grade des amphibolites.

Dans la province de Tien Shan (**Figure 15**), les gisements orogéniques sont concentrés dans des secteurs présentant des styles de minéralisation distincts, mis en place dans différents niveaux de la croûte (Yakubchuk et al. 2005). Près de la discontinuité de Chatkal, les minéralisations à Au-As-Sb-Hg correspondraient à la partie sommitale du continuum. À Muruntau, la minéralisation sous forme de stockwerks à quartz-sulfures-or et de sulfures disséminés constituerait un niveau de mise en place intermédiaire, alors que les gisements de Jilau et Zarmitan, composés de veines de quartz massives et de stockwerks, représenteraient une fenêtre relativement plus profonde.

Dans un même gisement, il est commun que le style de la minéralisation évolue en une superposition de styles, par exemple à la mine Macraes (voir la **section 2.4.1.1**). Un autre exemple serait le gisement de Muruntau (Drew et al. 1996), où la minéralisation est stratabound et essentiellement contenue dans une unité riche en pyrite composée de phyllites carbonatées à séricite-chlorite correspondant à des siltstones et des métapélites (**Figure 16**). La minéralisation initiale se présente sous la forme de veines et veinules de quartz parallèles au litage auxquelles se superposent des zones de stockwerks à quartz. Un troisième style de minéralisation, plus tardif, est associé à des failles occupant des plans axiaux et consiste en des veines de type « Mother Lode » centimétriques à métriques (Drew et al., 1996).

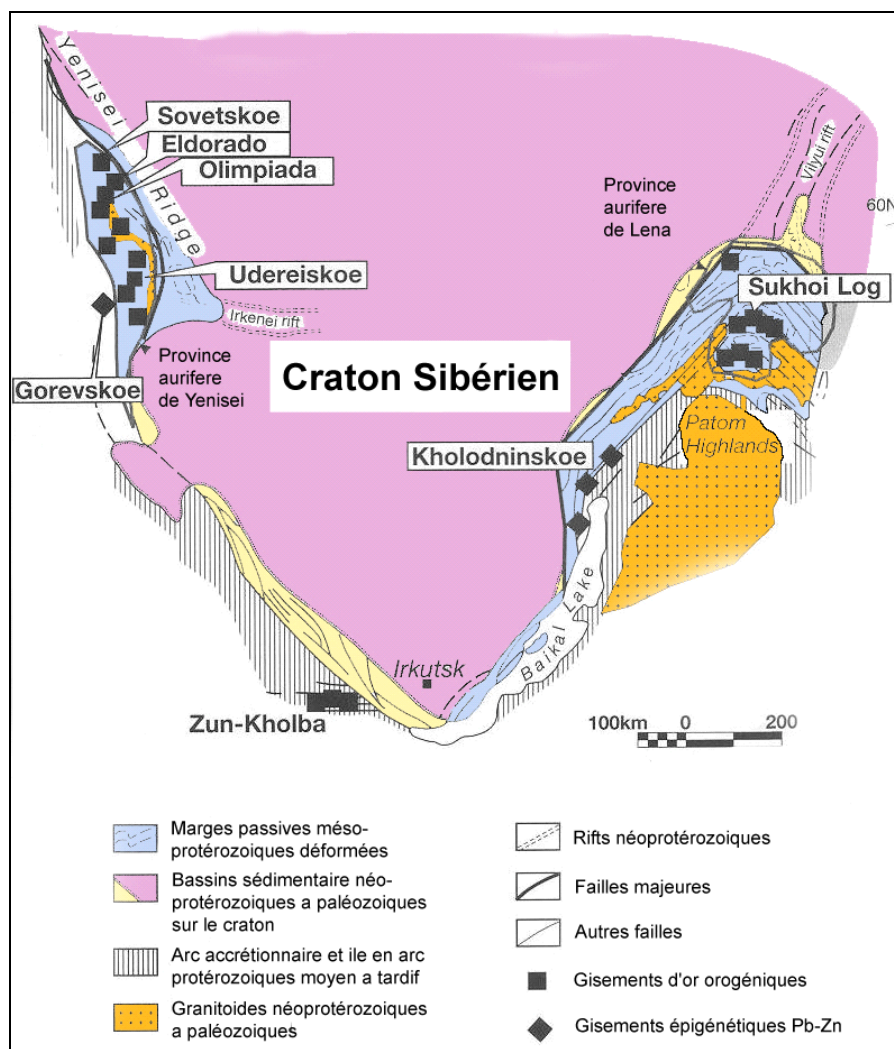


Figure 13. Localisation des provinces aurifères orogéniques de Yenisei et Lena en marge du Craton Sibérien (modifié de Yakubchuk et al., 2005).

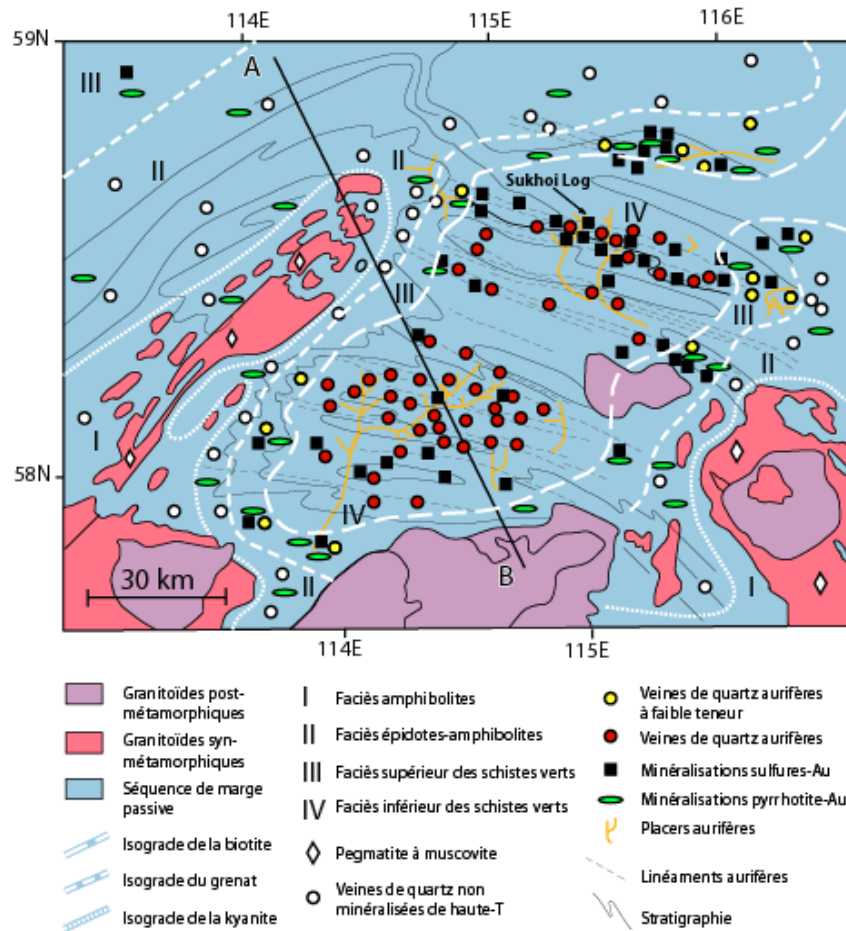


Figure 14. Carte géologique de la partie centrale de la province aurifère de Lena montrant la distribution de la minéralisation aurifère, notamment le gisement Sukhoi Log, les isogrades métamorphiques et les trajectoires de la stratigraphie. Figure modifiée de Yakubchuk et al., 2005.

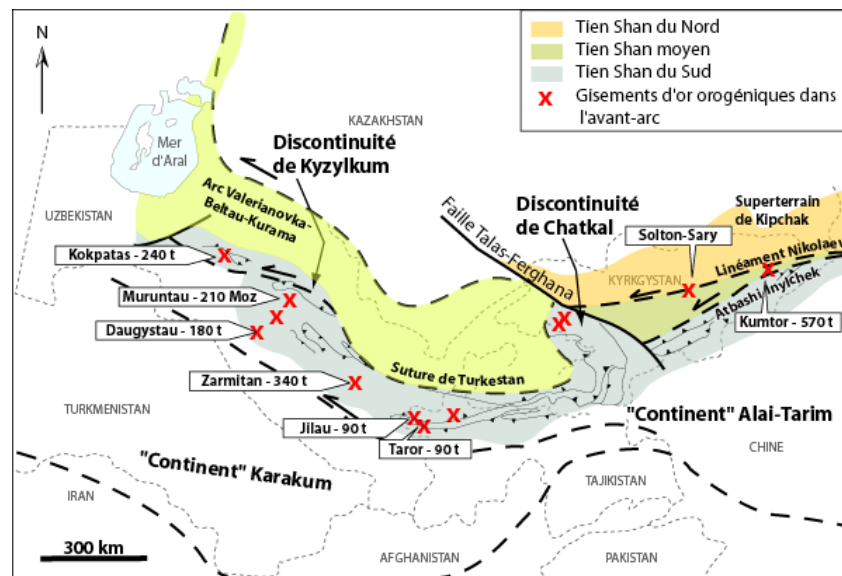


Figure 15. Province aurifère de Tien Shan avec localisation des minéralisations aurifères (modifiée de Yakubchuk et al., 2005).

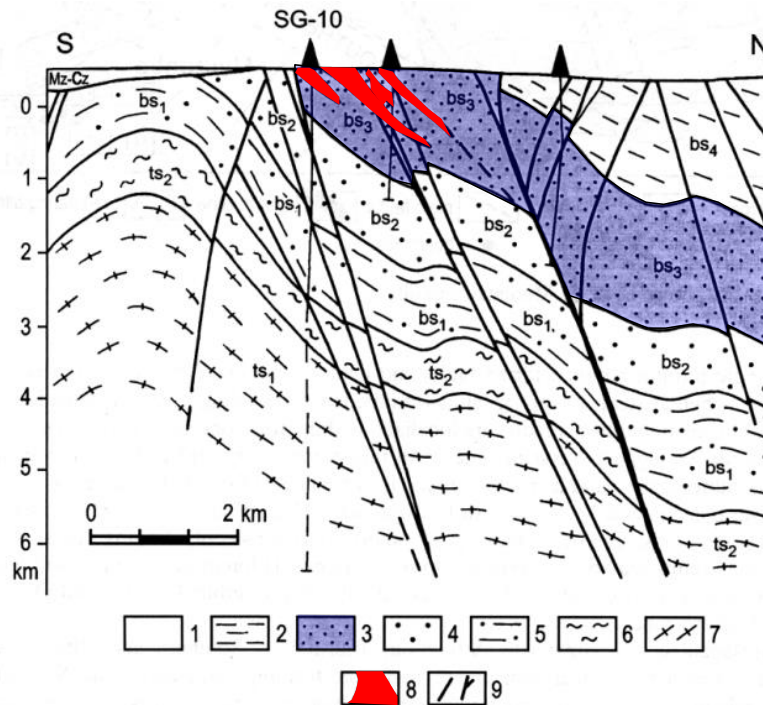


Figure 16. Section schématique du gisement de Muruntau (modifiée de Shayakubov et al., 1999). **Mésozoïque à Cénozoïque** : 1) roches sédimentaires (Mz-Cz); **Paléozoïque** : 2) grès et métapélites, 3) siltstones et métapélites, 4) grès, 5) siltstones et métapélites; **Précambrien à Paléozoïque inférieur** : 6) schistes et carbonates, 7) schistes ; 8) **zones minéralisées**; 9) failles.

Bien que le style de minéralisation reflète les conditions de P-T et le régime de déformation prévalant lors de leur formation, des événements tectoniques superposés peuvent cependant indiquer des relations ambiguës. Ainsi, dans le gisement aurifère Roberto, localisé sur le territoire de la Baie-James au contact des sous-provinces de La Grande et Opinaca, l'or est contenu dans des stockwerks à quartz–tourmaline–actinolite–arsénopyrite–pyrrhotite développés dans des grès et associés avec des zones de remplacement intense à microcline, quartz, tourmaline, phlogopite, arsénopyrite fine et pyrite qui semblent stratigraphiquement contrôlées (Ravenelle et al., 2007; Goldcorp Inc., 2007). Le métamorphisme de la séquence encaissante atteint le faciès moyen des amphibolites. Cependant, le style de Roberto semble correspondre davantage à une mise en place en régime cassant à ductile-cassant (présence de stockwerks). Si la minéralisation était plus ou moins synchrone au métamorphisme, on s'attendrait à ce qu'elle présente un style traduisant une mise en place en régime de déformation ductile. Cependant, tel que démontré par Ravenelle et al. (2006 et 2007), l'événement de déformation principal et l'épisode de métamorphisme associé sont tardifs par rapport à la minéralisation.

Mentionnons que le gisement Roberto présente quelques analogies avec les minéralisations aurifères dans les roches métasédimentaires du Craton ouest africain (**Figure 17**). Dans la ceinture d'Ashanti (**Figure 18**), les minéralisations correspondent à des veines de quartz dans des zones de cisaillements, à des zones de stockwerk à quartz-carbonates-sulfures et à des zones de sulfures disséminés à arsénopyrite-pyrite et sont essentiellement situées près du contact avec des ceintures volcaniques ou avec la formation de Tarkwa, correspondant à une séquence de sédiments clastiques grossiers (Oberthür et al., 1996; Tunks et al., 2004). À plusieurs endroits, les minéralisations aurifères semblent être superposées à une préconcentration de métaux dans les sédiments (Oberthür et al., 1996; Tunks et al., 2004; Milési et al., 1992; Fouillac et al., 1993). Notamment, le gisement de Damang présente une minéralisation de type veines de quartz superposée à une minéralisation précoce de type paléoplacer aurifère (Tunks et al., 2004). Le gisement de Loulo, au Mali, est quant à lui caractérisé par une minéralisation sous forme de stockwerk à quartz-carbonates et de sulfures disséminés (pyrite-arsénopyrite). La minéralisation est stratabound et restreinte aux unités de grès à tourmaline. La tourmaline est considérée détritique et une concentration pré-D1 de sulfures, redistribués lors de l'épisode orogénique, est interprétée (Milési et al., 1992; Fouillac et al., 1993). Alors qu'à Damang le métamorphisme atteint les faciès des amphibolites avec un assemblage à grenat-biotite-plagioclase-strauroilite-épidote ± kyanite-cordiérite, le métamorphisme est aux schistes verts à Loulo.

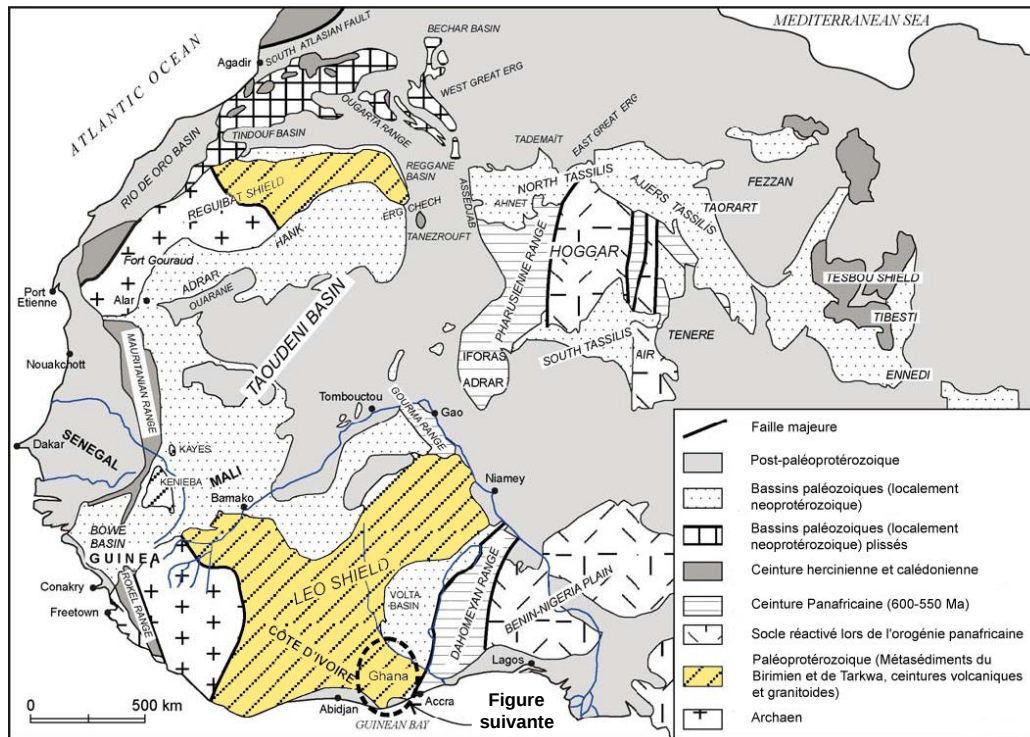


Figure 17. Carte géologique de l'Afrique de l'Ouest avec localisation de la province aurifère du Ghana, située dans le craton paléoprotérozoïque ouest africain (modifié de Feybesse et al., 2006).

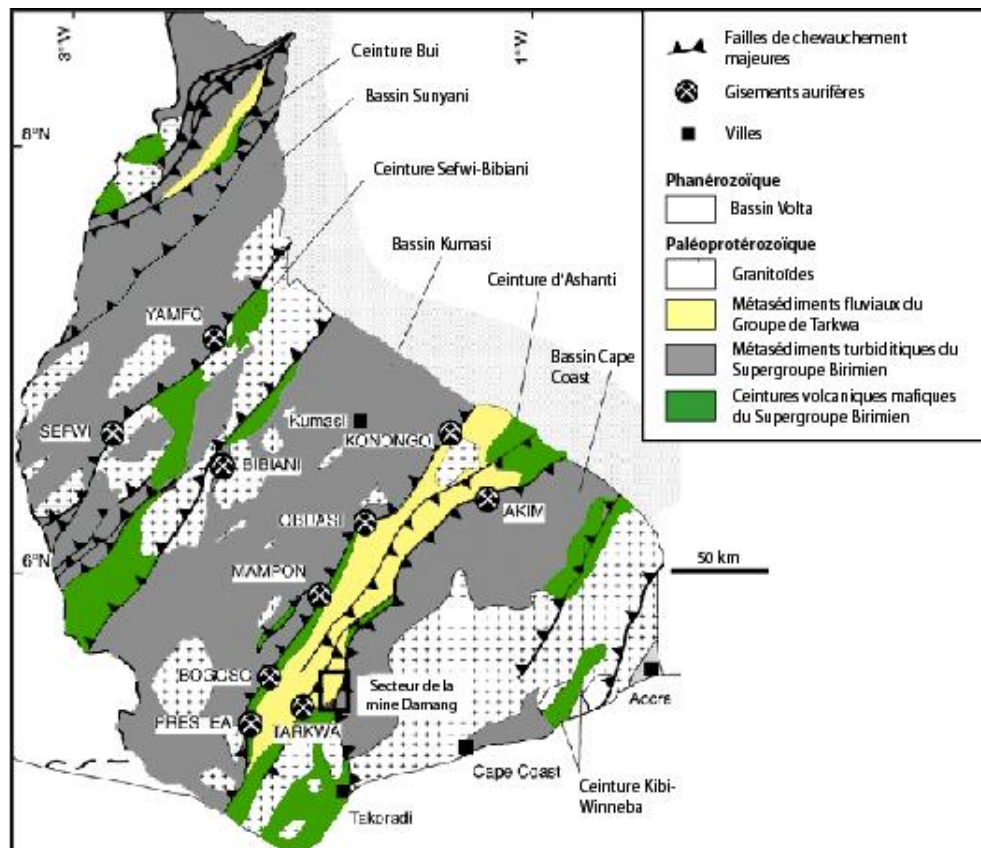


Figure 18. Géologie du sud-ouest du Ghana avec localisation des principaux districts aurifères (modifié de Tunks et al., 2004).

2.5 Altération, association métallique et chimie des fluides hydrothermaux

L'altération associée aux minéralisations aurifères filoniennes dans les ceintures métasédimentaires turbiditiques a traditionnellement été considérée très discrète, soit restreinte à moins de quelques mètres des veines de quartz. Elle se caractérise par un blanchissement de l'encaissant, causé par une séricitisation, une carbonatisation et une silicification, de même que par une importante sulfuration dominée par la dissémination de pyrite, d'arsénopyrite ou de pyrrhotite, ou encore, comme dans le terrain de Meguma, par le développement de porphyroblastes d'arsénopyrite (McMillan 1996; Bierlein et al., 1998; Ryan et Smith, 1998; Li et al., 1998; Bierlein et Maher, 2001; Bierlein et al., 2004). Enfin, la tourmaline et la chlorite peuvent également correspondre à une forme d'altération, cependant moins intensive.

Bien que la géochimie des roches métasédimentaires siliciclastiques limite les interactions avec les fluides hydrothermaux, les halos d'altérations peuvent cependant être très intenses et même définis au-delà d'une centaine de mètres (ex. : le gisement Globe-Progress, Terrain de Buller; Bierlein et al., 2004). De plus, il a été démontré que les halos des veines aurifères du Central Victoria étaient beaucoup plus puissants, s'étendant au-delà de la zone de métasomatisme visible (Li et al., 1998; Gao et Kwak, 1995; Bierlein et al., 1998, 2000). Des changements géochimiques sur plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres y ont été décelés (**Figure 19**), suggérant une infiltration des fluides hydrothermaux dans les métasédiments et une interaction importante et soutenue entre ceux-ci. Comme la puissance des halos d'altération dépend surtout de la porosité et de la rhéologie des unités encaissantes, les minéralisations contenues dans les grès présenteront généralement de plus grands halos. Ce processus est d'autant plus significatif pour la génération des minéralisations aurifères disséminées.

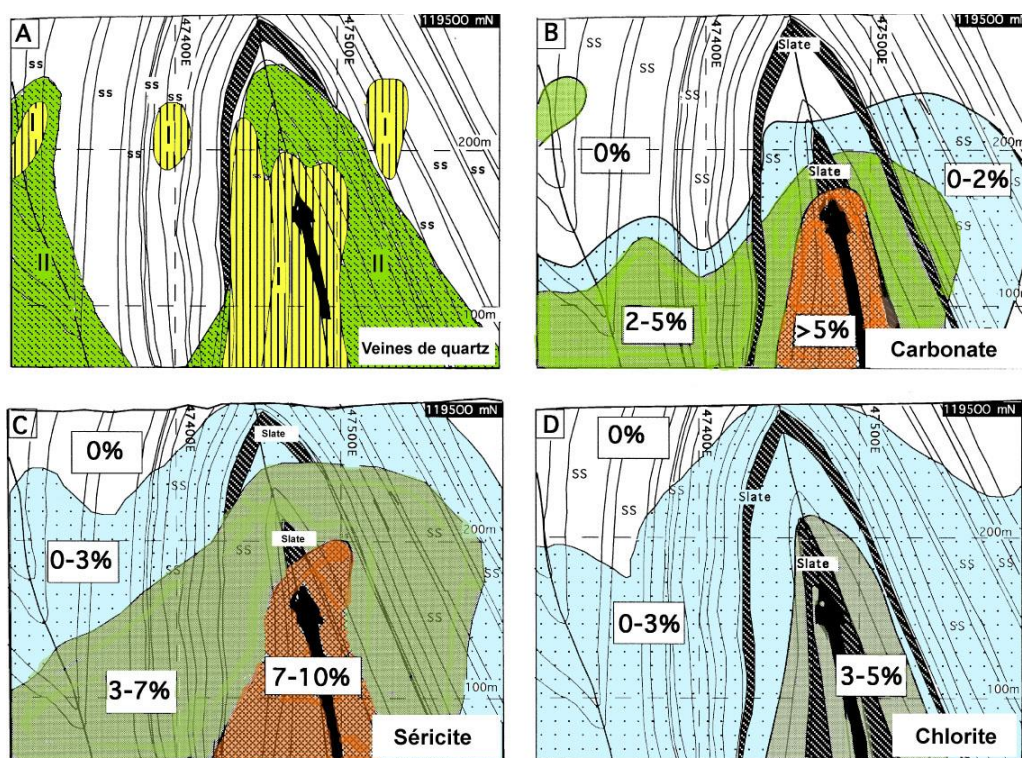


Figure 19. Exemple de halos d'altération associés aux veines aurifères, gisement Bendigo, Central Victoria, Australie (Li et al., 1998).

Ainsi, le style disséminé est caractérisé par des altérations très similaires au type filonien. L'altération se présente communément sous forme de fractures et de veinules de QZ-CB accompagnées d'une séricitisation et/ou d'une carbonatisation intensive et d'une imprégnation de sulfures. Dans le terrain de Meguma, de la

tourmaline constitue également l'altération reliée à l'or disséminé. À Muruntau, ainsi qu'à Roberto, elle est caractérisée par une importante silicification, des anomalies en arsenic — or et une tourmalinisation (Drew et al., 1996; Goldcorp et al., 2007; Ravenelle et al., 2006). Cependant, le gisement Roberto présente en plus une altération alumineuse distale et une altération proximale en microcline (Goldcorp et al., 2007; Ravenelle et al., 2006). Enfin, à Kumtor, l'or présente une association avec de l'albite, du feldspath potassique et des carbonates, alors que la séricitisation y est très limitée (Bierlein et Maher, 2001).

Avec l'intensification de l'altération, les micas blancs passent de la phengite (Mg/Fe) à la muscovite (K) ou à la paragonite (Na) (Christie et al., 2000). Dans le halo d'altération (de 5 à plusieurs mètres de la minéralisation), on note un appauvrissement en $\text{Na}_2\text{O} \pm \text{SiO}_2$ (malgré une silicification proximale) et un enrichissement en CO_2 , H_2O , K_2O , S, As, Au $\pm$ Sb (Bierlein et al., 2004). Bierlein et Crowe (2000) ont même déterminé les teneurs définissant les halos d'altération des minéralisations aurifères orogéniques dans les séquences turbiditiques de la province de Victoria (**Tableau 1**).

Tableau 1. Seuils des éléments et ratios définissant les halos d'altération des minéralisations aurifères orogéniques associées aux séquences turbiditiques de la ceinture de Lachlan, dans la province aurifère de Central Victoria (données tirées de Bierlein et Crowe, 2000).

Éléments / ratios	Seuils des halos d'altération
CO_2	> 3%
H_2O	> 2%
CaO	> 1,7%
K_2O	> 2,5%
S	> 0,3%
As	> 50 ppm
Au	> 5 ppb
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	> 2
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$	< 5
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}$	> 10

Pour l'exploration, d'autres indices utiles peuvent servir à déceler les halos d'altération distaux associés aux systèmes aurifères. Parmi ceux-ci notons les ratios $\text{CO}_2/\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Fe}$, ou encore l'index d'altération décrit par Nabil (2007) soit Na/Al et $3\text{K}/\text{Al}$.

En général, les fluides hydrothermaux responsables de la formation des gisements d'or associés aux turbidites sont caractérisés par une faible salinité, laquelle ne dépasse pas 5 à 6 % NaCl; 5 à 50 %mole de CO_2 et une concentration de CH_4 inférieure à 5 %mole (Ridley and Diamond, 2000). Des traces d'azotes N_2 ont été identifiées dans des inclusions fluides de certains gisements de la ceinture de Lachlan (Gao et Kwak, 1995) et d'Alaska (Miller et al., 1995). Enfin, l'enrichissement en or est généralement accompagné d'un enrichissement en As, B, Ag (Pb, Sb, W, Zn $\pm$ Te, Mo, Hg, F, Co, Ni) (McMillan, 1996).

2.5.1 Matière organique

Selon Bierlein et Maher (2001), le dépôt de l'or dans les séquences turbiditiques plissées serait associée à la déstabilisation de complexes bisulfures résultant du mélange entre les fluides réducteurs métamorphiques et porteurs d'or avec des fluides plus oxydés (météoriques ou métamorphiques) le long de fronts d'oxydoréduction, localement accélérés et favorisés par la présence d'unités carbonatées, de graphite hydrothermal ou d'hydrocarbures remobilisés. Un aspect notable pour la génération de minéralisations aurifères disséminées dans les séquences sédimentaires est, toujours selon ces auteurs, l'association presque systématique de l'or avec la matière organique. Cette relation est notamment observée pour les minéralisations de type Carlin et les minéralisations aurifères disséminées du Witwatersrand (Barnicoat et al., 1997). Dans le processus de formation des gisements de type Carlin, il est interprété que les fluides météoriques s'infiltrèrent à des profondeurs atteignant plus de 4 km, où ils interagissent avec le carbone organique et accumulent ainsi du soufre réduit. À Muruntau, un processus similaire a été proposé par Wilde et al. (2000). Pour ce gisement, certains ont même

suggéré que l'or et les autres métaux proviennent de l'accumulation précoce des sulfures lors de la sédimentation (ex. Kurbanov et al., 1991). La déformation, le métamorphisme et le magmatisme auraient servi à concentrer ces métaux (Drew et al., 1996). Ainsi, l'aspect « stratabound » du gisement de Murantau pourrait être relié à une caractéristique primaire, soit syn-sédimentaire à syn-diagénétique.

En ce sens, il est proposé qu'une interaction intense entre le fluide hydrothermal riche en CO₂ et le carbone réduit provenant de la matière organique contenue dans les sédiments du Birimien ait eu lieu dans la partie plus profonde du système hydrothermal responsable des minéralisations de la ceinture aurifère d'Ashanti (Oberthür et al., 1996).

2.6 Sommaire

L'exploration des grands bassins sédimentaires métamorphisés pour l'or doit évidemment tenir compte du niveau de déformation, de métamorphisme et d'anisotropie de la séquence. Dépendamment des conditions P – T prévalant lors de l'épisode orogénique, le style et la composition de la minéralisation varieront. D'entrée de jeu, une bonne connaissance du terrain (isogrades métamorphiques, cartographie des faciès lithologiques, relevé des linéaments structuraux de 1^{er}, 2^e et 3^e ordre) s'avère essentielle afin d'appliquer les bons métalotectes. Cependant, quelques guides d'exploration généraux sont à considérer :

- Les contrastes lithologiques (de compétence, géochimiques) et structuraux (roches fissiles vs schisteuses vs plus massive);
- Les anticlinaux ou dôme des charnières, où il y a inversion de la plongée (apogée des plis) présentent des pièges classiques des minéralisations dans les séquences turbiditiques. Ce critère est cependant plus complexe à utiliser dans le cas de plusieurs événements superposés de déformation.
- Un métalotecte classique pour l'or est de chercher les zones « démagnétisées ». Ceci peut indiquer un lessivage du fer dans les sédiments qui est ensuite concentré dans les zones minéralisées.
- Les fronts d'oxydoréduction seraient favorables à la précipitation de l'or, par exemple des niveaux à hématite dans les BIF ou encore des horizons de graphite comme à Macraes et Ashanti.
- Chercher à travers la séquence sédimentaire les unités à composition particulières : contenu en fer élevé, niveaux carbonatés, niveaux argileux (ex. black shales, formations de fer, etc.).
- Dans les terrains aux faciès amphibolites et supérieurs, les zones de minéralisations précoces au métamorphisme peuvent accélérer le processus de migmatisation. Ainsi, une attention particulière doit être portée aux zones de fusion partielle, où la présence de migmatites n'est pas trop commune.
- Détection de halos anomaux en métaux (As, Ag, Te, Sb, Hg) dans les terrains de haut grade métamorphique.

3 ÉVALUATION DU POTENTIEL AURIFÈRE DE LA SOUS-PROVINCE DE PONTIAC

3.1 Géologie et contexte tectonique du Pontiac

La Sous-province de Pontiac est séparée de la Sous-province d'Abitibi par la Faille de Cadillac – Larder Lake, bien connue pour ses camps miniers aurifères, notamment ceux de Val-d'Or, Malartic, Bousquet et Rouyn localisés au Québec. À l'est, la Sous-province de Pontiac est bordée par le Front du Grenville (**Figure 20**). Ce front constitue une zone tectonique majeure d'âge protérozoïque. Les roches sédimentaires du Groupe de Cobalt recouvrent en discordance d'érosion le sud-ouest du Pontiac. Celles-ci sont d'âge protérozoïque, sont non déformées et recouvrent également un segment de la Faille de Cadillac – Larder Lake.

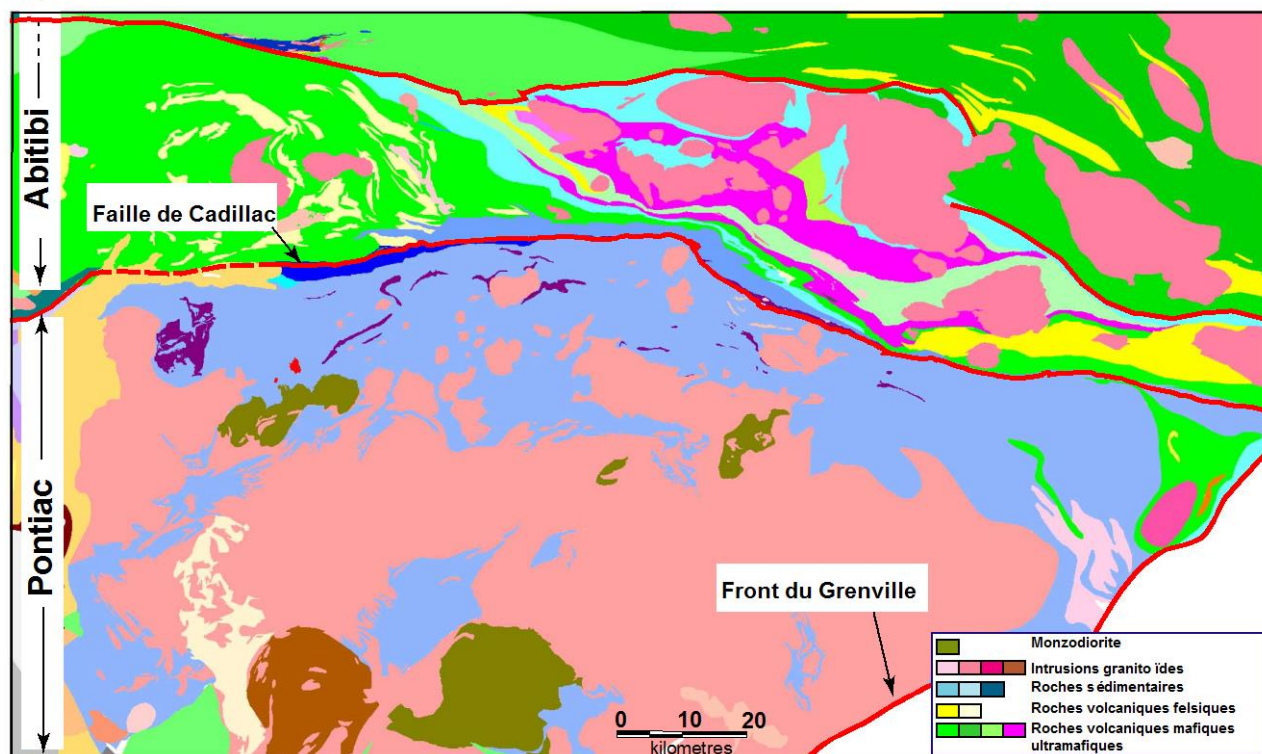


Figure 20. Simplification de la carte géologique de la Province de Pontiac (modifiée de SIGEOM).

La Faille de Cadillac – Larder Lake est une structure majeure bien documentée (**Figure 21**; Daigneault et Archambault, 1990; Daigneault et al., 2002). Il s'agit d'une discontinuité qui se prolonge sur environ 250 km, du sud de Kirkland Lake en Ontario jusqu'à l'est de Louvicourt au Québec. Généralement, les linéations rapportées sont sub-verticales et plusieurs types de mouvements sont rapportés dans la littérature (senestre, transpression dextre, oblique dextre, vertical inverse du N vers S et vertical). Néanmoins, on peut retenir qu'il s'agit d'un corridor de déformation dominé par un raccourcissement produisant des linéations d'étirement abruptes suivi d'une phase tardive en décrochement dextre à laquelle associée localement à des linéations d'étirement directionnelles (Daigneault et al., 2002).

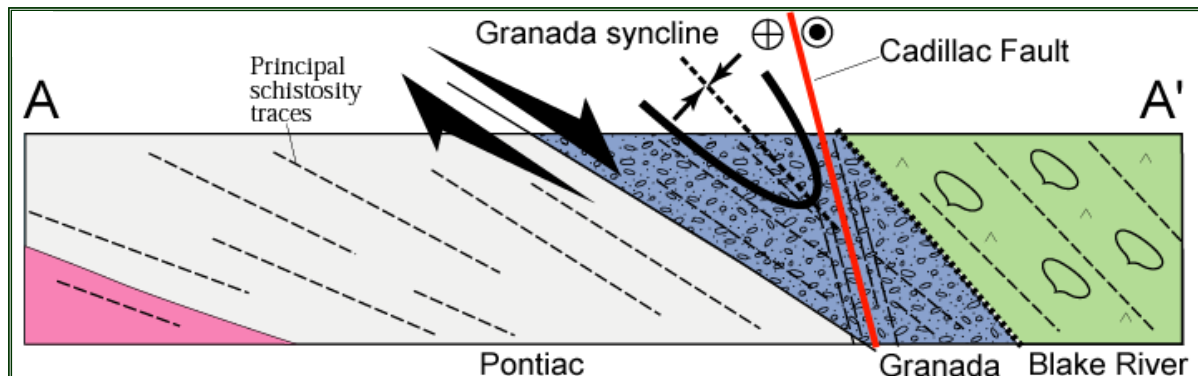
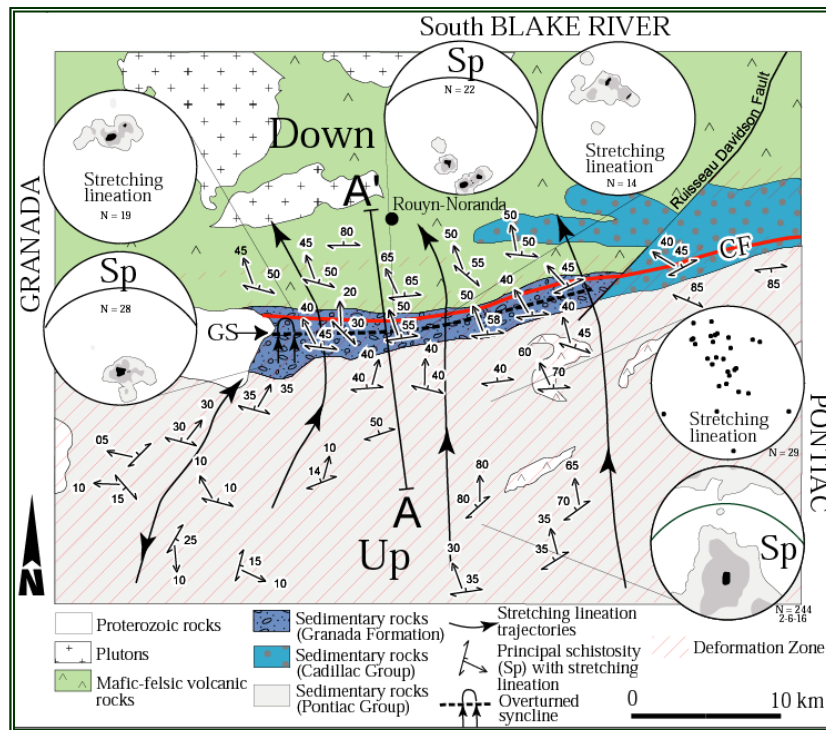


Figure 21. Carte structurale le long de la Faille de Cadillac dans le secteur Sud de Rouyn-Noranda. On note la différence de pendage entre la Faille de Cadillac et la zone de déformation de Cadillac le long de la section AA' (Daigneault et al., 2002).

Depuis les travaux de Card et Ciesielski (1986) et de Card (1990) sur la Province géologique de Supérieur, les modèles géodynamiques ou cadres géotectoniques de cette province se sont développés. En retrouve un résumé de ces modèles dans Hocq (1994). Pour les besoins de ce rapport, on pourra retenir que l'un des modèles est que la Sous-province de Pontiac correspondrait à un prisme d'accrétion de la Sous-province d'Abitibi avec une zone de subduction vers le nord. Ce modèle privilégie un accolement tectonique de ces sous-provinces pendant la collision d'arcs volcaniques (Sous-province d'Abitibi) et le collage de prismes d'accrétion dans le cas des ceintures métasédimentaires (Sous-province de Pontiac) (Ludden et Hynes, 2000) (**Figure 22**).

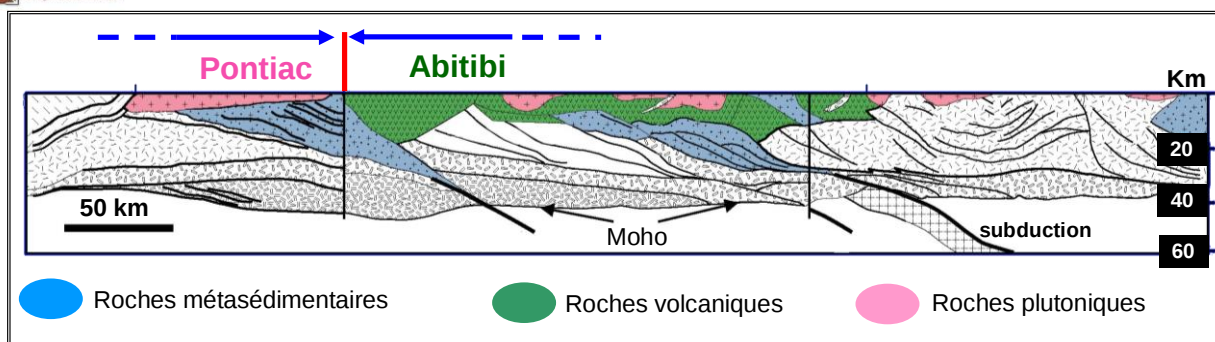


Figure 22. Coupe géologique et structurale interprétée à partir des profils lithoprobes et montrant le Pontiac qui forme un prisme d'accrétion au contact de l'Abitibi (modifié de Ludden et Hynes, 2000).

La Sous-province de Pontiac est constituée de roches métasédimentaires (40 %), de roches volcaniques (5 %) mafiques à ultramafiques (minces bandes de roches localisées au nord de la Sous-province). Elle est injectée d'intrusions felsiques (55 %) dont certaines sont métamorphisées (orthogneiss). Ces intrusions forment un grand dôme structural (Sawyer et Barnes, 1994) dans la partie centrale de la sous-province. Plusieurs unités ou groupes sont distingués au sein de la Sous-province de Pontiac. Au sud-ouest se trouve la ceinture de Baby-Belleterre alors qu'au nord et complètement au sud on retrouve le Groupe de Pontiac.

La ceinture volcanosédimentaire de Baby-Belleterre s'étend d'est en ouest sur près de 60 km et présente une épaisseur de plus de 5 km. Elle est subdivisée en trois groupes : Baby, Belleterre et Lac des Bois. Le Groupe de Baby est constitué de coulées komatiitiques, de basaltes tholéitiques, de volcanites intermédiaires à felsiques d'affinité calco-alcaline, ainsi que de roches sédimentaires volcanoclastiques et de formations de fer. Les groupes de Belleterre et du Lac des Bois sont quant à eux composés de basaltes tholéitiques et de volcanites calco-alcalines.

Le Groupe de Pontiac est constitué d'un assemblage de roches métasédimentaires (métagrauwackes) et de coulées komatiitiques et basaltiques (Rive et al., 1990). Les roches métasédimentaires correspondent à une séquence grésopélitique généralement répartie en lits granoclassés et contenant localement des lits d'argilites, de quartzites, de silstones, de shales et de conglomérats. Les métagrauwackes sont bien lités et ont une granulométrie variable fine à moyenne avec présence de granoclassement, dont les termes latéraux sont représentés par des grauwackes et argilite. À plusieurs endroits, notamment dans la région du Lac Simard, des niveaux métriques graphiteux sont répertoriés à travers les métagrauwackes (Rive et al., 1990).

Dans le Groupe de Pontiac, les coulées de basaltes et de komatiites (**Figure 23**) sont massives à coussinées et montrent localement des textures à spinifex. Des équivalents intrusifs de ces coulées sont également injectés dans le Groupe de Pontiac. Selon Rive (1975), des bandes de péridotite serpentinisée se trouvent parmi ces laves, notamment dans la région du réservoir Decelles. Ces coulées et intrusions mafiques à ultramafiques sont concentrées dans de minces bandes kilométriques d'orientation E-W et pourraient constituer selon Hocq (1990) l'emprunte d'anciennes failles subparallèles semblables à celle de Cadillac (**Figure 23**).

Pour les granitoïdes de la Sous-province de Pontiac, on trouve une classification réalisée par Rive et al., (1990). En effet, à partir de critères géologiques et pétrographiques, ces auteurs ont regroupé les masses plutoniques de l'Abitibi et du Pontiac en huit suites majeures et trois suites mineures qui se divisent en deux suites tholéitiques et calco-alcalines. Dans le Pontiac, ces auteurs ont classé les granitoïdes tardi- à post-tectoniques dans la suite H. Ceux-ci comprennent des granodiorites, des monzogranites à biotite et à muscovite et de pegmatites. Les granitoïdes pré- à syn-tectoniques qui sont composés de gneiss tonalitiques à dioritiques, de gneiss quartzofeldspatiques, de migmatites et d'amphibolites ont été regroupés dans la suite A. D'autres suites (E, J et G) de moindre envergure se retrouvent également dans le Pontiac. Généralement, tous ces granitoïdes sont plus jeunes et plus potassiques que ceux de la Sous-province de l'Abitibi.

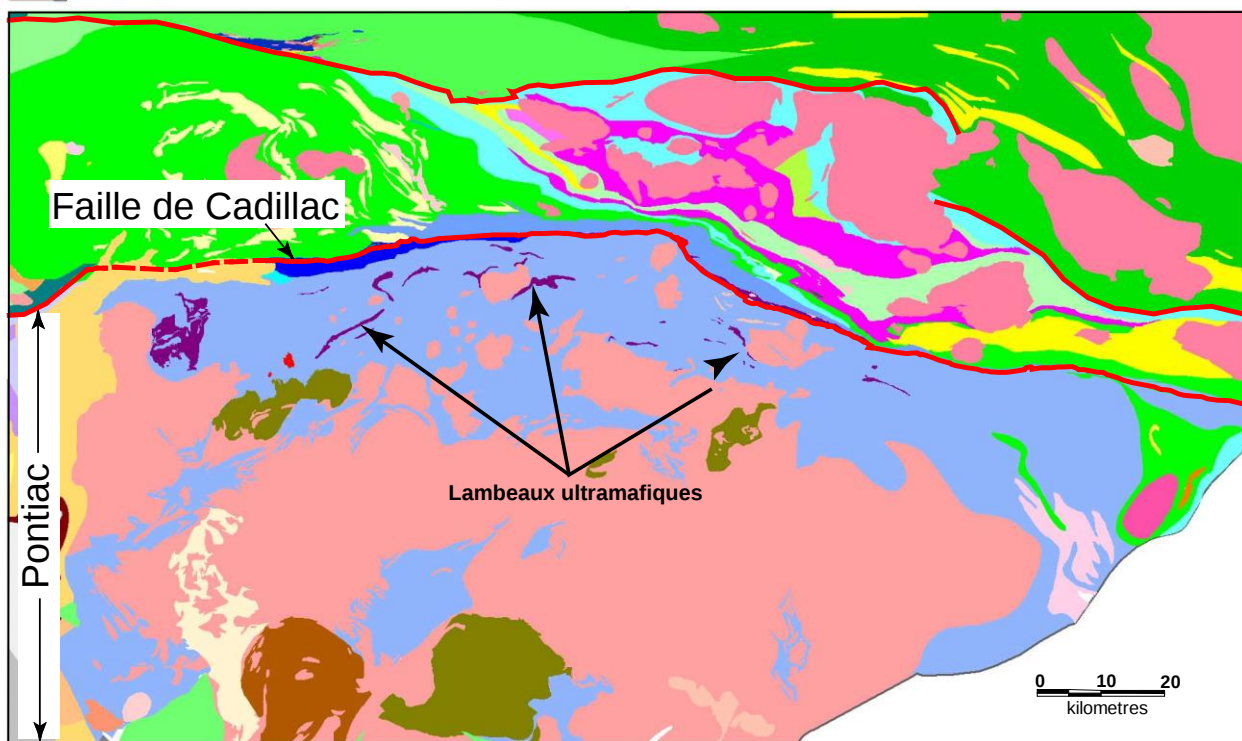


Figure 23. Localisation des bandes ou lambeaux mafiques ultramafiques au sein des roches sédimentaires du Pontiac (voir légende à la Figure 20).

Les essaims de dykes protérozoïques de Matachewan (direction N-S), de Preissac (direction NE), de l'Abitibi (direction ENE), de Sudbury (direction NW) et de Pommeroy (direction WNW) traversent la Sous-province de Pontiac.

Généralement, les roches volcaniques et sédimentaires du Pontiac sont métamorphisées au faciès des amphibolites, comme le confirme Ghassemi (1996), dans la partie nord-ouest du Pontiac, avec le passage de l'isograde à biotite au nord vers l'isograde à sillimanite au sud (**Figure 24**). Hocq (1994) rapporte que le métamorphisme est au faciès des schistes verts dans les volcanites de Baby (secteur de Ville-Marie), ainsi que dans les roches sédimentaires du Pontiac à la bordure nord de ces volcanites. Le faciès schistes verts caractérise également le secteur de la Faille de Cadillac-Larder Lake. Les roches sédimentaires du Pontiac montrent une recristallisation métamorphique ainsi qu'une abondance de biotite, surtout au niveau du contact avec la Faille Cadillac-Larder Lake. Cette biotite est certainement d'origine métamorphique dans les roches sédimentaires mais il n'est pas exclu que de la biotite hydrothermale soit aussi présente près de la Faille de Cadillac.

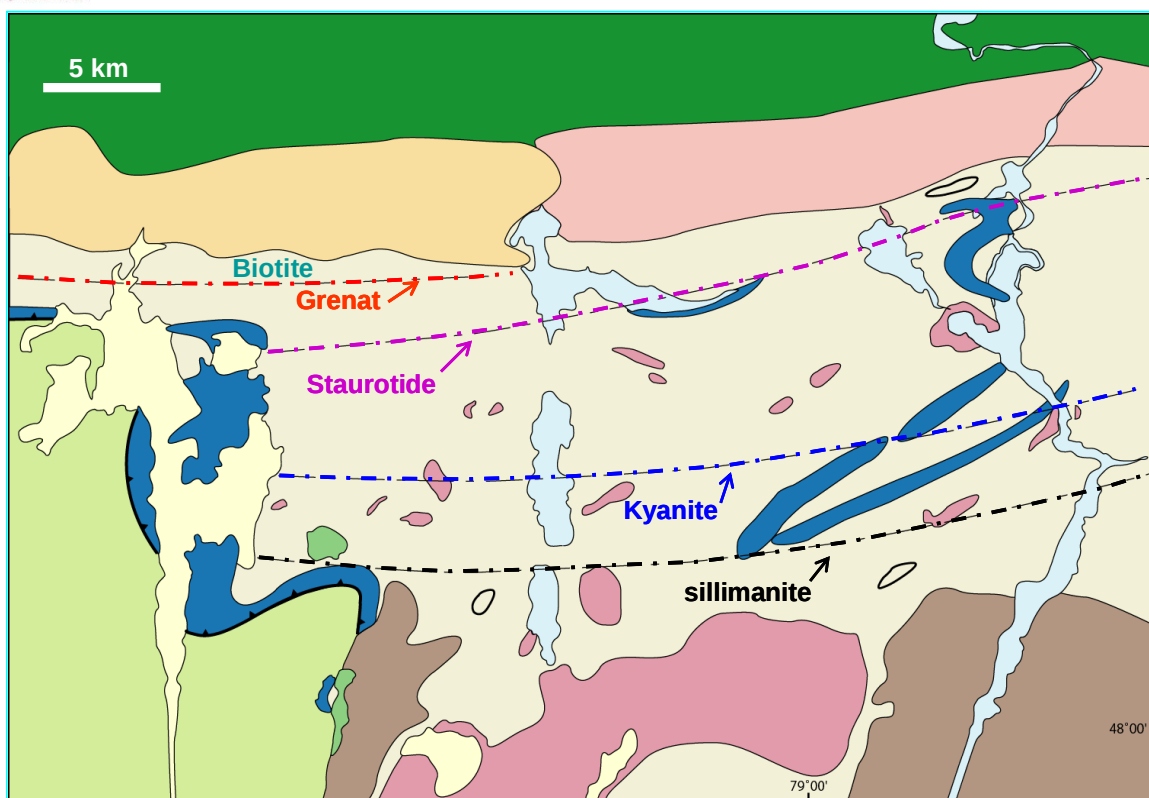


Figure 24. Carte métamorphique dans le secteur NW de la sous province de Pontiac d'après Ghassemi, 1996.

3.2 Contexte structural et potentiel aurifère

Comme il est signalé ci-dessus, la Sous-province de Pontiac peut être interprétée comme étant un prisme d'accrétion. La présence d'une tectonique de compression suivie de mouvements latéraux à tout le moins le long de la Faille de Cadillac permet de faire une association avec les environnements tectoniques des grands gisements d'or associés aux turbidites (Muruntau, Alaska, Victoria, etc.). Pour compléter l'information structurale dans cette sous-province, les données provenant des modèles numériques d'altitude (DEM), de la magnétométrie et de la gravimétrie ont été utilisées. L'examen de ces supports a permis d'une part d'établir une carte de linéaments topographiques et déduit de la carte du champ magnétique (**Figures 25 et 26**).

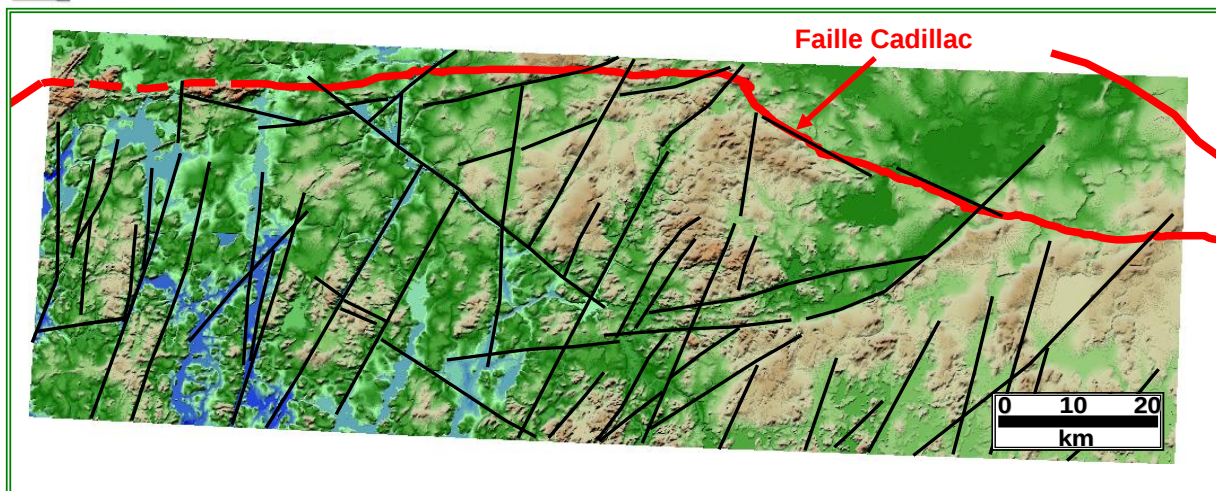


Figure 25. Modèle numérique d'altitude (DEM) montrant les principaux linéaments topographiques interprétés et pouvant correspondre à des failles à caractère fragile (les élévations sont colorées du bleu et vert pour les élévations les plus faibles à brun pour les élévations les plus élevées).

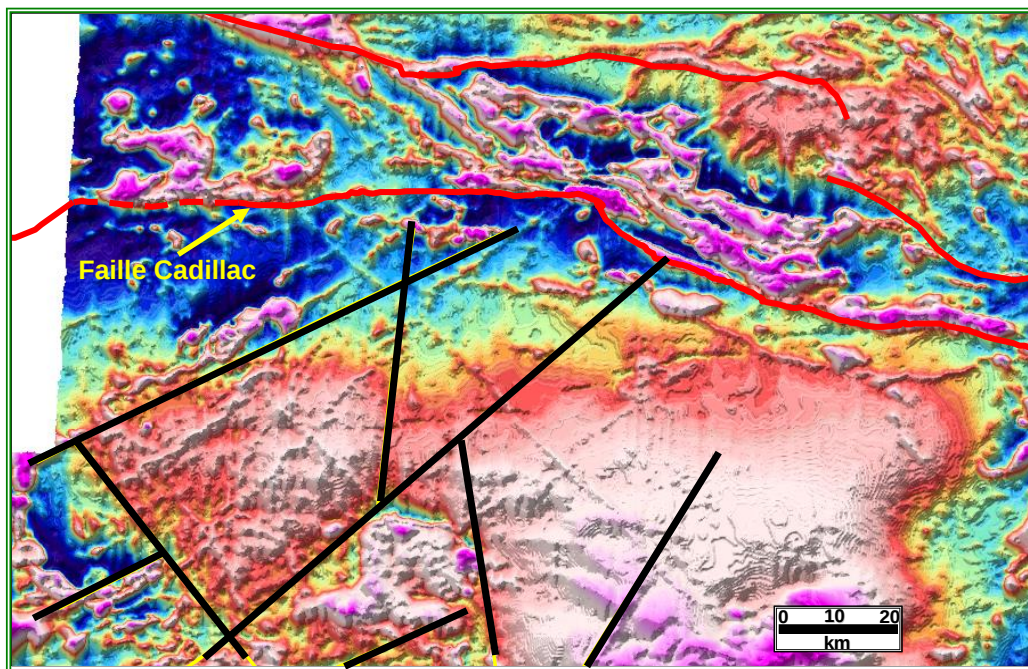


Figure 26. Carte de linéaments à caractère fragile-ductile interprétés à partir de la carte du champ magnétique.

Une proposition demandant à être validée par de futurs travaux serait la présence d'un couloir aurifère de direction NE-SW (**Figure 27**). Au sein du Pontiac, ce couloir serait le prolongement de structures NE comme la faille de Wedding-Lamark dans la portion nord de l'Abitibi. Cette structure pourrait représenter un ancien accident archéen ayant joué à plusieurs reprises. Ce couloir n'est pas associé à des fabriques ductiles dans la portion sud contrairement à la portion nord de l'Abitibi. Mais les travaux de Trépanier (2006) (**Figure 28**; projet 2006-06) avait permis de mettre en lumière une récurrence spatiale d'intrusions monzonitiques à syénitiques le long de ce linéament NE. Dans la portion sud, ce couloir pourrait coïncider avec des déflexions notables observées au sein de la faille de Cadillac dans le segment de Lapa-Malartic mais aussi dans le secteur de marbridge et aussi le segment de la Faille de Manneville associée à la Faille de Destor Porupine Manneville (Daigneault et al., 2002).

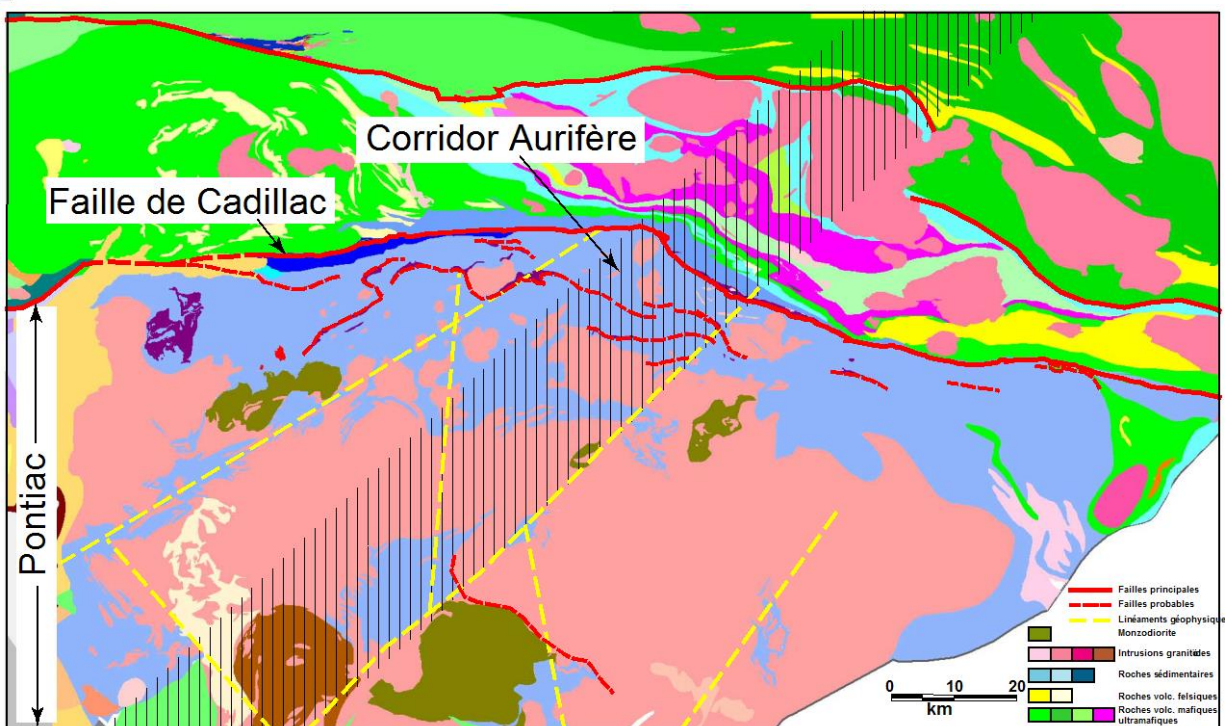


Figure 27. Carte géologique de la Sous-province du Pontiac illustrant la position proposée d'un corridor aurifère de direction NE (voir texte pour explications).

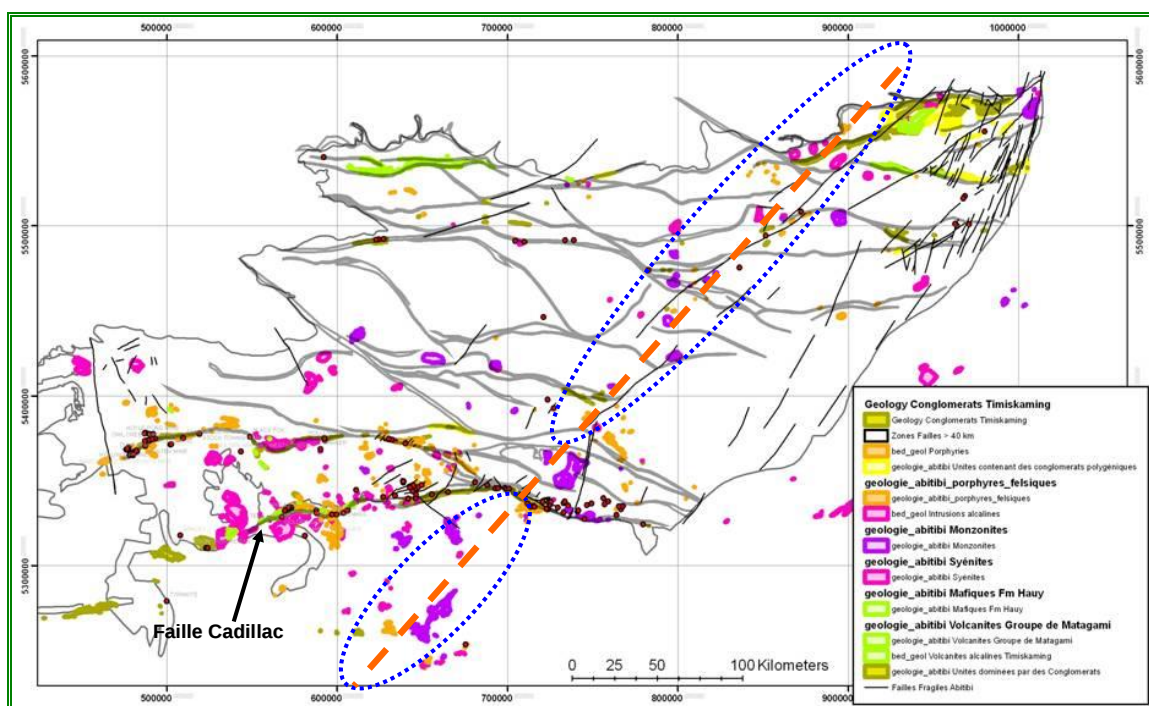


Figure 28. Carte de synthèse des données géologiques, des zones de déformations et des minéralisations dans la sous-province de l'Abitibi et de Pontiac tirée du projet CONSOREM -2006-06 qui montre la continuité dans le Pontiac du corridor aurifère interprété.

La présence de traces axiales de plis synformes et antiformes dans la partie NW du Pontiac est aussi un élément pouvant être valorisé (**Figure 29**). Les traces axiales de ces plis pourraient représenter des cibles de premier choix pour la recherche de gisements d'or dans le Pontiac. Rappelons, qu'il s'agit du métallotecte principal des minéralisations aurifères encaissées dans les turbidites (ex. Meguma et Victoria) grâce au piégeage de la minéralisation dans les charnières surtout antiforme des plis.

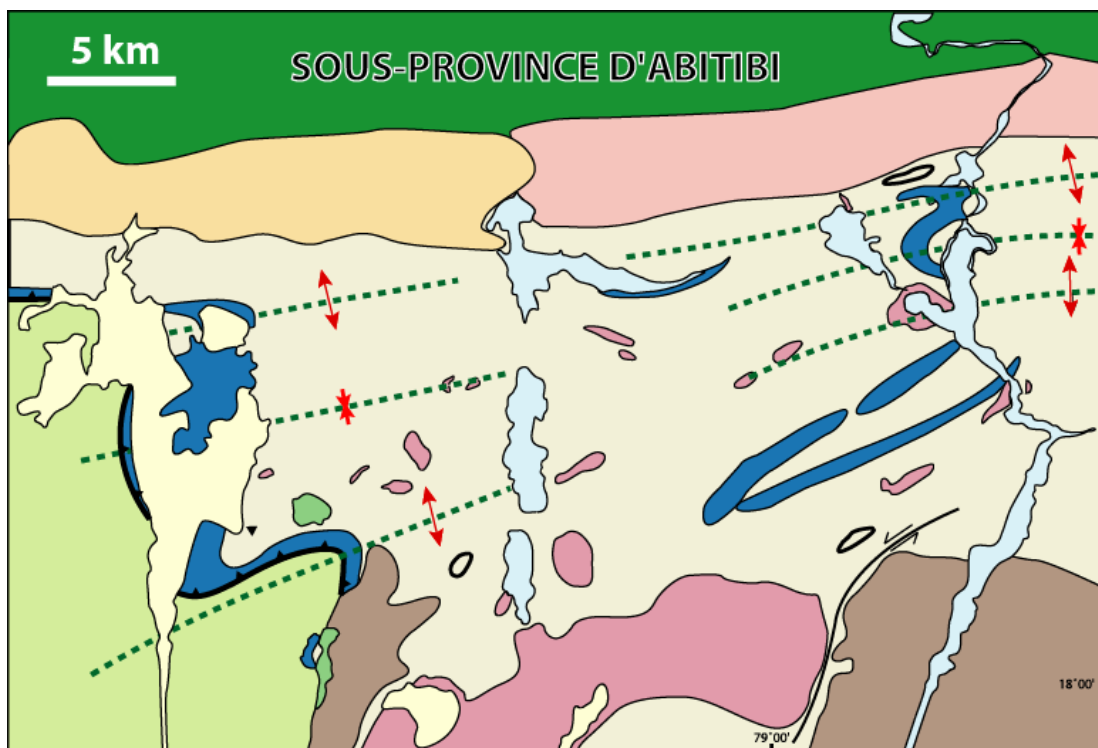


Figure 29. Carte structurale dans la partie NW de la Sous-province de Pontiac montrant la position des traces axiales (modifiée de Ghassemi, 1996). Les traces axiales sont considérées comme un guide d'exploration pour la recherche des gisements d'or associés aux turbidites.

3.3 Altération

Bien que l'altération associée aux minéralisations aurifères soit généralement de faible étendue en bordure des gisements filoniens, cette altération peut devenir plus significative lorsqu'en présence de minéralisations disséminées. Existe-t-il des altérations hydrothermales typiques des gisements d'or associés aux turbidites dans la Sous-province de Pontiac? La compilation des données de forages et de SIGÉOM disponibles dans le secteur en question a révélé la présence de minéraux d'altération tels que la chlorite, la séricite et des phases carbonatées (ankérite et dolomite). Le peu de données lithogéochimiques disponibles dans le secteur (**Figure 30**) a été traité par le logiciel Normat (Piché et Jebrak, 2004). Les résultats du traitement révèlent la présence d'indices d'altération correspondant à la carbonatation, à la séricitisation et à la chloritisation (**Figure 31**).

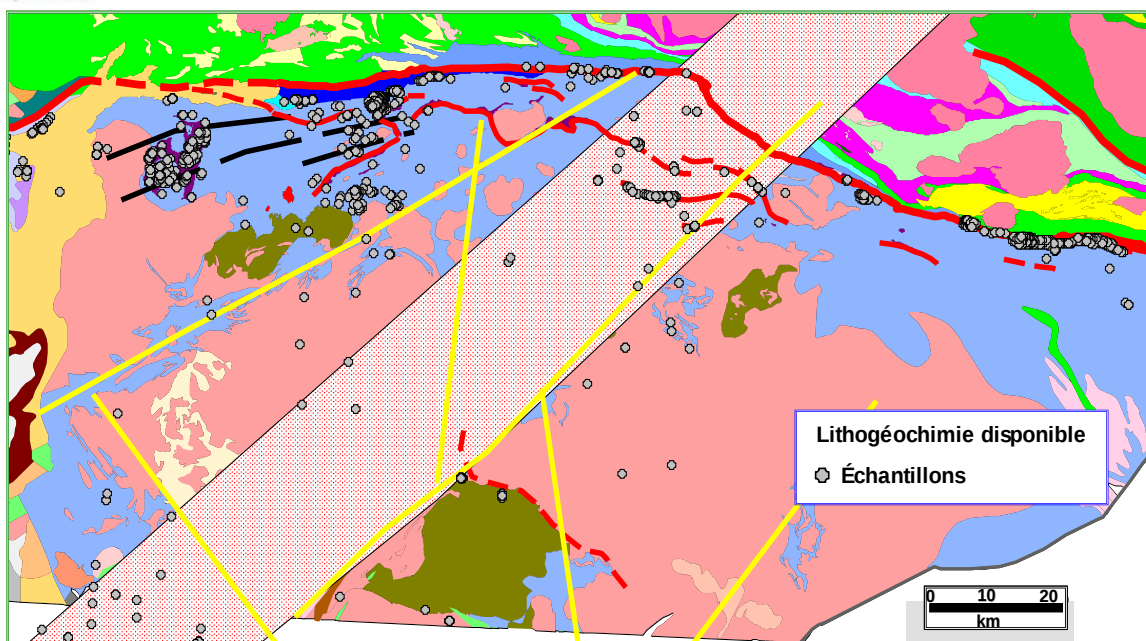


Figure 30. Carte géologique de la Sous-province de Pontiac illustrant la quantité et la localisation des échantillons possédant une analyse lithogéochimiques.

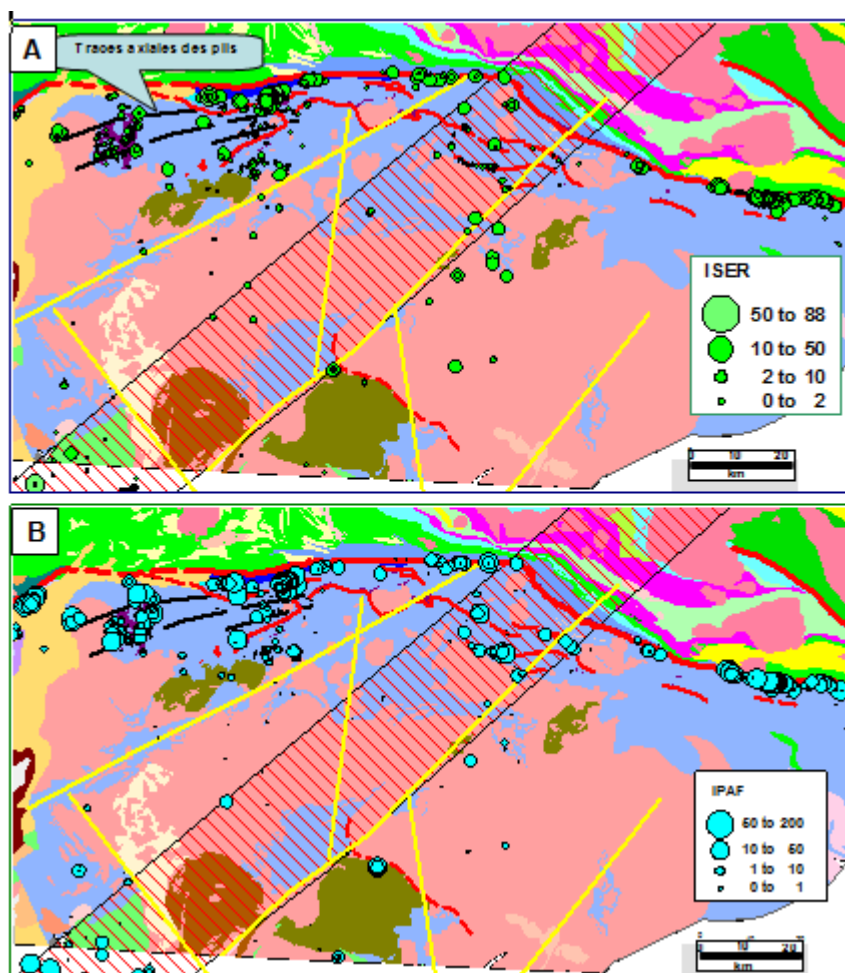


Figure 31. Carte illustrant les indices d'altérations ISER (A) et IPAF (B) calculés par le logiciel Normat.

Selon la banque de données SIGEOM, l'un des minéraux d'altérations les plus communs, est le talc. Ce dernier est concentré le long des failles et où il y a présence de roches ultramafiques. Il est probablement produit par l'altération des minéraux ferromagnésiens (ex. olivine) qui forment les bandes ultramafiques. La carte des concentrations aurifères dans les tills présentée à la **Figure 32** montre de fortes concentrations aurifères dans le secteur sud de Malartic soit la zone correspondant au corridor aurifère proposé ceci bien que la couverture des levés (cf. : SIGEOM) ne soit pas homogène.

L'association du talc, des carbonates (indice IPAF) et de l'or dans le Pontiac (**Figure 32**) permet de faire une comparaison avec les listwaenites. Ces dernières correspondent à des serpentinites silicifiées et carbonatées (Mg-Fe-Ca) qui contiennent du talc. Elles sont associées à des teneurs aurifères économiques concentrées dans des veines de quartz (**Figure 33**). Les listwaenites se trouvent généralement dans des complexes ophiolitiques, comme ceux de Voltri-Liguria en Italie (Zuffardi, 1977) et d'Arabian Shield (Pallister et al., 1987). Est-ce que les bandes ultramafiques de la partie nord de la Sous-province de Pontiac pourraient agir comme des équivalents aux séquences ophiolitiques? Il est difficile en ce moment de répondre à la question, mais il s'agit d'un modèle à ne pas négliger.

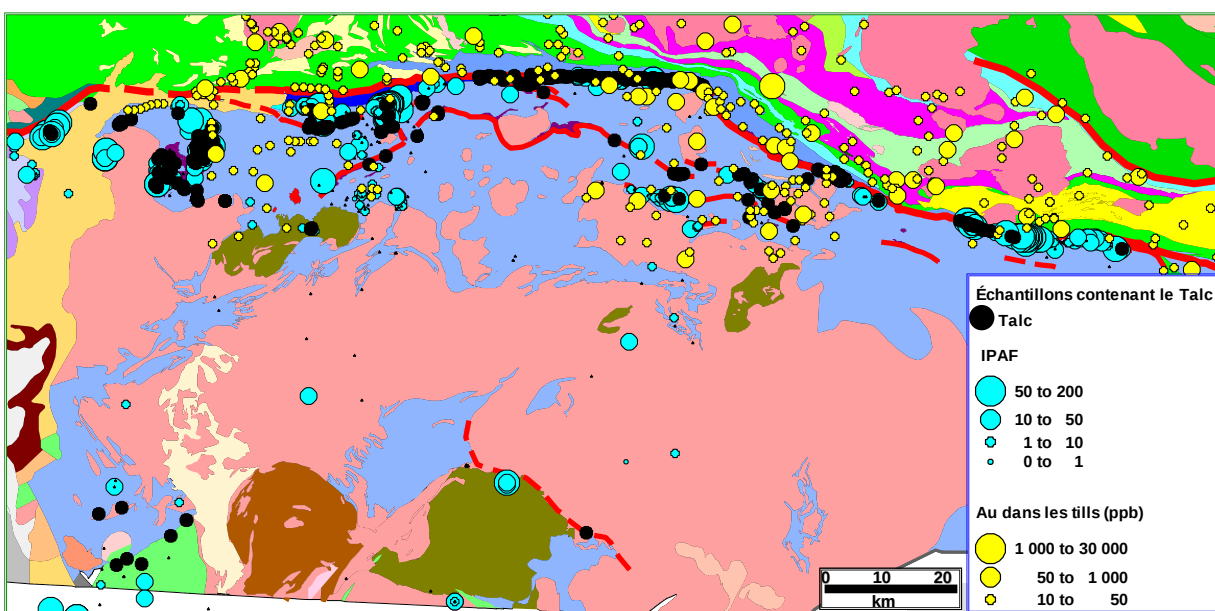


Figure 32. Carte illustrant l'association étroite entre l'or, le talc et l'indice IPAF.

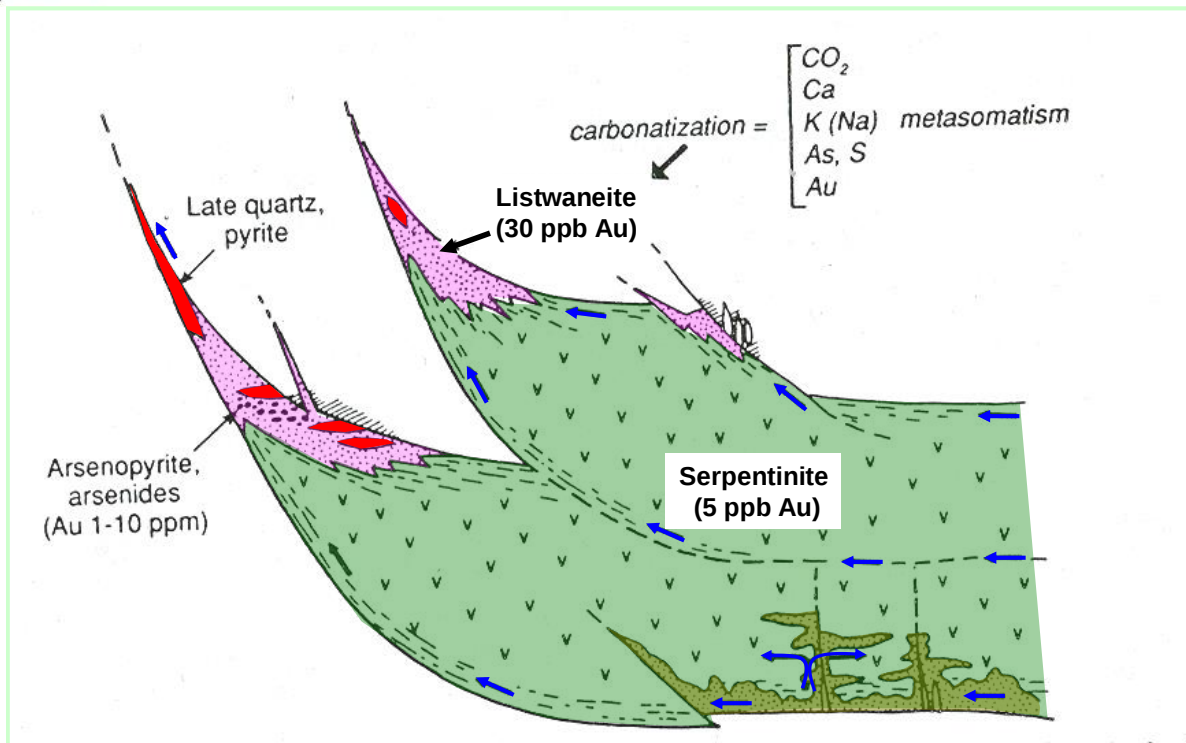


Figure 33. Schéma illustrant l'enrichissement des Listwanite en or suite à un lessivage progressif des serpentinites (modifié de Buisson et Leblanc, 1986).

4 Conclusion

Malgré le peu d'information géoscientifique au sein de la Sous-province de Pontiac, il est possible de conclure que cette unité a un potentiel économique non négligeable. En effet, la compilation des indices minéralisés dans la Sous-province du Pontiac (**Figure 34**) révèle la présence d'une grande variété de styles de minéralisations aurifères et par conséquent, le grand intérêt que cela peut susciter pour l'exploration.

La présente étude a montré que le potentiel est favorable dans la Sous-province de Pontiac pour trouver des exemples de gisements d'or associés aux séquences turbiditiques. L'intégration des données géologiques (nature des roches hôtes), structurales (contexte tectonique, linéaments topographiques et géophysiques) et géochimiques (nature des altérations et anomalies géochimiques des tills) permettent de définir des secteurs d'intérêt pour l'exploration. Les cibles d'exploration sont : **1-** le contact sud des roches sédimentaires avec la Faille de Cadillac, **2-** le corridor aurifère NE passant par Malartic, **3-** les bandes ultramafiques et **4-** les traces axiales des plis dans la partie nord-ouest de la sous-province.

L'approche par analogies entre les caractéristiques des gisements aurifères associés aux turbidites documentés dans la littérature et celles du Pontiac reste la meilleure approche pour mettre en évidence certaines zones cibles dans la sous-province. Les secteurs potentiels doivent être précisés avec des travaux sur le terrain.

Il demeure que cette région a été globalement peu explorée. De nouvelles idées ou de nouveaux modèles d'exploration pourrait permettre de valoriser ce territoire qui présente plusieurs caractéristiques pouvant se comparer avec les terrains turbiditiques abritant des gisements de classe mondiale.

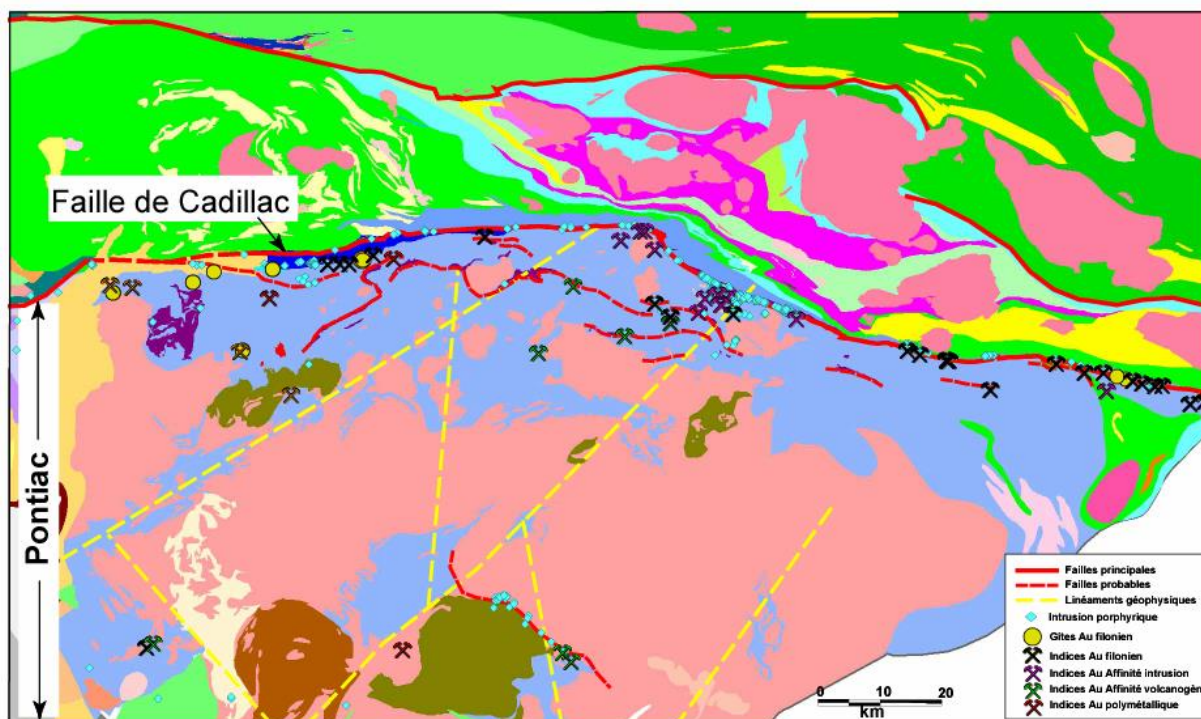


Figure 34. Carte géologique de la Sous-province de Pontiac illustrant la position des indices et des gîtes d'or compilés à partir du SIGEOM.

REMERCIEMENTS

Je remercie Réal Daigneault qui a grandement contribué aux idées sur le contexte tectonique et le contrôle structural des lithologies et des minéralisations dans la Sous-province de Pontiac. Celles-ci ont permis de bien orienter le projet. Mes remerciements vont également à Isabelle Lapointe pour la synthèse des différents indices aurifères dans la Sous-province et pour la lecture et la mise en page du document.

5 Références

- Allibone, A., McCuaig, C.T., Harris, D., Etheridge M., Munroe, S., Byrne, D., Amanor, J., et Gyapong, W., 2002a. Structural controls on gold mineralization at the Ashanti Gold Deposit, Obuasi, Ghana. In: Goldfarb, R.J., Neilson, R.L. (Eds.), *Integrated Methods for Discovery: Global Exploration in the 21st Century*. Society of Economic Geologists Special Publication 9: 65–93.
- Barnicoat, A.C., Henderson, I.H.C. Knipe, R.J., Yardley, B.W.D., Napier, R.W., Fox, N.P.C., Kenyon, A.K., Muntingh, D.J. Strydom, D., Winkler, K.S. Lawrence, S.R., et Cornford, C., 1997. Hydrothermal gold in the Wiwatersrand basin. *Nature*, 386: 820-824.
- Bastrakov, E.N., Cassidy, K.F., et Shvarov, Y.V., 2000. Gold transport at Archaean lode gold deposits: Gold solubility along the rock-buffered pathways. Searching for a sustainable future - 15th Australian Geological Convention, Sydney. Geological Society of Australia, Abstracts 59: 25.
- Begbie, M.J. et Craw, D., 2006. Geometry and petrography of stockwork vein swarms, Macraes mine, Otago Schist, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 49 : 63-73.
- Berger, B.R., Drew, L.J., Goldfarb, R.J., et Snee, I.W., 1994. An epoch of gold riches: The Late Paleozoic in Uzbekistan, Central Asia: *SEG Newsletter*, no. 16 p. 1-11.
- Bierlein, F.P., et Crowe, E., 2000. Phanerozoic orogenic lode gold deposits. *Economic Geology Reviews*, 13: 103-139.
- Bierlein et Maher, 2001. Orogenic disseminated gold in phanerozoic fold belts – examples from Victoria, Australia and elsewhere. *Ore Geology Reviews*, 18: 113-148.
- Bierlein, F.P., Fuller, T., Stüwe, K., Arne, D.C., et Keays, R.R., 1998. Wallrock alteration associated with turbidite-hosted gold deposits — examples from central Victoria, Australia. *Ore Geology Reviews* 13, 345–380.
- Bierlein, F.P., Christie, A.B., et Smith, P.K., 2004. A comparison of orogenic gold mineralisation in central Victoria (AUS), western South Island (NZ) and Nova Scotia (CAN): implications for variations in the endowment of Palaeozoic metamorphic terrains. *Ore Geology Reviews*, 25: 125-168.
- Boyle, R.W. 1986. Gold deposits in turbidite sequences: their geology, geochemistry and history of the theories of their origin. Geological association of Canada special paper 32. In: *turbidite-Hosted Gold deposits*: 1-13.
- Buisson, G. et Leblanc, M., 1986. Gold-bearing listwaenites (carbonatized ultramafic rocks) from ophiolite complexes. In: *Metallogeny of basic and ultrabasic rocks* edited by Gallagher, M.J., Ixer, R.A., Neary, C.R. and Prichard, H.M. 121-131.
- Card, K. D., 1990 – A review of the Superior Province of the Canadian Shield, a product of Archean accretion. *Precambrian Research*, 48: 99-156
- Card, K. D, et Ciesielski, A., 1986 – DNAG No 1 Subdivision of the Superior Province of the Canadian Shield. *Geoscience Canada*, 13: 5-13.
- Christie, A.B. and Brathwaite, R.L. 2003. Hydrothermal alteration in metasedimentary rock-hosted orogenic gold deposits, Reefton goldfield, South Island, New Zealand. *Mineralium Deposita*, 38: 87-107.
- Christie, A.B., Bierlein, F.P., Arne, D.C., Ramsay, W.R.H., Ryan, R.J., et Smith, P.K., 1999. Comparison of lode gold deposits of the Buller Terrane, Western South Island to similar deposits in Victoria, Australia and in Nova Scotia, Canada. *New Zealand Mining*, 26: 43-55.
- Christie, A.B., Corner, N.G., Bierlein, F.P., Smith, P.K., Ryan, R.J., et Arne, D.C., 2000. Disseminated gold at Reefton, South Island, New Zealand, compared with similar occurrences in Victoria, Australia, and Nova Scotia, Canada. *New Zealand Mining* 28: 25– 35.

- Clarke, D.B., Charterjee, D.B., et Giles, P.S., 1993. Petrochemistry, tectonic history, and Sr-Nd systematics of the Liscomb Complex, Meguma Lithotectonic Zone, Nova Scotia. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30. pp. 449-464
- Cosgrove, J.W., 1993. The interplay between fluids, folds and thrusts during the deformation of a sedimentary succession. *Journal of Structural Geology*, 15 : 491-500.
- Cox, S.F., V.J. Wall, M.A. Etheridge et Potter, T.F., 1991. Deformational and metamorphic processes in the formation of mesothermal vein-hosted gold-deposits - examples from the Lachlan Fold Belt in central Victoria, Australia. *Ore Geology Reviews*, 6 : 391-423.
- Craw, D., Windle, S.J. et Angus, P.V., 1999. Gold mineralization without quartz veins in a ductile-brittle shear zone, Macraes Mine, Otago Schist, New Zealand. *Mineralium Deposita*, 34: 382-394.
- Daigneault, R. et Archambault, G., 1990. Les grands couloirs de deformation de la sous-province de l'Abitibi. *Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 43*: 43-64.
- Daigneault, R., Muller, W. 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: 261-290.
- de Ronde, C.E.J., Faure, K., Bray C.J., et Whitford D.J., 2000. Round Hill Shear Zone-Hosted Gold Deposit, Macraes Flat, Otago, New Zealand: Evidence for a Magmatic Ore Fluid. *Economic Geology* 95: 1025-1048
- Distler, V.V., Yudovskaya, M.A., Mitrofanov, G.L., Prokof'ev, Yu.V, et Lishnevskii, E.N., 2004. Geology, composition, and genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia. *Ore Geology Reviews*, 24: 7-44
- Drew, L.J., Berger, B.R., et Kurbanov, N.K., 1996. Geology and structural evolution of the Muruntau gold deposit, Kyzylkum desert, Uzbekistan. *Ore Geology Reviews*, 11: 175-196.
- Feybesse, J.-L., Billa, M., Guerrot, C., Duguey E, Lescuyer, J.-L., Milesi, J.-P., et Bouchot, V., 2006. The paleoproterozoic Ghanaian province: Geodynamic model and ore controls, including regional stress modeling. *Precambrian Research* 149 : 149-196.
- Fouillac, A.M., Dommanget, A., et Milesi, J.P., 1993. A carbon, oxygen, hydrogen and sulfur isotopic study of the gold mineralization at Loulo, Mali. *Chemical Geology*, 106 : 47-62.
- Fyfe, W.S., Price, N.J., et Thompson, A.B., 1978. *Fluids in the Earth's Crust*. Elsevier, Amsterdam. 383 p.
- Gao, Z.L., et Kwak, T.A.P., 1995. Turbidite-hosted gold deposits in the Bendigo-Ballart and Melbourne zones, Australia. I. Geology, mineralization, stable isotopes, and implications for exploration: *International Geology Reviews*, 37: 910-944.
- Ghassemi, M.R., 1996. Tectonic evolution of the late Archean Pontiac Subprovince, Superior Province, Canada; structural, metamorphic, and geochronological studies. University of Ottawa, ON. Canada. 320 pages.
- Goldcorp Inc., 2007. Mineral Resource Estimation Eleonore Gold Project, Quebec, 3CG006.005
- Goldfarb, R.J., Phillips, G.N., et Nokleberg, W.J., 1998. Tectonic setting of synorogenic gold deposits of the Pacific rim: *Ore Geology Reviews*, 13: 185-218.
- Goldfarb, R.J., Groves, D.I., et Gardoll, S., 2001a. Rotund vs. skinny orogens: well nourished or anorexic gold? *Geology*, 29: 539-542.
- Goldfarb, R.J., Groves, D.I., et Gardoll, S., 2001b. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews*, 18: 1-75.
- Goldfarb, R.J., Baker, T., Dubé, B., Groves, D.I., Hart, C. J.R., et Gosselin, P., 2005. Distribution, Character, and Genesis of Gold Deposits in Metamorphic Terranes. *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 407-450.

- Groves, D.I., 1993. The crustal continuum model for late-Archaeon lode-gold deposits of the Yilgarn Block, Western Australia. *Mineralium Deposita*, 28(6): 366. 374. doi:10.1007/BF02431596.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., and Robert, F., 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, 13: 7-27.
- Hocq, M., 1990. Carte lithotectonique des Sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac. MRNF, Qc. DV 89-04
- Hocq, M., et Verpaest, P., 1994 – Les sous-Province de l'Abitibi et du Pontiac. *Dans : Géologie du Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MM 94-01 : 20-37.*
- Kempe, U., Beltyatsky, B.V., Krymsky, R.S., Kremenetsky, A.A., et Ivanov, P.A., 2001. Sm-Nd and Sr isotope systematics of sheelite from the giant Au(-W) deposit Muruntau (Uzbekistan) : implications for age and sources of Au mineralization. *Mineralium Deposita*, 36: 279-392.
- Keppie, J. D., 1976. Structural model for the saddle-reef and associated gold veins in the Meguma group, Nova Scotia. *CIM Bulletin*, October: 103-116
- Keppie, J.D., Dallmeyer, R.D., 1995. Late Paleozoic collision, delamination, short-lived magmatism and rapid denudation in the Meguma Terrane_Nova Scotia, Canada.: Constraints from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic data. *Can. J. Earth Sci.*, 32: 644–659.
- Kerrick, R., Goldfarb, R.J., et Richards, J., 2005. Metallogenic provinces in an evolving geodynamic framework: *Economic Geology*, 100TH Anniversary Volume, p. 1097–1136.
- Kurbanov, N.K., Romanov, V.I., Arifulov, C.H., Gureikin, N.Y., Kuskhev, V.I., Vikhter, B.Y., Khazan, K.E., et Kucherevsky, P.G., 1991. Geological guidebook to the gold deposits of Uzbekistan: Moscow, TsNIGRI, Unpublished manuscript, 19p. (for the U.S.G.S) [cité par Wilde et al. 2001]
- Li, X., Kwak, T.A.P et Brown, R.W., 1998. Wallrock alteration in the Bendigo gold ore field, Victoria, Australia; uses in exploration. *Ore Geology Reviews*, 13: 381-406.
- Loucks, R.R., et Mavrogenes, J.A., 1999. Gold solubility in supercritical hydrothermal brines measured in synthetic fluid inclusions. *Sciences*, 284: 2159-2163.
- Ludden, J.N. et Hynes, A., 2000. The lithoprobe Abitibi-Grenville transect; two billion years of crust formation and recycling in the Precambrian Shield of Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 37: 459-476.
- Manapi, B.S.E., et Wilson, C.J.L., 1994. Structural evolution and gold mineralisation in the scotchmans fault zone, Magdala gold mine, Stawell, western Victoria, Australia. *Economic Geology*, 89: 566-583.
- Mao, J., Konopelko, D., Seltnann, R., Lehmann, B., Chen, W., Wang, Y., Eklund, O., et Usabaliev, T., 2004. Postcollisional Age of the Kumtor Gold Deposit and Timing of Hercynian Events in the Tien Shan, Kyrgyzstan. *Economic Geology*, 99: 1771–1780.
- Mawer, C.K. 1986. The bedding-concordant gold-quartz veins of the Meguma Group, Nova Scotia. Geological association of Canada, paper 32. In : *turbidite-Hosted Gold Deposits*, 135-148.
- McFarlane, C.R.M., Tomkins, A.G., et Mavrogenes, J., 2006. Seeing a hydrothermal Au deposit through the veil of partial melting: Physical and geochemical constraints on precursor mineralization at Challenger, South Australia. *GAC-MAC Annual Meeting, Program with abstracts Volume 31: 100.*
- McKeag, S.A., et Craw, D., 1989. Contrasting fluids in gold-bearing quartz vein systems formed progressively in a rising metamorphic belt: Otago Schist, New Zealand. *Economic Geology*, 84: 22–33.
- McMillan, R.H., 1996. Turbidite-hosted Au Veins. In: Lefebvre, D.V. and Höy, T., *Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles, Volume 2 – Metallic Deposits*. British Columbia Ministry of Employment and Investment, Open File 1996-13, p. 59-62.

- Milési, J.P., Ledru, P., Feybesse, J.L., Dommange, A., et Marcoux, E., 1992. Early Proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian orogenic belt, West Africa. *Precambrian Research*, 58: 305-344
- Miller, L.D., Goldfarb, R.J., Snee, L.W., Gent, C.A., et Kirkham, R.A., 1995. Structural geology, age, and mechanisms of gold vein formation at the Kensington and Jualin deposits, Berners Bay district, southeast Alaska. *Economic Geology*, 90: 343-368.
- Nabil, H., 2007. Zonalité et typologie de la carbonatation pour les minéralisations Au-MB – Phase 2. Rapport du projet CONSOREM 2006-04, 34p.
- Oberthür, T., Schmidt Mumm, A., Vetter, U., Simon, K., et Amanor, J.A., 1996. Gold Mineralization in the Ashanti Belt of Ghana: Genetic Constraints of the Stable Isotope Geochemistry. *Economic Geology*, 91: 289-301.
- Offler, R., Mcknight, S.W., et Morand, V., 1998. Tectono-thermal history of the western Lachlan fold belt – insights from white mica studies. *Journal of Metamorphic Geology*, 16: 531-540.
- Pallister, J.S., Stacey, J.S., Fischer, L.B. et Premo, W.R., 1987. Arabian shield ophiolites and late Proterozoic microplate accretion. *Geology*, 15 : 320-323.
- Petrie, B.S. et Craw, D., 2005. Lithological controls on structural evolution of mineralised schist, Macraes gold mine, Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 48: 435-446.
- Piche, M. et Jebrak, M., 2004. Normative minerals and alteration indices developed for mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 82: 59-77.
- Phillips, G.N., et Hughes, M.J., 1996. The geology and gold deposits of the Victorian gold province. *Ore Geology Reviews*, 11: 255-302.
- Prada, S.G., 2002. The lithogenic Nature of Some Gold Deposits in Carbonaceous-Terrigenous Sequences. *Lithology and Mineral Resources*, 37: 239-250.
- Ramsay, J.G., 1974. Development of chevron folds. *Bulletin of the geological Society of America*, 85: 1741-1754.
- Ramsay, W.R.H., Bierlein, F.P., Arne, D.C., et Vandenberg, A.H.M., 1998. A review of turbidite-hosted gold deposits, central Victoria: Regional setting styles of mineralisation and genetic constraints: *Ore Geology Reviews*, 13: 131-151.
- Ravenelle, J.-F., Dubé, B., Malo, M., McNicoll, V., Simoneau, Doyon, J. et Bécu, V. 2007. Géologie du gisement aurifère Roberto, propriété Éléonore, Baie James, Québec. Québec Exploration 2007 : Résumé des conférences et des photoprésentations.
- Ravenelle, J.-F., Dubé, B., Malo, M., McNicoll, V., Thiboutot, H., Archer, P., Bandyayera, D., et Gauthier, M. 2006. Géologie du gisement aurifère de Roberto, propriété Éléonore, Baie-James, Québec. Québec Exploration 2006 : Résumé des conférences et des photoprésentations, p. 12.
- Ridley, J., et Diamond, L.W., 2000. Fluid Chemistry of Orogenic Lode Gold Deposits and Implications for Genetic Models. *Economic Geology Reviews*, Gold in 2000 : 141-161
- Rive, M., 1975. Géologie des lacs Simard, Winawash et Decelles (Comtés de Temiscamingue et de Pontiac). DP 338, 1 carte /3F (échelle 1/63 360) et 1 légende, 16 pages.
- Rive, M , Pintson, H, et Ludden, J. N., 1990. Characteristics of late Archean plutonic rocks from the Abitibi and Pontiac subprovinces, Superior Province, Canada. Dans : La ceinture polymétallique du NW québécois: Synthèse de 60 ans d'exploration minière, ICM volume spécial no 43 : 65-76.
- Ryan, R.J., et Smith, P.K., 1998. A review of the mesothermal gold deposits of the Meguma Group, Nova Scotia, Canada. *Ore geology Reviews*, 13: 153-183.

- Sandiford, M., et Keays, R., 1986. Structural and tectonic constraints on the origin of gold deposits in the Ballart Slate Belt, Victoria. In turbidite-hosted gold deposits. Edited by J. Duncan Keppie, R.W. Boyle and S.J. Haynes. Association Geological of Canada, 185 pages.
- Sangster, A.L., et Smith, P.K., 2006. Metallogenic summary, Meguma gold deposits. Mineral Deposits of Canada: http://gsc.nrcan.gc.ca/mindep/metallogeny/gold/meguma/index_e.php
- Sawyer, E.W., and Barnes, S.-J., 1994. Thrusting, magmatic intraplate, and metamorphic core complex development in the Archaean Bellefleur-Angliers Greenstone Belt, Superior Province, Quebec, Canada: Precam. Res., v. 68, p. 183.
- Shayakubov, T., Kremenetsky, A. et Minzer, E., 1999. The Muruntau ore field. In: Shayakubov, T., Islamov, F., Kremenetsky, A. & Seltsmann, R. (eds); Au, Ag, and Cu deposits of Uzbekistan. Excursion guidebook to the International Field Conference of IGCP-373; p. 37-74.
- Sibson, R.H., et Scott, J., 1998. Stress / fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska; Victoria, Australia and Otago, New Zealand.
- Tomkins, A.G. 2007. Three mechanisms of ore re-mobilisation during amphibolite facies metamorphism at the Montauban Zn–Pb–Au–Ag deposit. Mineralium Deposita, 42: 627-637.
- Tomkins, A.G. et Mavrogenes, J.A., 2002. Mobilization of Gold as Polymetallic Melt during Pelite Anatexis at the Challenger Deposit, South Australia: A Metamorphosed Archean Gold Deposit. Economic Geology. 97: 1249-1271.
- Tomkins, A.G., Pattison, D.R. et Zaleski, E., 2004. The Hemlo Gold Deposit, Ontario: An Example of Melting and Mobilization of a Precious Metal-Sulfosalt Assemblage during Amphibolite Facies Metamorphism and Deformation. Economic Geology, 99: 1063-1084.
- Trudel, P. et Sauvé, P., 1992. Synthèse des caractéristiques géologiques des gisements d'or du district de Malartic. Ministère de l'énergie et des ressources, Québec, MB 89-04, 113 p.
- Tunks, A.J., Selley, D., Rogers, J.R., et Brabham, G., 2004. Vein mineralization at the Damang Gold Mine, Ghana: controls on mineralization. Journal of Structural Geology, 26: 1257–1273.
- Widale, A.R., Layer, P., Mernagh, T., et Foster, J. 2000. The giant Muruntau gold deposit : why is it so large ? Geological Society of Australia Abstracts 59 : 539.
- Wilde, A.R., Layer, P., Mernagh, T., et Foster, J. 2001. The giant Muruntau gold deposit: Geologic, Geochronologic, and Fluid Inclusion Constraints on Ore Genesis. Economic Geology, 96: 633-644.
- Willman, C.E., 2007. Regional structural controls of gold mineralisation, Bendigo and Castlemaine goldfields, Central Victoria, Australia. Mineralium Deposita, 42: 449-463.
- Windh, J., 1995. Saddle reef and related gold mineralization, Hill End Gold Field, Australia: Evolution of an auriferous vein system during progressive deformation. Economic Geology, 90 :1764-1775.
- Witt, W., 1993. Gold mineralisation in the Menzies – Kambalda region, Eastern Goldfields, Western Australia. Geological Survey of Western Australia, Report 39.
- Yakubchuk, A. S., Shatov, V. V., Kirwin, D. Edwards, A., Tomurtogoo, O., Badarch, G., et Buryak, V.A., 2005. Gold and Base Metal Metallogeny of the Central Asian Orogenic Supercollage, Economic Geology 100th Anniversary Volume, 1035-1068.
- Zuffardi, P., 1977. Ore mineral deposits related to Mesozoic ophiolites in Italy. In: Time-and strata-bound ore deposits edited by Klemm, D.D., and Schneider

ANNEXE I. CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX DISTRICTS ET/OU GISEMENTS AURIFERES DANS LES CEINTURES METASEDIMENTAIRES TURBIDITIQUES.

Gisement ou district Production/réserves & teneur	Roches hôtes	Style	Style de déformation & Contrôles structuraux	Structure régionale	Métamor- phisme	Altération	Minéraux/suite métallique (s)	Âge (Ma)
Fosterville¹ : Ceinture de Lachlan 10 t Au	Grès-mudstones : Ordovicien	Stockwerk, brèche et sulfures disséminés	Plis droits serrés, fracturation, bréchification, failles et cataclases Dans les grès, associé à des failles abruptes inverses (crêtes de plis)	Fosterville Fault	Schistes verts inférieur	QZ-SR-SF- CB	AS, PY ± SB	~440
Bendigo Goldfield² : Ceinture de Lachlan * 540 t Au @ ~ 13 g/t	Grès-mudstones : Ordovicien	VQZ	Plis droits en chevron serrés, clivage, fracturation et failles Zones de dilatation et failles associées au plissement par flexure	Anticlinal Deborah & Faille Whitelaw	Schistes verts	SR-SF-CB	AS, PY ± SP, GL, CP	~440
Stawell¹ : Ceinture de Lachlan 92 t Au	Grès-mudstones : Ordovicien	Zones de remplacement à SF	Zones de cisaillement et failles inverses Zones de cisaillement au contact volcanites / roches sédimentaires (contrastes de compétences)	Zone de faille Stawell-Ararat & Antiforme Magdala	Schistes verts à amphibolites inférieures	RL-SE CL-CB-SR	AS, PY, PO ± CP, SP, GL MG, SB, TT, BN, CT	~440
Reefton Goldfield³ : Terrain de Buller ** 67 t Au @ ~16 g/t	Grès-mudstones : Ordovicien	VQZ	Plis droits serrés, cisail- lés et faillés, clivage, frac- turation, fail- les abruptes	Zones de cisaillement subparallèles au clivage de plan axial	Schistes verts	SR-SF-CB	Au-As	438-386
		Stockwerk, brèche et sulfures disséminés	Dans les unités massives non cisailées de grès et siltstones Surfaces axiales avec flexures et/ou kinks	Globe-Progress shear		QZ-illite	AS ± PY, SB	
Meguma⁴ : Appalaches, N.-É. *** 47 t Au @ 7-16 g/t	Grès-mudstones : Cambro-Ordovicien	VQZ	Plis droits ou- verts à ser- rés, clivage, schistosité, kink bands et failles	Zones de dilatation et failles associées au plissement par flexure	Schistes verts	SR-SF-CB	AS, PO, PY, GL, CP ± SW, EL	415-362
		Sulfures disséminés	Dans les grès et shales	Ex. Anticlinaux de Goldenville, et de Dufferin				

¹ Bierlein et al., 2004; Goldfarb et al., 2005

placers aurifères

² Bierlein et al., 1999 2004; Goldfarb et al., 2005; Willman, 2007

placers aurifères

³ Christie et al., 1999; Christie et Brathwaite, 2003; Bierlein et al., 2004

⁴ Ryan et Smith, 1998 ; Bierlein et al., 2004; Sangster et Smith, 2006
veine seulement

* Exclue les

** Pour le type veine seulement et exclue les

*** Pour le type

Gisement ou district Production/ réserves & teneur	Roches hôtes	Style	Style de déformation & Contrôles structuraux	Structure régionale	Métamor- phisme	Altération	Minéraux/suite métallique (s)	Âge (Ma)
Macraes ¹ : Otago Schist 251 t Au @ 1,2 g/t	Metasédiments QZ- FP (schistes)	<i>Zones de remplacement à SF</i>	Cisaillements à déformation intense, sub-parallèles à la surface axiale (pli régional couché) Associées à des schistes à micas	Zone de déformation Hyde-Macraes (pendage à 15°)	Schistes verts	AK-SF-RL-GP ± QZ	AS-PY-CP-SP	Jurassique supérieur à Crétacé inférieur
		VQZ et zones de stockwerk	Associés à la fracturation dans les zones plus compétentes (sub-verticaux) et à des schistes FP			AB- CL-CC- QZ		
Alaska-Juneau ² : Cordillère Nord- américaine 281 t Au @ 1,42 g/t	Siltstones à QZ-SR et shales noirs carbonatés et graphiteux : Jurassique à Crétacé	VQZ et stringers	Systèmes de veines favorablement développés aux contacts des métasédiments avec des lentilles d'amphibolites (dykes et filons-couches de gabbro).	Mégalinéament Coast Range & Faille Silverbow	Schistes verts supérieur	CB-TL-BO-CL	PO, PY, AS, GL, SP, CP	53-57
Muruntau ³ : Tien Shan 5 290 t Au @ 3,5-4,0 g/t	Shales noirs pyriteux dans une séquence de grès et siltstones carbo- natés : Ordovicien - Silurien	VQZ et stockwerk	Courbure du système de failles régional et intersection de deux zones de cisaillement (E-W & NE-SW) Fracturation et développement de failles fragiles dans le cœur d'un pli en Z associé au cisaillement E-W Perméabilité : schistosité, clivage de plan axial, fracturation	Système de failles Tamdytau- Nuratau	Schistes verts & amphibolites (auréole de contact)	BO-CL-TL- SR-AB-CB- AP-FK	PY, AS, PO, SW ± BM, MS, Bi- Te, GL, SP, CP, MO, WF, MG, IM, sélénites	286-279
Kumtor ⁴ : Tien Shan 284 t Au @ 4,41 g/t	Shales et shales noirs dans une séquence de mudstones-grès : Néoprotérozoïque	Stockwerk et sulfures disséminés	Dans le toit de la zone de faille Kumtor Système de failles et de cisaillements associé à la zone de faille Kumtor.	Linéament Nikolaev	Schistes verts inférieur	QZ-CB-AB- FK-RL	PY ± CP, BR, SW, HM, GL, SP, TT, Bi-Te	290-285
Olimpiada ⁵ : Yenisei Ridge, Siberian Craton 700 t Au @ ~ 10,9 g/t	Shale noir dans des micaschistes / Néoprotérozoïque	Sulfures disséminés	Plis superposés, clivage et failles discordantes Minéralisation dans les flancs et charnières P ₂ : meilleure concentration dans les charnières	Faille Tatar	Amphibolites (auréole de contact)	SR-QZ-CB Altération supergène : Ka-	AS, PY, PO, SB, SW	800-600
Sovetskoe ⁵ : Yenisei Ridge, Siberian Craton 100 t Au @ 4,97 g/t	Shales carbonatés : Néoprotérozoïque	VQZ		Faille Ishimbin & Anticlinal Yenisey ridge	Schistes verts	CB-MV-CL- TL-AB-QZ	AS, PY, PO ± GL, SP, CP, BiO ₃ (Ag,Cu) ₁₂ (Sb,As) 4S ₁₃	850-810

¹ Craw et al., 1999; de Ronde et al., 2000; Goldfarb et al., 2005; Petrie et Craw, 2005; Begbie et Craw, 2006

² Goldfarb et al., 2005, Goldfarb et al., 1998

³ Drew et al., 1996; Kempe et al., 2001; Wilde et al., 2001; Yakubchuk et al., 2005; Goldfarb et al., 2005

⁴ Mao et al., 2004; Goldfarb et al., 2005; Yakubchuk et al., 2005

⁵ Yakubchuk et al., 2005; Goldfarb et al., 2005

Gisement ou district Production/réserves & teneur	Roches hôtes	Style	Style de déformation / contrôles structuraux et/ou particularité	Structure régionale	Métamor- phisme	Altération	Minéraux/suite métallique (s)	Âge (Ma)
Sukhoi Log¹ : Province de Lena, Siberian Craton 1 029 t Au @ 2,75 g/t	Shales noirs pyriteux, mudstone- grès : Néoprotérozoïque	Sulfures disséminés et VQZ	Chevauchement régional, plissement (au moins 2 phases) et failles de chevauchement secondaires Dans le cœur d'un anticlinal (P ₂) associé à une faille de chevauchement secondaire (dans le toit de la faille)	Synclinorium de Bodaibo Baikal rift zone	Schistes verts	CB-SR-CL- QZ	PY ± GL, PO, CP, SP, PD, CE, AS, NiTe ₂ , NiAsS, Bi-Te	350-320
Ashanti² : Ceinture d'Ashanti, Craton Africain occidental 2 070 t Au @ 4,73 g/t	Métawackes, argillites et mafites : Paléoprotérozoïque (Supergroupe Birimien)	VQZ et sulfures disséminés	Chevauchement régional et plissement, foliation régionale pénétrative (schistes) Failles au contact roches sédimentaires et volcaniques / Flexures dans l'orientation des failles / Intersection des failles (inverses) avec des plis droits / Charnières de plis où se développent des veines de tensions, des failles et cisaillements locaux et des stockwerks.	Faille majeure Konongo- Ashanti-Prestea	Schistes verts supérieur	AK-TL-SR-SF	AS, PY ± PO, CP, SP, GL, TH, PbCuSbS ₃ , TT, BN, SB, LO, Bi- Te	2135-1825
Damang³ : Ceinture d'Ashanti, Craton Africain occidental 129 t Au @ 1.8 g/t	Conglomérats et grès : Paléoprotérozoïque (Groupe de Tarkwa)	Paléoplacer aurifère : (~20%)	Minéralisation stratabound associée aux conglomérats quatrzo-lithiques et monogéniques de la Série de Banket, Groupe de Tarkwa.	Anticlinal et Faille de Damang (faille inverse)	Amphibolites		Au libre matriciel ± HM-MG détritiques	2063 – Protérozoï que précoce
	Grès, argillites et dolérites : Paléoprotérozoïque (Groupe de Tarkwa)	VQZ (~80%)	Déformation ductile-cassante progressive, plissement et démemberement de plis droits ouverts à serrés. Zone de culmination de l'anticlinal de Damang / failles ou cisaillements de plan axial / zones de mylonites graphiteuses / réseau de veines d'extension horizon-tales et de veines en cisaillement obliques / minéra-lisation préférentiellement développée dans les grès.			SR-QZ-CL- BO-CC-TL Halos d'arsénopyrite	AS, PY, PO ± CP, Te	
Loulo⁴ : Kenieba, Mali, Craton Africain occidental	Grès à TL ± shales et grès carbonaté : Paléoprotérozoïque (Supergroupe Birimien)	Stockwerk et sulfures disséminés	Minéralisation stratabound dans des grès à tourmaline (TL détritique) avec concentration pré-D1 de SF. Stockwerk QZ-CB associé au plissement		Schistes verts	QZ-CB-TL	PY ± AS, PO, CP	2200-2100
Roberto¹ : La Grande- Opinaca, Supérieur	Wackes ± conglom- érats : Archéen	Stockwerk et sulfures	Minéralisation dans une charnière de pli et stratabound	Contact Opinca – La Grande (fort)	Amphibolites moyen	TL-EP-QZ-SF AD-MV-CD	AS	Archéen

¹ Yakubchuk et al., 2005; Distler et al., 2004; Goldfarb et al., 2005

² Goldfarb et al., 2005; Bierlein et al., 1999; Oberthür et al., 1994; Allibone et al., 2002; Feybesse et al., 2006

³ Goldfarb et al., 2005; Tunks et al., 2004

⁴ Milési et al., 1992; Fouillac et al., 1993

~57 t Au (>1,8 Moz) @ 7,4 g/t**		disséminés		gradient métamorphique)	(minéralisation semble pré- peak)	FK		
Challenger² , Australie	Paragneiss (pélites) migmatisés : Archéen	Leucosomes + reliques de VQZ	Minéralisation pré-métamorphique remobilisée dans des leucosomes et contrôlée par des plis ptygmatisés (oreshoots parallèles aux axes de plis ptygmatisés).	?	Granulites (minéralisation pré-peak)	Pas d'assem- blage reconnu* Geiss proxi- maux enrichis en K ₂ O ± Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ et HFSE et appauvris en SiO ₂	PO, LO, AS, Bi	Archéen

¹ Archer, 2006; Ravenelle et al., 2006 et 2007, Goldcorp 2007
Goldcorp Inc.

² Tomkins et Mavrogenes, 2002; McFarlane et al., 2006

** Estimation des réserves de juin 2007,

* L'altération primaire aurait favorisée la fusion partielle dans les gneiss
minéralisés versus ceux non minéralisés moins affectés par la migmatisation.