



RAPPORT FINAL
2010

Sous projet SC38

**Étude de la distribution spatiale des gisements orogéniques
le long de failles archéennes majeures**

Par

Olivier Rabeau*, Jean-Jacques Royer, Michel Jébrak***,
Alain Cheilletz****

*Unité de recherche en technologie minérale – Université du Québec en Abitibi-
Témiscamingue (URSTM-UQAT), Rouyn-Noranda, Québec

**CRPG - Nancy, Nancy, France

***Université du Québec à Montréal (UQAM), Montréal, Québec
Olivier.Rabeau@mrnf.gouv.qc.ca

**Soumis à l'administration de DIVEX
Mai 2010 – Québec**

RÉSUMÉ

Les travaux présentés se sont consacrés à l'étude de la distribution spatiale des minéralisations aurifères de type orogénique le long de grands corridors de déformation archéens. L'objectif principal de ce travail est de déterminer s'il existe une relation mathématique décrivant la distribution spatiale des gisements d'or de type orogénique le long de couloirs de déformation archéens majeurs ou si la position de chacun des gisements est indépendante de celle des autres.

L'étude a été effectuée le long des Failles Cadillac Larder Lake (FCLL) et Porcupine-Destor (FPD) dans la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. Ces failles représentent des structures majeures ayant contrôlé l'évolution hydrothermale d'une importante portion de croûte à l'Archéen. Une base de données existante le long de ces couloirs de déformation permet ce type d'étude. Afin de prendre en compte la zone de dommage des failles, une zone tampon de 1 km a été créée le long des deux failles et tous les gisements inclus dans cette zone ont été considérés dans l'étude. Un total de soixante-douze et vingt gisements connus le long des failles Cadillac-Larder Lake et Porcupine-Destor ont respectivement été utilisés aux fins de l'étude.

Une distribution de type log-uniforme a été trouvée entre la fréquence cumulative d'occurrence et l'inter-distance curvilinéaire entre les gisements de type orogénique pour des inter-distances variant entre 315 et 5600 m le long de la FCLL. La loi de distribution a été validée par les résultats le long de la FPD. Ces résultats suggèrent une influence très importante des structures primaires sur la mise en place des minéralisations aurifères de type orogénique. En fait, les auteurs suggèrent que les emplacements minéralisés pourraient représenter des zones de relâchement de pression hydrostatique et que la distribution représenterait des ruptures structurales le long de la faille Cadillac-Larder Lake. Ces ruptures créeraient des zones de perméabilité structurale importante et permettraient la circulation des fluides et le dépôt des minéralisations par relâchement de pression. Les résultats suggèrent que les zones d'influence de ces relâchements décroissent de façon logarithmique et que l'influence des autres entités lithologiques ne soit que très locale. Finalement, une probabilité a été dérivée de la loi log-uniforme afin de générer une carte de potentiel régionale en minéralisations aurifères de type orogénique.

1. INTRODUCTION

Les failles majeures d'importance crustale, comme les failles de Boulder–LeFroy, Cadillac–Larder Lake ou de Destor–Porcupine, représentent les principales métallotectes des gisements d'or orogénique au sein de ceintures de roches vertes archéennes. Ces structures contrôlent la distribution de gisements orogéniques, en agissant comme conduit aux fluides hydrothermaux de source profonde (Goldfarb et al., 2001; Groves et al., 2003; Kerrich et al., 2000). Malgré l'association bien établie entre ces structures importantes et leur extension verticale avec les gisements aurifères, la distribution des gisements le long de ces couloirs de déformation reste hétérogène et irrégulière.

À l'échelle du camp minier, les géologues d'exploration peuvent avoir recours à certains facteurs récurrents, afin d'explorer pour des gisements aurifères de type orogénique au sein de ceintures de roches vertes archéennes. Plusieurs travaux traitant de leur mise en place (Groves et al., 2000; Cox et al., 2001; Sibson, 2001) traitent de ces pistes d'exploration. L'efficacité de ces approches est par contre très dépendante de la localité de la région prospectée et de sa dimension. Les approches prédictives régionales présentent justement un niveau de difficulté accrue à cause de la variété d'environnements géologiques rencontrés.

Quelques études se sont penchées sur la problématique de la distribution régionale de gisements le long des grandes failles (Weinberg, 2004; Groves et al., 1998; Harcouet-Menou et al., 2009). Nous proposons ici une approche particulière qui ne se concentre pas uniquement sur les dépôts d'importance majeure. C'est une approche régionale qui tient compte de la majeure partie des minéralisations.

2. OBJECTIF

L'objectif principal de cette étude est de considérer le système minéralisateur en entier afin de caractériser la distribution spatiale des gisements aurifères de type orogénique le long de failles archéennes d'importance. L'étude s'est concentrée à déterminer s'il existe une relation mathématique caractérisant la distribution spatiale des gisements d'or orogénique le long de grands couloirs de déformation archéens ou si la localisation d'un gisement est indépendante de la position spatiale des autres. De plus, l'étude s'intéresse à la possibilité d'évaluation de potentiel offerte par une telle relation mathématique qui pourrait être convertie en probabilité spatiale.

L'étude se concentre sur les deux plus importantes zones de déformation de l'Abitibi les failles Cadillac-Larder Lake (FCLL) et Porcupine Destor (PDF) (figure 1). Ces failles représentent des structures majeures ayant contrôlé l'évolution hydrothermale d'une importante portion de croûte à l'Archéen et une importante base de données est existante le long de ces couloirs de déformation permettant ce type d'étude.

3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les Sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac sont localisés dans la portion sud du craton du Supérieur (figure 1). La Sous-province de l'Abitibi est renommée comme étant un des endroits les plus riches en or et en métaux précieux de la planète. Cette ceinture plutonique et supracrustale est principalement composée de roches volcaniques de composition variant de rhyolite à komatiite possédant des âges variant entre 2670 et 2759 Ma.

4. DISTRIBUTION DES GISEMENTS AURIFÈRES LE LONG DE LA CLLF

Les études de distribution spatiale de gisements minéraux ont toujours représenté un grand intérêt pour l'industrie minière et la communauté œuvrant en recherche. Malgré le grand intérêt suscité par ce type d'études, il est important de bien comprendre qu'elles ne peuvent que donner une évaluation de la

distribution métallique réelle d'un secteur considérant les gisements non découverts et certains facteurs économiques. Une distribution systématique peut en fait être exploitée comme outil d'exploration régionale afin d'évaluer le potentiel de certaines régions similaires à renfermer des ressources naturelles (McCammon, 1993).

Une fonction mathématique expliquant la distribution spatiale des gisements d'or orogéniques le long des grands couloirs de déformation archéens peut donc permettre de délimiter les secteurs ayant le plus grand intérêt pour l'exploration. De plus, cette distribution permettrait d'apporter des éléments de réponse sur la formation de gisements aurifères de type orogéniques.

4.1. Données disponibles et méthodologie

L'analyse spatiale des gisements d'or de type orogénique le long de la CLLF s'est effectuée en utilisant la banque de données publique du MRNF, le SIGÉOM. L'étude se concentre donc sur la portion québécoise de la CLLF où la faille marque la frontière entre les Sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac. Ce segment de la FCLL représente une longueur d'environ 160 km et presque 80% de la longueur totale de la faille. L'étude s'est ainsi concentrée sur la portion québécoise puisque les gisements n'ayant pas été minés sont aussi pris en compte ce qui implique que la fusion des bases de données provinciales était très complexe.

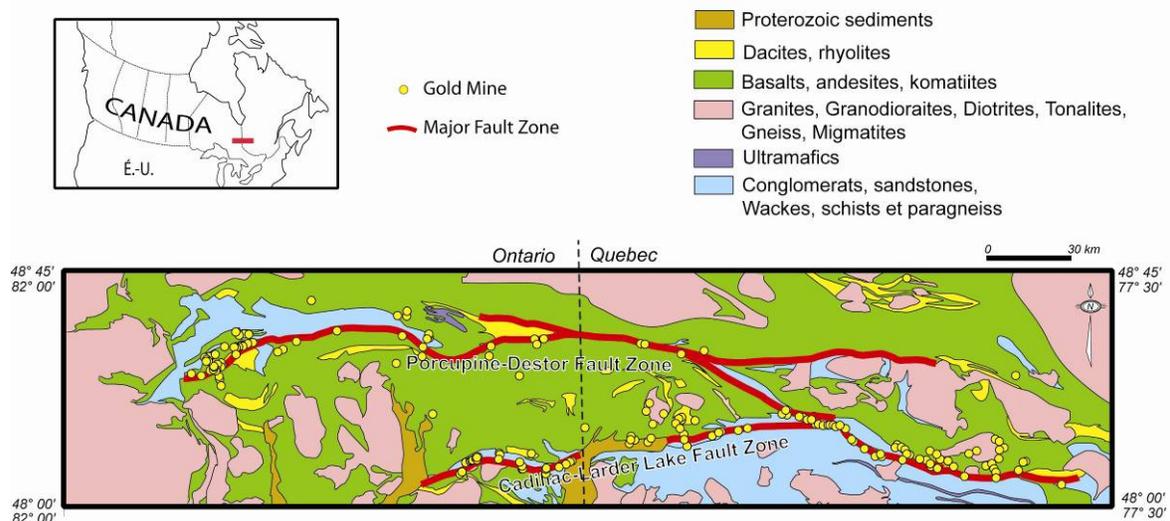


Figure 1. Géologie simplifiée des failles Porcupine-Destor et Cadillac-Larder Lake. Les points jaunes représentent les mines aurifères.

En 2D, les failles sont représentées par une ligne. Toutefois, afin de tenir compte de la zone de dommage ainsi que de plusieurs failles associées et du pendage, qui correspondent à une zone bien plus large, une zone tampon d'au moins 1 km sera délimitée dans le but d'effectuer l'analyse spatiale. Les dépôts aurifères le long de la totalité des portions québécoises de la FCLL ont d'abord été classés afin de ne traiter que les gisements de type orogénique, tel que défini par Groves (1998), pour ainsi éviter d'incorporer d'autres types de minéralisations ayant des mécanismes ou des périodes de formation différentes. Cette classification a été faite en se basant sur les teneurs en métaux de base et en argent ainsi que sur la littérature disponible concernant la nature des minéralisations (Couture, 1996, Legault & Rabeau, 2006; Pilote et al., 2000; Lafrance et al., 2003; Poulsen et al., 2000; Robert et al. 2005; Dubé and Gosselin, 2007). Les gisements ou indices définis par une seule analyse ou par une seule interception en forages n'ont pas été pris en compte dans l'étude. Un total de 72 gisements a été retenu pour l'étude de distribution spatiale le long de la FCLL.

La figure 2 présente la trace de la Faille Cadillac, la zone tampon de 1 km et la localisation des gisements aurifères de type orogénique retenus pour l'étude.

Afin de calculer la distance inter-gisement curvilinéaire, ces derniers ont été projetés le long du tracé de la faille (figure 2B). La figure 3 présente l'histogramme des distances entre les gisements et la trace de la FCLL. La méthodologie présentée n'utilise pas la distance euclidienne afin de mieux évaluer le rôle de la faille. Une distance inter-gisement moyenne de 1950 m a été mesurée.

La distribution des fréquences cumulatives F_d a par la suite été calculée et mise en relation avec le log de la l'inter-distance curvilinéaire d entre gisements successifs calculé (figure 4). Plusieurs modèles de distribution théorique ont été testés en utilisant la méthode des moindres carrés pour expliquer la distribution cumulée de des distances curvilinéaires d . Le modèle le plus approprié pour des distances curvilinéaires d variant entre 315 m à 5615 m, défini en utilisant la méthode des moindres carrés, est un modèle de distribution théorique $F_D[d]$ basé sur une distribution de type log-uniforme ($R^2 = 0.993$, $N = 65$). L'équation suivante définit le modèle de distribution théorique des gisements aurifères de type orogénique le long de la FCLL :

$$F_D(d) = P(D \leq d) = a \text{Log}_{10}(d) - b \quad d \in [315\text{m}, 5615\text{m}]$$

$$a = 0.793 \pm 0.008 \quad b = 1.966 \pm 0.026 \quad (\text{éq. 1})$$

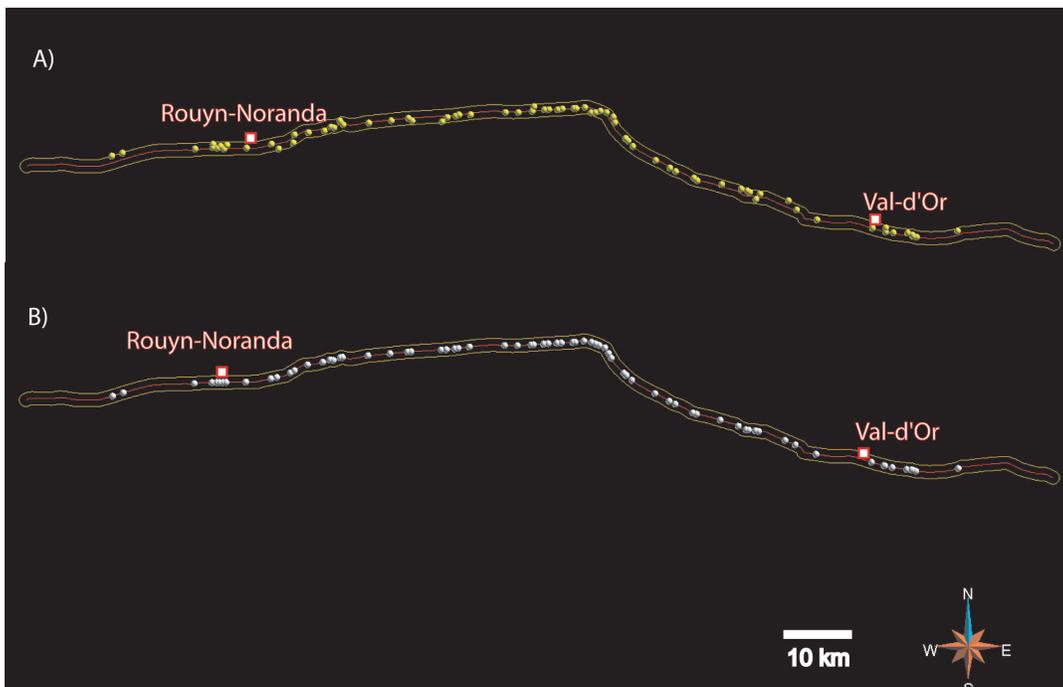


Figure 2. A) Distribution des gisements aurifères de l'étude (points jaunes) et trace de la faille CLLF (ligne rouge) avec la zone tampon de 1000m (ligne jaune). B) gisements aurifère projetés sur la trace de la FCLL.

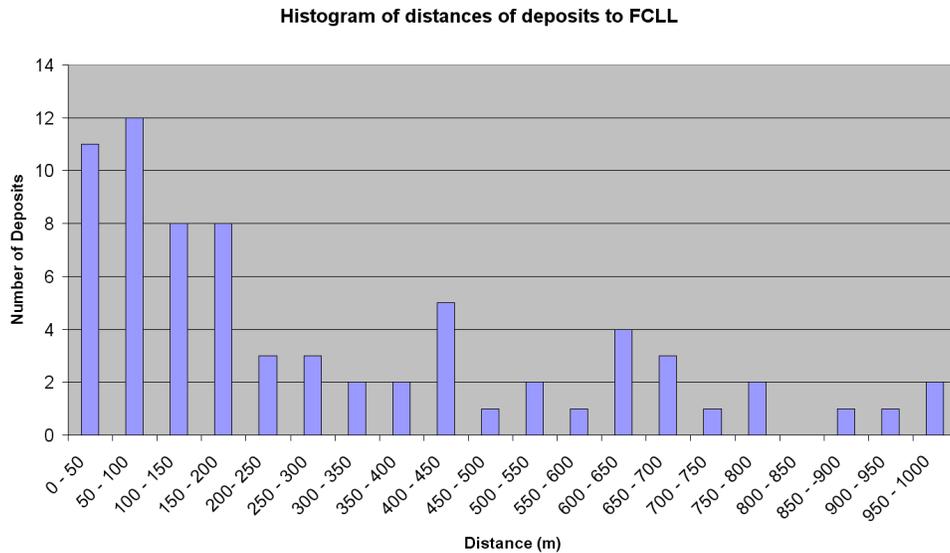


Figure 3. Distance entre les gisements aurifères et la trace de la faille Cadillac.

Le fait de limiter le modèle théorique à des inter-distance de l'intervalle [315, 5615 m] a éliminé 7 gisements de l'étude statistique. Ces gisements ne correspondent pas à ce que prédit le modèle

théorique. La figure 4 montre un groupe de trois gisements (Lac Sanies, Mc Donough, and Mid-Canada Mine) dans le coin gauche de la droite de fréquence cumulée, ces gisements présentent une

Au Ore Inter Distance Distribution

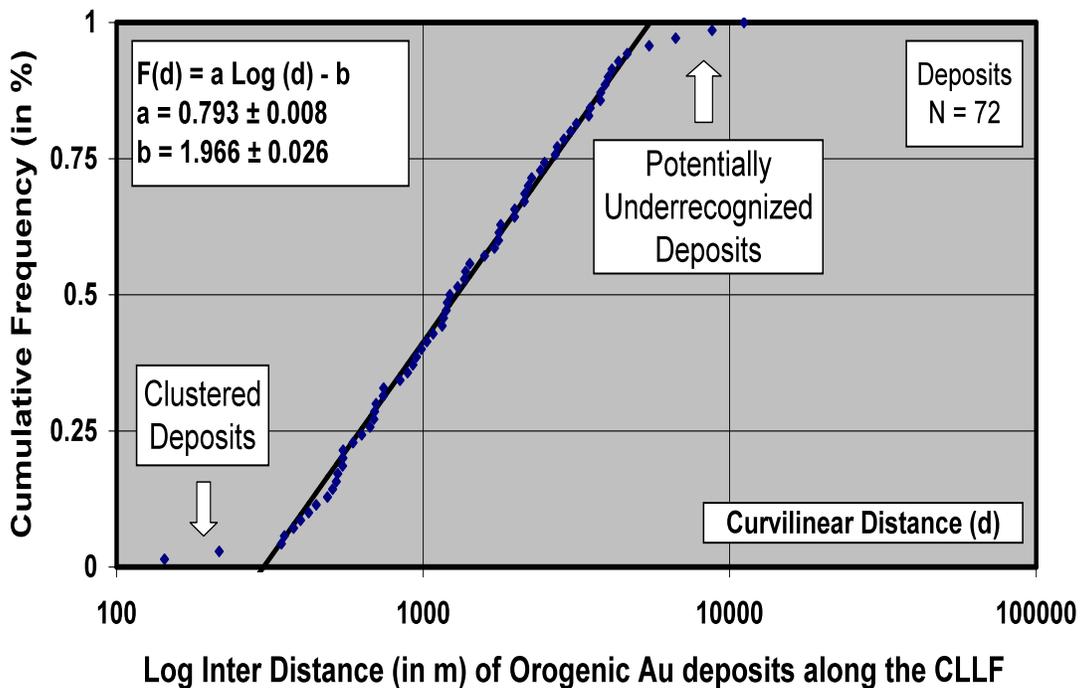


Figure 4. Fréquence cumulée des inter-distances curvilinéaires entre gisements aurifères successifs le long du segment est de la FCLL.

inter-distance curvilinéaire trop petite le long de la FCLL (moins de 150m). Puisque la méthodologie présentée implique la projection des gisements sur la trace de la faille, les gisements alignés perpendiculairement à la faille peuvent sembler très près les uns des autres. De plus, certains dépôts très proches peuvent, en fait, représenter le même gisement qui aurait été divisé en deux pour des raisons de propriétés minières par exemple. Le deuxième groupe qui ne suit pas la droite, localisé dans le coin supérieur droit de la figure 4, correspond à un groupe de 4 gisements : Lac Norman, Mine Akasaba, Centremaque, and Rivière Adeline. Ce groupe possède une inter-distance projetée plus grande ($> 5,400\text{m}$) que prédite par le modèle théorique $F_D [d]$. Ceci pouvant être interprété par la présence potentielle de gisements aurifères de type orogénique n'ayant pas été découverts entre ces gisements.

4.2. Validation du modèle théorique de distribution

Le modèle de distribution spatiale selon une loi log-uniforme $F_D [d]$ trouvé pour les gisements aurifères de type orogénique le long de la FCLL a été testé le long de d'autre faille archéenne similaire. Cet exercice avait comme objectif de déterminer si la loi observable est le fruit du hasard ou si elle peut être considérée comme étant le résultat d'un phénomène naturel récurrent pour ce type de minéralisations. La méthodologie présentée plus haut a donc été appliquée à la deuxième plus importante structure de la ceinture de l'Abitibi, la faille Porcupine-Destor (FPD).

Dans le souci de conserver une base de données uniforme, seulement le secteur est de la faille a été considéré pour l'étude. Un total de 29 gisements a été identifié dans la zone tampon de 1 km. Parmi ceux-ci, 9 gisements n'ont pas été considérés puisque leur inter-distance curvilinéaire à leurs voisins était de moins de 50 m. Pour les gisements restants, une loi de type log-uniforme peut expliquer le graphique mettant en relation la fréquence cumulative observée des inter-distances curvilinéaires et le log des inter-distances (eq. 2) pour un intervalle de 256 à 7895 m. La figure 4 présente le graphique pour les gisements localisés le long de la FPD ainsi que la loi trouvée pour la FCLL. La distribution théorique des gisements le long de la faille PDF correspond à la relation suivante. :

$$F_D(d) = P(D \leq d) = \alpha \text{Log}_{10}(d) - b \quad d \in [256\text{m}, 7895\text{m}]$$

$$\alpha = 0.778 \pm 0.041 \quad b = 1.983 \pm 0.130$$

(eq. 2)

Puisque la distribution log-uniforme $F_D [d]$ des gisements le long de la FPD est basé sur seulement 20 gisements, les erreurs associées à l'évaluation des coefficients linéaires a et b sont donc beaucoup plus importantes mais le modèle tend tout de même vers des valeurs très similaires à celles observées le long de la FCLL (figure 5). Le modèle théorique pour la FPD doit donc être utilisé avec précaution puisque les résultats renferment un très haut degré d'incertitude et sont présentés ici qu'en guise de validation du modèle de la FCLL.

5. DISCUSSION

Les gisements aurifères de type orogénique se forment principalement lors de régimes tectoniques de compression/transpression (Goldfarb et al., 2001). Ce type de gisements épigénétiques est le résultat de la circulation de quantité importante de fluides hydrothermaux. Ces fluides sont interprétés comme étant issus de réactions chimiques dues au métamorphisme prograde impliquant de la déshydratation. (Groves et al, 1998). Afin d'obtenir une concentration économique de métal, le parcours des fluides, principalement contrôlé par des variations de perméabilité (Cox et al., 2001), doit être focalisé dans des zones restreintes. Dans les secteurs principalement compose de lithologies possédant des perméabilités primaires très basées, les fluides sont principalement canalisés dans les zones de failles (Weinberg et al., 2004). Typiquement, les fluides minéralisateurs sont donc véhiculer par les failles de premier ordre et les minéralisations se mettent par la suite en place dans des zones en dilatation dans les failles de second et troisième ordre même si certains gisements sont retrouvés dans les failles de premier ordre comme les gisements Kerr-Adisson Mine en Ontario ou de Lapa au Québec.

Les résultats de cette étude montrent que l'inter-distance curvilinéaire le long d'une faille de premier ordre entre deux gisements d'or de type orogénique successifs est uniformément distribuée selon une loi log uniforme $\log(d)$ pour des distances variant entre 315 à 5600 m. La distribution de la fréquence cumulative calculée avec une inter-distance euclidienne présente une loi plus complexe de type log-normale. Considérant que les mesures de distance ont été effectuées le long d'une faille d'importance crustale, le modèle théorique renforce l'idée que les failles majeures ont un rôle prédominant dans la formation des gisements aurifères et sur le contrôle de la circulation hydrothermale du secteur. On est aussi en droit de prétendre que cette relation mathématique peut

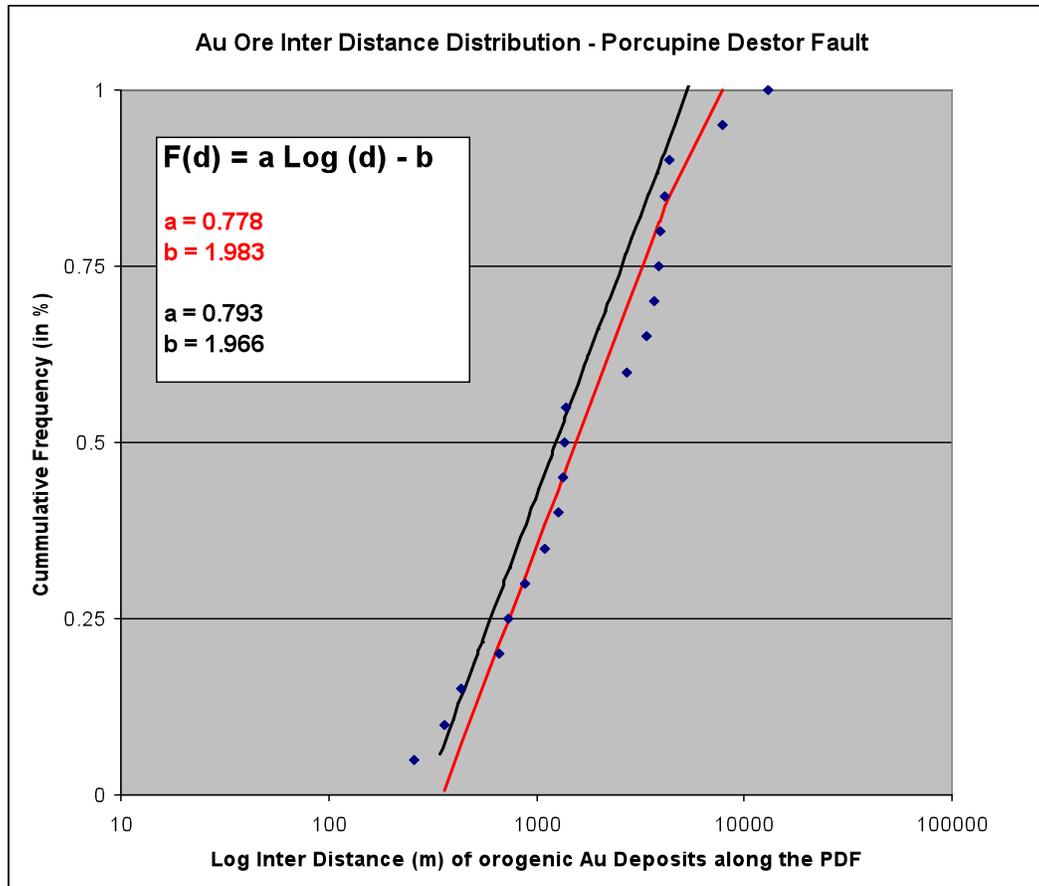


Figure 5: Distribution cumulative des inter-distances curvilinéaires entre les gisements d'or de type orogénique le long du segment est de la FPD (points bleus et droite rouge) présentée avec les résultats de le FCLL (droite noire).

apporter des éléments de réponse par rapport à la circulation de fluides au sein de structures similaires.

La relation d'inter-distance suggère aussi que le contrôle principal sur les minéralisations aurifères s'effectue à très grande échelle et que la portée de l'influence des sites de mise en place des gisements, zones en dilatation ou piège structuraux, soit très locale. La distribution selon une loi log-uniforme peut être expliqué par quelques modes de mise en lace pour les gisements d'or de type orogénique le long de grandes failles archéennes. Le premier s'appuie principalement sur un argumentaire lié à des phénomènes thermiques. En fait, un mouvement de convection des fluides hydrothermaux au sein de la faille de premier ordre pourrait induire une distribution similaire si le centre des cellules de convection est distribué selon une loi log-uniforme. Par contre, une explication thermique à la distribution spatiale impliquerait que les fluides hydrothermaux ont la liberté de circuler librement dans le plan de

faille. Ce type de circulation semble peu probable en régime tectonique de compression puisque plusieurs parties de la faille devraient être imperméables à la circulation de fluide de façon continue.

La deuxième façon d'expliquer une distribution de type log-uniforme met plutôt en jeu des facteurs hydrauliques et mécaniques. Les relâchements structuraux le long de failles de premier ordre distribué selon une loi log-uniforme pourraient être le principal facteur contrôlant la mise en place de l'or de type orogénique. En fait, dans un contexte où d'importants volumes de fluides sont libérés, Sibson et Scott (1998) ont proposé que la force de friction d'une faille atteint son maximum entre le centre et la base de la zone sismique et diminue à des valeurs très faibles lorsque le fluide atteint des pressions s'approchant des valeurs lithostatiques. Les pressions de fluides s'approchant des valeurs lithostatiques peuvent donc mener les structures canalisant les fluides à rompre créant ainsi des zones

de drainage associé aux relâchements de pression qui occasionnent la précipitation hydrothermale (Cox et al., 2001). La localisation des gisements aurifères connus devrait donc correspondre à l'emplacement des relâchements structuraux occasionnés par une pression de fluide s'approchant des valeurs lithostatiques.

Dans la mesure où l'on accepte que la localisation des minéralisations corresponde à la trace d'un événement de mécanisme de valve de relâchement de pression (Sibson, 1998), les résultats de l'étude suggèrent que le relâchement de pression de ces événements décroisse suivant une loi log-uniforme.

Contrairement aux conclusions de Weinberg et al. (2004) qui associe la localisation des gisements à la complexité géologique, le modèle de relâchement structural implique que l'influence des variations lithologiques n'est que très locale et qu'il n'a que très peu d'impact sur la distribution des gisements à l'échelle régionale. En fait, d'importantes variations lithologiques sont observées le long de la FCLL et la distribution des gisements semble identique sur toute sa longueur.

5.1. Évaluation du potentiel minéral en utilisant le modèle des relâchements structuraux

La distribution des fréquences cumulatives $F_D [d]$ des distances curvilinéaires D entre deux gisements aurifères voisins représente la proportion d'occurrences de gisement trouvé à l'intérieur d'une distance d d'un gisement connu. En considérant le nombre de gisements utilisés dans l'étude, cette relation peut être interprétée comme représentant la probabilité conditionnelle de trouver un gisement à une distance inférieure à d à partir d'un gisement connu le long de la faille. La distribution théorique $F_D [d]$ donc été utilisée afin d'évaluer la probabilité de présence des gisements non découverts le long de la FCLL (figure 6). Les gisements montrant une inter-distance plus importante que celle prédite par le modèle théorique ont donc été interprétés comme étant indicatrice de zones à haut potentiel.

Afin de créer une distribution de probabilité le long de la faille, cette dernière a été échantillonnée à un intervalle de 10 m afin de calculer la distance curvilinéaire à un gisement connu. Cette inter-distance curvilinéaire a par la suite été interpolée sur une grille régulière de 2km de large centrée sur la trace de la FCLL (figure 6a). Le modèle théorique de distribution uniforme $\log(d)$ a par la suite été utilisé afin de générer une cartographie des probabilités sur la totalité du segment Est de la FCLL. La figure 6

présente ces résultats avec différents degrés de confiance.

5.1.1. Discussion des cartes de potentiel

La cartographie de probabilité de localisation de gisements non découverts doit être interprétée avec précaution. En fait, puisque la méthodologie repose sur l'inter-distance entre les gisements connus, les probabilités calculées pour les extrémités de la faille sont biaisés. Ceci implique que le segment de la CLLF près du Front de Grenville à l'ouest présente un très haut niveau de probabilité puisqu'aucun gisement n'est connu à l'est. Le même phénomène est observable à l'ouest puisque seulement les gisements du côté québécois ont été pris en considération dans l'étude. Par contre, il est important de noter que le gisement de Kerr-Addison est localisé à quelques km de la frontière Québec-Ontario et qu'un réel manqué de gisement a déjà été constaté dans ce secteur puisque la FCLL est couvert de sédiments protérozoïques de la Formation de Gowganda (Rabeau et al., 2010).

6. CONCLUSIONS

Cette étude a permis de mieux comprendre la relation entre les gisements aurifères de type orogénique et le concept de relâchement structural. Ces zones ont le potentiel de focaliser d'importantes quantités de fluides qui sont essentiel à la formation des gisements aurifères. De plus, l'influence des relâchements sur le stress le long des failles majeures semble décroître en fonction d'une loi de type log-uniforme. Ceci implique, entre autres, que la nature des entités lithologiques le long des failles n'a qu'une influence très limitée sur l'emplacement des gisements aurifères.

Considérant la répartition des gisements selon une loi log-uniforme, une méthodologie a été présentée afin de cerner des zones à haut potentiel pour la découverte de gisements aurifères près des zones de déformation importante. L'utilisation d'une telle méthodologie requiert par contre une base de donnée bien structure et couvrant une grande partie de la zone de déformation. Des études concernant d'autres zones archéennes seront entreprises sous peu pour vérifier si la loi log-uniforme s'applique sur d'autres failles importantes ainsi que sur les failles de second et de troisième ordre.

7. REMERCIEMENTS

Ce travail a été supporté par le réseau DIVEX ainsi que par la fondation de l'université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et par le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Ce

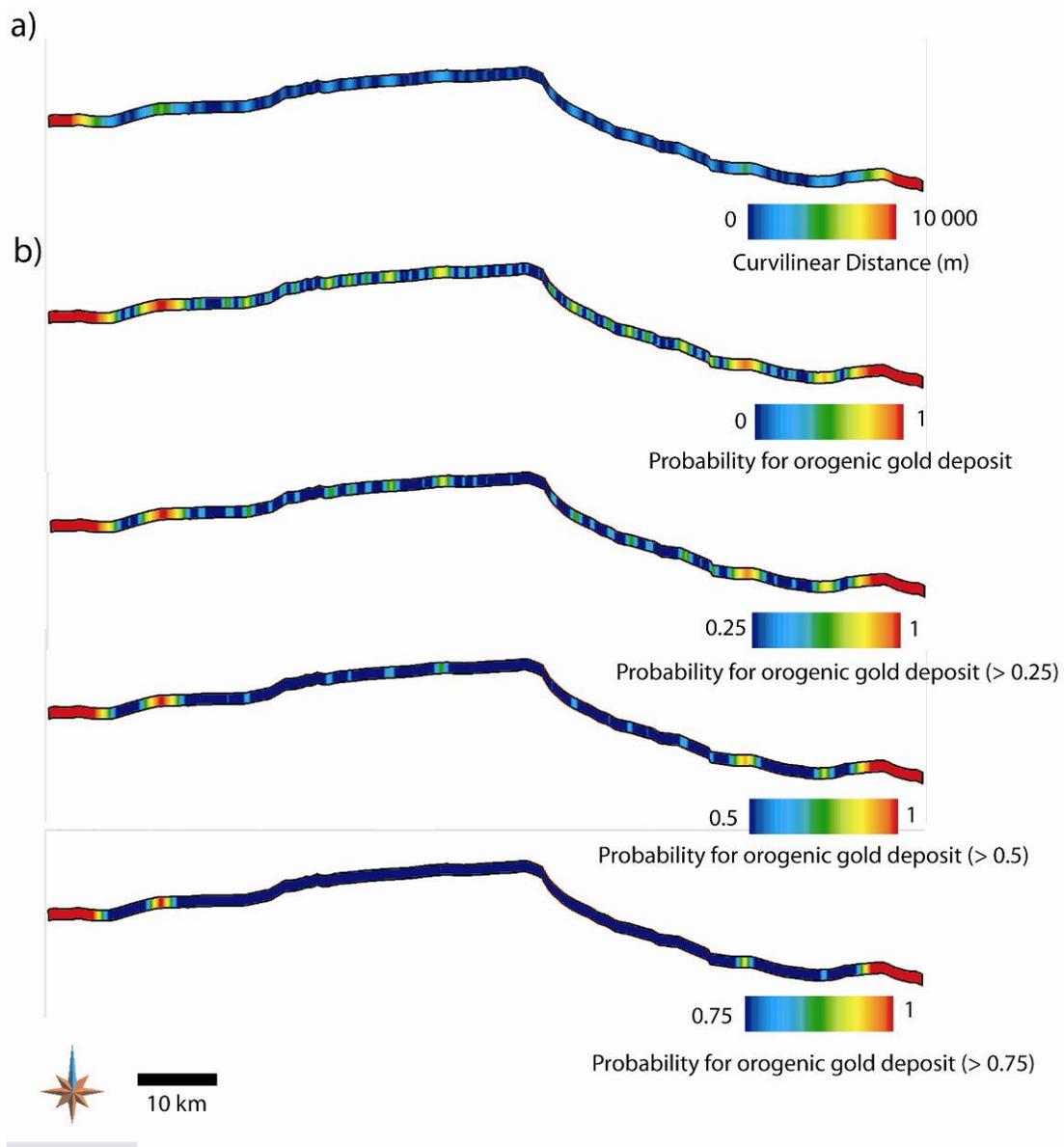


Figure 6: a) Inter-distance curvilinéaire interpolée sur une grille régulière de 2km centre sur la trace de la FCLL
 b) Carte de probabilité pour la découverte de gisements d'or orogénique non découverts avec différents niveaux de confiance variant de 0 à 1.

travail a été accompli dans le cadre d'un Ph.D. entrepris en cotutelle entre l'université du Québec à Montréal et Institut National Polytechnique de Lorraine de l'Université de Nancy. Finalement, les auteurs désirent remercier Consortium Gocad qui a fourni le logiciel requis pour la réalisation de ce travail.

8. RÉFÉRENCES

Couture, J.-F. 1996. Gisements métalliques du district de Rouyn-Noranda. In: Métallogénie et évolution de la région de Rouyn-Noranda (edited by Couture, J.-F. & Goutier, J.) MB 96-06. Ministère des Ressources naturelles du Québec, 11-18.

Cox, S. F., Knackstedt, M. A. and Braun, J. 2001. Principles of structural control on permeability and

fluid flow in hydrothermal systems. In: Structural controls on ore genesis (edited by Richards, J. P. & Tosdal, R. M.). Reviews in Economic geology, 14. Society of Economic Geologists.pp

Dubé, B., and Gosselin, P., 2007, Greenstone-hosted quartz-carbonate vein deposits, in : Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods, Godfellow, W.D, ed., Geological Association of Canada, Mineral Deposit Division, Special Publication No. 5, 46-73.

Goldfarb, R. J., Groves, D. I. and Gardoll, S. 2001. Orogenic gold and geological time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews*, 18, 1-75.

Goutier, J., McNicoll, V., Dion, C., Legault, M., Ross, P.-S., Mercier-Langevin, P., Monecke, T., Thurston, P.C., and Ayer, J.A., 2008, Une Nouvelle Stratigraphie du Groupe de Blake River: Deux Grands Épisodes Volcaniques et quatre épisodes de Minéralisations en SMV, abstract, GAC-MAC, Quebec 2008, p. 64

Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Gebre-Mariam, M., Hageman, S. G. and Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of the crustal distribution and relationship to other deposit types. *Ore Geology Reviews*, 13(1-5), 7-27.

Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Knox-Robinson, C. M., Ojala, J., Gardoll, S., Yun, G. Y. and Holyland, P. 2000. Late-kinematic timing of orogenic gold deposits and significance for computer-based exploration techniques with emphasis on the Yilgarn Block, Western Australia. *Ore Geology Reviews*, 17, 1-38.

Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Robert, F., and Hart, C. R. J. 2003. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future reaserch, and exploration significance. *Economic Geology*, 98, 1-29.

Harcouet-Menou, V., Guillou-Frottier, L Bonneville, A., Adler, P. M. Mourzenko, V., 2009, Geofluids, Hydrothermal convection in and around mineralized fault zones: insights from two- and three-dimensional numerical modeling applied to the Ashanti belt, Ghana Volume 9 Issue 2, 116 – 137.

Kerrick, R. and Feng, R. 1992. Archean geodynamics and the Abitibi-Pontiac collision: implications for advection of fluids at transpressive collisional boundaries and the origin of giant quartz vein systems. *Earth-Sci. Rev.* 32, 33-60.

Kerrick, R., Goldfarb, R. J., Groves, D. I., and Garwin, S. 2000. The Geodynamics of World-Class Gold Deposits: Characteristics, Space-Time Distribution, and Origins. In: *Gold in 2000* (eds. Hageman, S. G. & Brown, P. E.). Reviews in Economic geology, 13, 500-551.

Lafrance, B., Moorhead, J. and Davis, D. W. 2003. Cadre géologique du camp minier de Doyon-Bousquet-LaRonde. Ministère des Ressources naturelles, Québec, 43 p.

Legault, M. and Rabeau, O. 2006. Étude Métallogénique et modélisation 3D de la Faille Cadillac dans le secteur de Rouyn-Noranda. In: RP 2006-03. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, 8.

McCammon, R.B., 1993. Prospector II-an expert system for mineral deposits models. In: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Duke, J.M. (Eds.), *Mineral Deposit Modeling*. Geological Association of Canada, Special Paper 40, 679-684.

Lavoie, S., Moorhead, J., Mueller, W. U., Pelz, P., Robert, F., Scott, C., Tremblay, A. and Vorobiev, L. 2000. Géologie de la région de Val-d'Or, Sous-province de l'Abitibi - Volcanologie physique et évolution métallogénique. Ministère des Ressources naturelles, Québec, 110 p.

Poulsen, K. H., Robert, F. and Dubé, B. 2000. Geological classification of Canadian gold deposits. Geological Survey of Canada, 106 p.

Sibson, R.H., 2001, Seismogenic framework for hydrothermal transport and ore deposition. Richards, J.P. and Tosdal, R.M. Review in *Economic Geology*, 14; Structural controls on ore genesis. 1-24.

Sibson R.H.1; 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, *Ore Geology Reviews* , Volume 13, Number 1, 293-306.

Rabeau, O, Legault, M., Cheillett, A, Jébrak, , L. Z., and Royer, J.J., 2010, Gold potential of a hidden Archean fault zone: the case of the Cadillac-Larder Lake Fault, accepted, *Journal of Mining and Exploration geology*.

Robert, F Poulsen, H, and Cassidy, KF, 2005 , Gold metallogeny of the Yilgarn and Superior cratons, conomic Geology 100th Anniversary volume , 2005.

Weinberg, R. F., Hodkiewicz, P. F. and Groves, D. I. 2004. What controls gold distribution in Archean terranes? *Geology*, 32(7): 545-548.