
Fertilité des petites ceintures de roches vertes archéennes

PROJET 2004-01

PAR : VITAL PEARSON, M.Sc. A, ing.

AVRIL 2007



AVERTISSEMENT

Ce document présente certains résultats des travaux de recherche du CONSOREM (Consortium de Recherche en Exploration minérale) 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 :

Pearson, V. 2007. Fertilité des petites ceintures de roches vertes archéennes, Rapport, projet CONSOREM 2004-01, 134 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

Les cratons archéens sont constitués d'une multitude de ceintures de roches vertes possédant différents attributs d'odres géométrique (taille et forme), lithologiques (assemblages) et chronologique. Le territoire du Québec ne fait pas exception et la Sous-province géologique d'Abitibi, la plus grande ceinture de roches vertes au monde est bien connue pour sa nature prolifique en termes de minéralisations en métaux de base et en métaux précieux. Toutefois, le territoire contient également des ceintures de taille plus modeste particulièrement dans les territoires de la Baie James et même tout un cortège de petites ceintures qui occupent le Grand Nord québécois.

La question qui est posée est de savoir si la taille des ceintures de roches vertes constitue un facteur important pour retrouver des minéralisations significatives. Afin de répondre à cette question, une base de données a été développée afin de sonder les relations entre les minéralisations, les lithologies et les dimensions de ceintures de roches vertes provenant de l'ensemble des cratons du monde. Ainsi, plus de 330 ceintures dont les âges varient d'archéen à paléoprotozoïque ont été documentées. Une part importante de l'information a été extraite à partir d'une revue de la littérature comprenant plus de 500 références et de bases de données gouvernementales et universitaires. Parallèlement à la documentation sommaire de la lithostratigraphie des ceintures, une attention particulière a été portée à la documentation de leurs minéralisations.

Il existe entre 400 à 450 ceintures de roches vertes à travers le monde et l'échantillonnage de cette étude est donc considéré comme étant statistiquement représentatif. Les ceintures de roches vertes occupent un large spectre de dimensions dont 95% de la distribution (log-normal) est située entre 70 et 30,000 km². Les représentants de l'extrémité inférieure sont qualifiés de septa, alors que ceux excédant la limite supérieure sont qualifiés de grandes ceintures. De plus, la portion centrale de la distribution, que l'on qualifie de « petites ceintures », est subdivisée en trois sous-classes.

La comparaison de plusieurs paramètres en fonction d'un état de connaissance sur les minéralisations permet de dire que les dimensions d'une ceinture n'ont aucune incidence sur son potentiel minéral. Plusieurs petites ceintures sont hôtes de systèmes d'altérations hydrothermales rivalisant avec ceux des grandes ceintures. De plus, la charge métal de ces petites ceintures ne souffre nullement de l'absence de grands volumes de roches.

L'analyse multivariable sur les assemblages lithologiques indique que les trois principales composantes pouvant expliquer une part importante de la variance sont les roches felsiques, ultramafiques et les roches sédimentaires (silico-clastique et chimique). La classification des ceintures selon cette méthode permet de reconnaître les principaux environnements géotectoniques (arc océanique, arc en marge continentale, rift continental; lesquels sont généralement proposés en utilisant des approches lithogéochimiques). L'occurrence de ces trois types de roches semble « favoriser » le potentiel aurifère. En regard de la présence des roches ultramafiques, il n'y a toutefois pas de relation simple entre l'abondance de cette lithologie et le contenu en or; la seule « présence » suffit. Il paraît qu'au-delà de la présence d'une caractéristique lithologique particulière, les ceintures qui présentent des minéralisations importantes sont celles qui contiennent les plus grandes diversités lithologiques.

TABLE DES MATIÈRES

Avertissement	ii
Résumé	iii
Table des matières	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vi
1 Introduction.....	1
1.1 Problématique des ceintures de roches vertes du territoire québécois	1
1.2 Objectif	1
1.3 Méthodologie	1
2 Généralités sur les ceintures de roches vertes.....	2
2.1 Fertilité des ceintures de roches vertes.....	3
3 Caractéristiques de la base de données du CONSOREM	4
3.1 Considérations sur les éléments de la base de données	5
3.1.1 Géométrie.....	5
3.1.2 Morphologie.....	6
3.1.3 Lithologie	6
3.1.4 Métamorphisme	7
3.1.5 Minéralisation	7
3.2 Fonctionnement de la base de données.....	8
3.3 Requêtes paramétrées	9
4 Classification des données sur les ceintures de roches vertes.....	10
4.1 Classification en fonction de la superficie	10
4.2 Classification en fonction de la productivité	12
5 Analyse des données sur les ceintures de roches vertes	15
5.1 Facteur d'échelle : ressource versus ceinture	16
5.2 Analyse des relations lithologiques	17
5.2.1 Analyse factorielle des lithologies	17
5.2.2 Fertilité et roches ultra-mafiques (UM).....	21
5.3 Géométrie des ceintures versus métallogénie	24
5.4 Phylogénie des ceintures.....	26
5.4.1 Variabilité entre les cratons.....	26
5.4.2 Phylogénie par classification ascendante hiérarchique (CAH).....	29
5.4.3 Phylogénie de Bleeker (2003).....	30
5.5 Étude du Supérieur	34
5.5.1 Caractéristiques lithologiques du Supérieur	34
5.5.2 Classification (CAH) des ceintures du Supérieur	37
6 Analyse de la base de données CONSOREM : Approche empirique.....	40
6.1 Test RN #1 - Assemblage lithologique vs Minéralisation.....	41
6.2 Test RN #2 - Surface lithologique vs Minéralisation.....	41
6.3 Test RN #3 - Proportion lithologique vs Minéralisation :	42
6.4 Test RN #4 - Géométrie vs Minéralisation :	42
7 Septa volcano-sédimentaires	44
7.1 Les septa de la ceinture de Thompson.....	44
7.2 Les septa de la ceinture de Kuhmo-Suomussalmi.....	45
8 Conclusion et avenues de recherche.....	45
8.1 Conclusions	45
8.1.1 Définition d'une petite ceinture de roches vertes	46
8.1.2 Analyse des superficies lithologiques	46

8.1.3	Analyse des relations lithologiques	46
8.1.4	Ratios inter-lithologiques.....	47
8.1.5	Analyse phylogénique.....	47
8.1.6	Analyse du craton de supérieur	47
8.2	Avenues de recherche	47
	Remerciements.....	48
	Références.....	49
	Cahier des figures.....	83
	Annexe I : Protocole de dénomination des fichiers.....	120
	Annexe II : Classification par réseaux neuronaux	121

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Ceinture de Hisovaara.	83
Figure 2 :	Section schématique d'une lame mince montrant que les proportions minéralogiques sont indépendantes de la coupe utilisée.....	84
Figure 3 :	Section schématique d'une ceinture de roches vertes montrant que les proportions lithologiques sont dépendantes de la coupe (érosion, déformation).....	84
Figure 4 :	Formulaire de la classification morphologique.....	85
Figure 5 :	Relation linéaire entre la superficie et le périmètre des ceintures.	86
Figure 6 :	Histogramme du nombre de types lithologiques dans les ceintures de roches vertes.....	86
Figure 7 :	Diagramme Log-Probabilité de la distribution des tonnages des dépôts documentés.....	87
Figure 8 :	Structure de la base de données.....	87
Figure 9 :	Formulaire principal de la base de données.....	88
Figure 10 :	Formulaire de génération de requêtes SQL.....	89
Figure 11 :	Exemple d'un résultat de requête SQL.....	90
Figure 12 :	Fichier des résultats associés à la requête étudiée aux figures 10 et 11.	90
Figure 13 :	Distribution de la superficie (km ²) des ceintures (échelle log).....	91
Figure 14 :	Relation entre la superficie d'une ceinture et la productivité en or.	91
Figure 15 :	Relation entre les métaux et la superficie. Les ellipses circonscrivent les populations anomaliques.	92
Figure 16 :	Géologie comparative des ceintures à production aurifère.	93
Figure 18 :	Géologie comparative des ceintures à production de Ni-Cu.	95
Figure 19 :	Géologie comparative des ceintures à production polymétallique.	96
Figure 20 :	Histogramme de la répartition des ceintures et des dépôts (mines) en fonction du nombre de lithologies par ceinture.	97
Figure 21 :	Variation du tonnage des dépôts en fonction de la superficie des ceintures.	97
Figure 22 :	Variation du contenu aurifère des ceintures en fonction de leur superficie.....	98
Figure 23 :	Variation du degré de productivité des petites ceintures.....	98
Figure 24 :	Répartition des lithologies en fonction des groupes « a priori » fertiles (n=16) et stériles (n=4).	99
Figure 25 :	Contenu en métaux en fonction du type lithologique.	99
Figure 26 :	Influence des panaches mantelliques sur la stratigraphie d'une ceinture	100
Figure 27 :	Distribution des superficies de roches sédimentaires pour les ceintures avec UM et les ceintures sans UM.	100
Figure 28 :	Graphique mettant en relief l'éventail de signatures ETR des roches UM	101
Figure 29 :	Relation entre la géochimie des roches UM et la productivité minérale.....	102
Figure 30 :	Variation de la composition de roches UM en fonction du temps et du solidus mantellique	102
Figure 31 :	Lithostratigraphie, modèle de développement et héritage géométrique.....	103

Figure 32 : Ceinture de Holenarsipur (Dharwar) dont la géométrie est interprétée par un processus de formation diapirique.....	103
Figure 33 : a) Variation du contenu aurifère en fonction du type morphologique. b) idem, mais pondéré par rapport au nombre de ceintures.....	104
Figure 34 : Distribution des types morphologiques en fonction du temps.....	104
Figure 36 : Analyse factorielle des associations lithologiques par craton.....	105
Figure 37 : Dendrogramme de CAH en utilisant les ratios interlithologiques. Premier test.....	106
Figure 38 : Dendrogramme de CAH en utilisant 5 ratios-interlithologiques.....	107
Figure 39 : Exemples de ceintures appartenants au groupe 1 tel que défini par la CAH (voir figure 38).....	108
Figure 40 : Exemples de ceintures appartenants au groupe 2 tel que défini par la CAH.....	109
Figure 42 : Sensibilité des paramètres de la classification CAH.....	110
Figure 43 : Distribution des ceintures de roches vertes dans le Supérieur.....	111
Figure 44 : Répartition des assemblages lithologiques pour les principales sous-provinces du Supérieur.....	112
Figure 45 : Répartition des trois principaux assemblages pour les principales sous-provinces du Supérieur.....	113
Figure 46 : Variation du contenu métal pour les groupes des sous-provinces définies.....	114
Figure 47 : CAH des ceintures appartenants à la Province de Supérieur.....	115
Figure 48 : a) variation du contenu en or ; b) variation du tonnage de minerais en fonction du ratio Felsique / UM des ceintures du Supérieur.....	116
Figure 49 : a) variation du contenu en or ; b) variation du tonnage de minerais en fonction du ratio UM / Sédiment des ceintures du Supérieur.....	116
Figure 50 : Classification par réseaux neuronaux de la fertilité en fonction de la géométrie.....	117
Figure 51 : Carte géologique sommaire de la ceinture de Thompson.....	117
Figure 52 : Carte géologique sommaire des ceintures de Kogaluk et de Qalluviartuuk.....	118
Figure 53 : Ceinture de Kuhmo-Suomussalmi.....	119

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de l'Archéen et du Post-Archéen.....	2
Tableau 2 : Exemples d'approches pour la caractérisation des minéralisations archéennes.....	3
Tableau 3 : Valeurs des produits minéraux utilisées pour établir la valeur métal des ceintures.....	7
Tableau 4 : Liste des fichiers de la base de données et leur contenu.....	8
Tableau 5 : Classification des ceintures en fonction de leur superficie.....	11
Tableau 6 : Liste des ceintures ayant un contenu démontré en métaux.....	13
Tableau 7 : Analyse multivariable de la relation entre six lithologies constituantes des ceintures de roches vertes.....	17
Tableau 8 : Coordonnées des variables après rotation varimax.....	18
Tableau 9 : Matrice de confusion du classement par AFD.....	18
Tableau 10 : Résultat de classification Fertile/Stérile en utilisant les lithologies par AFD.....	19
Tableau 11 : Association entre les lithologies dominantes et les minéralisations.....	20
Tableau 12 : Comparaison des ceintures sur la base de la présence ou de l'absence de roches ultramafiques.....	21
Tableau 13 : Relation entre la productivité des ceintures en fonction du ratio La/Yb des roches ultramafiques.....	23
Tableau 14 : Moyenne pondérée des proportions lithologiques pour les principaux noyaux archéens.....	28
Tableau 15 : Valeurs en métaux pondérées pour les principaux cratons.....	29
Tableau 16 : Caractéristiques des trois supercratons archéens de Bleeker (2003).....	31
Tableau 17 : Résumé des principales sous-provinces du Supérieur.....	35
Tableau 18 : Caractéristiques lithologiques de la CAH.....	38

Tableau 19 : Résultats des tests de classification (surface lithologique vs minéralisation) par
RN.41
Tableau 20 : Résultats des tests de classification (géométrie vs minéralisation) par RN.....43

1 INTRODUCTION

1.1 Problématique des ceintures de roches vertes du territoire québécois

Le territoire du Moyen et Grand Nord québécois recèle tout un ensemble de ceintures volcano-sédimentaires archéennes dont plusieurs n'ont été identifiées que tout récemment par la cartographie du MRNFQ et de la CGC et par les travaux d'exploration des compagnies minières. Bien que ces ceintures puissent atteindre quelques centaines de kilomètres de longueur, dans le cas de la ceinture La Grande par exemple, elles sont néanmoins de taille très modeste lorsqu'on les compare aux vastes ceintures archéennes prolifiques comme celles d'Abitibi et du Norseman-Wiluna.

Les ceintures du Moyen et Grand Nord représentent une cible intéressante pour l'exploration, mais leur faible dimension est souvent perçue, à tort ou à raison, comme un facteur limitatif de leur potentiel.

Dans ce contexte, la problématique consiste à explorer les caractéristiques de ces petites ceintures, afin d'en dégager les éléments favorables et défavorables à l'occurrence de minéralisations.

1.2 Objectif

Déterminer la combinaison de critères permettant de caractériser la fertilité des petites ceintures de roches vertes archéennes.

1.3 Méthodologie

Pour aborder ce projet, nous poserons l'hypothèse suivante : la fertilité d'une petite ceinture de roches vertes est fonction d'une ou d'un ensemble de caractéristiques régionales.

La méthodologie employée pour la mise en œuvre et la réalisation de nos objectifs s'établit comme suit :

- documenter la géologie des petites ceintures de roches vertes à travers le monde (principales unités, dimensions, principales structures et métamorphisme) ;
- documenter les gisements économiques répertoriés au sein de petites ceintures archéennes ;
- définir les caractéristiques principales des gisements économiques répertoriés au sein des petites ceintures archéennes ;
- dégager les éléments de ciblage des ceintures contenant les minéralisations ;
- comparer ces ceintures avec celles du territoire du Moyen et Grand Nord québécois afin d'en rehausser le potentiel et d'y définir, si possible, des cibles à privilégier pour l'exploration ;
- l'intégration de données des partenaires CONSOREM.

2 GÉNÉRALITÉS SUR LES CEINTURES DE ROCHES VERTES

Le terme de « roches vertes » s'applique aux assemblages de roches ignées précambriennes contenant de la chlorite, de l'actinote et de l'épidote (Burke, 1997). Le terme s'applique donc préférentiellement aux roches faiblement métamorphisées. Les ceintures les mieux préservées et les plus étudiées se retrouvent au Canada, en Afrique et en Australie. Parmi celles-ci, les meilleures expositions se retrouvent dans les cratons du Zimbabwe, de Pilbara et de Kapvaal. Les grands camps miniers sont ceux de Kalgoorlie, Kolar et d'Abitibi.

Des 130 millions de kilomètres carrés de croûte continentale, 30 millions (24%) appartiennent aux roches précambriennes, dont 10 millions (8%) aux cratons archéens. Ces derniers contiennent environ 350 ceintures volcano-sédimentaires totalisant 1.4 millions de kilomètres carrés (1%) pour lesquelles une quarantaine sont raisonnablement bien documentées.

Les connaissances relatives au développement des ceintures de roches vertes archéennes résultent surtout de l'étude du craton du Supérieur pour l'Archéen Supérieur (2.5 – 3 Ma) et des cratons de Pilbara et de Kapvaal pour l'Archéen Inférieur (3 – 4 Ma). Deux écoles de pensée dominent, l'une basée sur les processus actualiste autour du paradigme de la tectonique des plaques (ex. : Tarney et al. 1976, Dewey and Windley, 1981, Windley, 1993, 1995, Burke, 1997, Kusky 1997, de Wit 1998) et l'autre mettant l'emphase sur des processus plus verticaliste et de diapirisme (MacGregor, 1951, Goodwin, 1996, Hamilton 1998) et sur l'importance des plumes mantelliques (Davies, 1992, Tomlinson and Condie, 2001, Abott and Isley, 2002). Les grandes caractéristiques géologiques de l'Archéen et du Post-Archéen sont résumées au **tableau 1**.

Au niveau de la métallogénie, les ceintures de roches vertes archéennes sont dominées par quatre grands types de dépôts (formations de fer, Ni associé aux komatiites, Or filonien et SMV pauvre en Pb). Les paléoplacers, les Ni-Cu-EGP magmatiques et les formations à Fe-Mn apparaissent au Protérozoïque Inférieur. Suivent les disconformités uranifères du Protérozoïque Moyen et enfin les dépôts de Cu-sédimentaire, les SedEx et les porphyres au Protérozoïque Supérieur et au Phanérozoïque (Hutchinson, 1981, 2002).

Tableau 1 : Caractéristiques de l'Archéen et du Post-Archéen.

	Archéen	Post-Archéen
Komatiïtes	Commun ; présentes dans TOUS les cratons archéens. Elles indiquent un haut taux de fusion partielle.	Rare : occasionnelles et de plus basse température
Craton	En croissance (80%)	Stable
Gradient géothermique	Plus fort, permet une convection de tout le manteau	Plus faible, convection du manteau asténosphérique
Convection	Possible plus rapide donnant lieu à une forte probabilité de mouvements plus chaotiques. Il a été démontré que la tectonique récente est incapable de dissiper toute l'énergie présente à l'Archéen.	Plus lente, plus ordonnée, donnant lieu à de grandes plaques tectoniques.
Métamorphisme HP-LT	Absence: indice d'une tectonique archéenne différente	Présence
Ophiolite	Absence virtuelle	Commun
Contraintes géochimiques sur la formation des basaltes	Indique la présence de points chauds	

Les provinces archéennes sont composées de 10-20% de ceintures de roches vertes, lesquelles sont incluses dans des assemblages de gneiss granitiques. Les ceintures représentent des éléments de forme linéaire à irrégulière dont la majorité montre des dimensions de 10-50 km de large sur 100-300 km de longueur. Les principales caractéristiques de ces ceintures sont : structure en synclinorium, présence de failles majeures parallèles à la trace axiale du synforme, présence d'intrusions périphériques, métamorphisme variant du faciès des schistes verts au faciès amphibolitique, auréole de métamorphisme près des plutons, textures primaires bien préservées.

Dans l'encaissant, lequel représente de 80-90% de la superficie des provinces archéennes, les assemblages de gneiss granitiques sont fortement déformés, montrent un métamorphisme variant d'amphibolitique à granulite supérieur.

2.1 Fertilité des ceintures de roches vertes

Aborder le concept de fertilité pour le cas des ceintures de roches vertes archéennes est un défi de taille dans la mesure où les méthodes généralement utilisées sont davantage axées vers l'établissement du potentiel minéral à l'intérieur d'une ceinture et non pas entre les ceintures. De nombreux travaux antérieurs font état d'analyses de suites lithologiques en recherchant d'éventuelles correspondances entre la fertilité d'une ceinture et les lithologies, les contenus en métaux (*bruit de fond*), les roches hôtes, le métamorphisme, les associations géochimiques, les associations paragenétiques, etc. Pour la majorité de ces travaux, l'approche est focalisée sur un aspect particulier : un produit minéral (exemple : l'or), un type génétique (exemple : les SMV), un lieu géographique (exemple : le craton de l'Esclave) ou une relation géométrique (exemple : les roches hôtes de la minéralisation). Quelques exemples clés de ces approches sont présentés au **tableau 2**. Ces méthodologies peuvent être considérées sous une démarche « du particulier au général », c.-à-d. où la méthodologie consistait à faire l'analyse de cas ponctuels et de rechercher des indicateurs locaux.

Tableau 2 : Exemples d'approches pour la caractérisation des minéralisations archéennes.

	Échelle Sub-métrique	Échelle Décamétrique	Échelle Kilométrique	Échelle de la Ceinture de RV
Exemple	Boyle (1979)	MacGeehan (1982), Hodgson (1983) Foster et Piper (1993)	Barrie et Hannington (1997)	CONSOREM, 2004
Caractéristiques	Études des associations paragenétiques et géochimiques à la périphérie immédiate des dépôts. Documentation dépôt par dépôt. Étude limitée à un seul produit : l'or.	Études de la répartition des lithologies en ne considérant que les roches hôtes de la minéralisation. Documentation dépôt par dépôt. Limité aux aurifères d'Abitibi en Ontario (Zimbabwe pour Foster et Piper)	Étude de la répartition des lithologies hôtes de la minéralisation. Considère les roches à 1 km au toit, 3 km au mur, 2,5 km latéral. Documentation dépôt par dépôt. Limité aux SMV.	Étude de la répartition des lithologies dans les ceintures sans égard aux minéralisations associées. Documentation dépôt par ceinture. Limité à l'Archéen.

Dans cette étude, la démarche est centrée non pas sur un produit ou un dépôt, mais sur une « ceinture ». L'analyse procède donc à l'inverse, « du général au particulier ». Cette approche permet de faire l'analyse des ceintures de roches vertes (CRV) de façon indépendante, de les caractériser, de les classer et dans un second temps, de sonder les variations de leurs fertilités respectives

La question qui est posée, en plus de la taille des ceintures de roches vertes, est de savoir s'il existe une lithologie ou une association de lithologies discriminantes permettant de porter un jugement sur le potentiel d'une ceinture.

À titre d'exemple, la présence de formation de fer (*banded iron formation*, BIF) peut être considérée comme indicateur de fertilité. En fait, pour certains auteurs (Foster, 1988 ; Groves et al., 1987), les BIF représentent l'un des deux types de minéralisations aurifères archéennes avec le type Veine/Cisaillement. Ils peuvent représenter un environnement paleogéographique favorable ou ils peuvent constituer une anisotropie rhéologique favorisant la concentration des fluides. L'association BIF - roches ultramafiques – roches silico-clastiques a également été proposée par Foster et Wilson (1984) comme étant favorable.

La plus grande difficulté pour évaluer la relation entre les BIF et l'or réside dans le fait que les BIF représentent des horizons de faibles épaisseurs. Les cartes géologiques disponibles présentent communément des assemblages dont la légende stipule la présence de nombreux lithotypes. Par exemple : roches mafiques interlitées de cherts et BIF. Pour d'autres secteurs, les BIF sont représentées par un trait continu. De plus, la superficie d'unités de faibles épaisseurs est très dépendante du pendage des couches. Dans ces conditions, il est difficile d'évaluer la superficie réelle de ces unités. La procédure adoptée par Foster et Wilson (1984) a été de considérer les BIF comme étant des éléments linéaires et ainsi de présenter l'abondance par le ratio « Σ BIF (km) / Σ surface (km²) ». Notons également que la base de données ne fait pas de distinction entre les formations de fer à oxydes et celles à carbonates, et que ces deux faciès représentent selon certains auteurs (e.g. Chown et al., 2000) des métallotectes ayant des implications différentes.

Les roches ultramafiques sont également des candidats permettant de présumer d'une certaine fertilité dans les ceintures de roches vertes. Elles constituent un aspect particulier de la pétrogenèse des ceintures archéennes qui a une relation directe avec les processus tectoniques. Cette relation est imposée par les particularités du magma UM, lequel demande une source profonde, qui imposent un taux de fusion partielle important de même qu'un mode de mise en place rapide sans fractionnement important lors de la remontée. Ces conditions impliquent en contrepartie un transfert calorifique vers la surface et un régime tectonique (extension) permettant la remontée d'un magma de forte densité. En définitive, la présence de roches ultra-mafiques est communément associée à la présence d'un panache mantellique. Sous cet angle, il semble naturel de poursuivre le raisonnement et de suggérer que de telles conditions constituent un environnement privilégié pour la mise en place de complexes magmatiques (dépôts Cu-Ni ± EGP) et de systèmes hydrothermaux (dépôts SMV).

3 CARACTÉRISTIQUES DE LA BASE DE DONNÉES DU CONSOREM

La mise en œuvre de ce projet consiste donc en l'élaboration d'une base de données qui vise à faire une analyse statistique permettant de mettre en relief les relations, si elles existent, entre les caractéristiques géologiques et métallogéniques des ceintures.

Les principaux problèmes rencontrés lors de l'élaboration des tests de corrélation sont associés à des facteurs de nature statistique. Pour certains tests simples (statistique exploratoire), les résultats sont considérés comme valables, mais de peu d'intérêts puisqu'ils confirment un lieu commun des connaissances actuelles. Pour d'autres tests que l'on pourrait qualifier « d'élaborés » (tests multivariés), la nécessité de ne pas utiliser les variables manquantes représente l'une des limitations de cette étude.

3.1 Considérations sur les éléments de la base de données

3.1.1 Géométrie

Parmi les paramètres géométriques, la dimension de la ceinture ainsi que sa forme sont des caractéristiques qui peuvent être mises en relation avec la minéralisation. Mais dans les deux cas, il est important de définir les limitations qui permettent d'établir ces paramètres.

Dimension :

La dimension est un paramètre quantifiable dans la mesure où l'état des connaissances est satisfaisant. À cet effet, il est important de réaliser que la superficie est une variable indépendante en regard de la genèse de la ceinture. Parmi les variables externes susceptibles de modifier les relations géométriques, il y a le niveau d'érosion, la déformation, la superposition et le recouvrement. Par exemple, la ceinture de Hisovaara du bouclier Fenno-Scandinave ([figure 1](#)) représente un segment de ceinture ayant subi une modification de ses relations originales.

Niveau d'érosion :

La géométrie d'une ceinture de roches vertes est communément décrite comme une synforme simple ou complexe, ceci indépendamment des processus de tectonique horizontaliste ou verticaliste. La conséquence est que le niveau d'érosion aura un impact sur la dimension, sur la forme résultante et sur la distribution des ensembles lithologiques considérant que la distribution de ces ensembles est hétérogène.

Pour illustrer le concept, prenons l'exemple d'une lame mince faite dans une roche que l'on peut qualifier d'homogène en regard de la distribution de ses constituants internes, les minéraux. S'il est possible de répliquer la classification d'une roche, quel que soit le site ou l'orientation de la coupe ([figure 2](#)), il n'en est pas de même pour une ceinture. La [figure 3](#) montre une coupe schématique à travers une ceinture de roches vertes contenant un ensemble de lithologies de distribution hétérogène. Les proportions inter-lithologiques varieront d'une coupe à l'autre démontrant ainsi le problème de l'évaluation quantitative des constituants d'une ceinture.

Déformation :

La déformation peut modifier l'évaluation de la proportion des lithologies particulièrement lorsqu'elle est hétérogène. Le plissement de certaines unités peut gonfler l'évaluation de leur superficie mais l'impact de failles de chevauchement est certainement le plus grand pouvant causer plusieurs répétitions structurales et donc également engendrer une surestimation de certaines lithologies.

Superposition :

La superposition peut être causée par des fronts orogéniques (ceintures partiellement préservées en bordure de cratons) ou par la mise en place de masses batholitiques tardives. La Sous-province d'Abitibi peut être donnée en exemple avec la tonquature provoquée par le Front de Grenville d'une part et par le Front du Kapuskasing d'autre part.

Recouvrement :

La présence d'une couverture de roches plus jeunes affectera également l'évaluation de la superficie et de la forme de la ceinture ainsi que l'évaluation de la proportion des lithologies sous-jacentes.

3.1.2 Morphologie

Proposer une classification des ceintures sur la base de leurs caractéristiques morphologiques, sans égard aux considérations génétiques et/ou structurales, représente un défi important de cette étude. Plusieurs classifications sont proposées dans la littérature, mais nombre d'entre elles sont relatives à un aspect structural (e.g. Kusky et Vearncombe, 1997) ou génétique (e.g. Anhaeusser et al., 1969 ; Groves 1982 ; Bouhallier et al., 1995). Notre étude propose une classification visuelle à partir de critères empiriques. Ainsi neuf classes ont été définies ([figure 4](#)).

Un second aspect de la classification géométrique est relatif à la qualité et à l'homogénéité des cartes géologiques. Ainsi, les cartes ayant une faible définition tendront vers un aspect amiboïde, alors qu'une augmentation de la définition permettra d'attribuer des caractéristiques géométriques spécifiques. Les cartes géologiques produites dans la base de données (MS-Access / MapInfo) proviennent de sources diverses et sont donc sujettes à être de qualité disparate. Une façon simple de vérifier l'homogénéité du détail des cartes est de produire un diagramme des superficies en fonction des périmètres. Puisque le périmètre est une dimension fractale, ce dernier devrait tendre vers l'infini lorsque la définition devient très précise. D'autre part, la surface devrait converger vers un nombre réel. La vérification de l'homogénéité des cartes géologiques serait donc démontrée par une relation linéaire entre la surface et le périmètre. À quelques exceptions près, la [figure 5](#) montre que les cartes des différentes ceintures sont représentatives d'un processus de digitalisation homogènes et qu'elles permettent une approche comparative.

3.1.3 Lithologie

Chaque ceinture est définie à partir d'un ensemble de lithologies (ou lithotype) sans égards aux assemblages lithostratigraphiques. La définition des types lithologiques est fonction d'un état inégal de connaissances des ceintures les unes par rapport aux autres. L'information trop détaillée a été généralisée afin d'être d'un niveau permettant la comparaison entre les ceintures. Ainsi une dizaine de types lithologiques ont été définis. Les unités volcaniques sont définies en termes de différenciation (BADR) et ne contiennent aucune connotation sur la nature de la suite (saturée ou sous-saturée). Les roches sédimentaires sont regroupées en deux sous-types soit les unités silico-clastiques et les unités chimiques. Le premier inclut autant les séquences matures qu'immatures, shales que conglomérats ; le second contient les formations de fer (BIF), les carbonates et les cherts.

La surface d'exposition d'une lithologie donnée est le seul paramètre utilisé pour quantifier l'abondance des types lithologiques. Les unités lithologiques sont des volumes et la surface correspond simplement au niveau d'exposition des unités. La surface est donc considérée comme un estimateur permettant de comparer les propositions relatives des types lithologiques entre eux ceci en faisant l'hypothèse que l'exposition de surface est représentative de l'ensemble de la ceinture aussi bien de ce qui a été érodée que de ce qui se poursuit en profondeur [sic].

La documentation d'un type lithologique pour une ceinture donnée a pour effet d'assigner une valeur non nulle aux caractéristiques associées (type de roche, superficie, etc.). Toutefois, la non- documentation d'une lithologie n'implique pas nécessairement que cette lithologie soit inexistante. Elle peut ne pas avoir été répertoriée lors de la documentation des ceintures ou elle se retrouve en quantité minimale ou encore elle est objectivement absente. Par exemple, une référence de la littérature peut faire état de la présence de roches ultramafiques sans toutefois en donner explicitement la localisation sur une carte géologique. Dans un tel cas, la lithologie « roche ultramafique » sera activée pour cette ceinture, sans qu'une valeur ne soit attribuée à la superficie. On comprendra que cette information non quantitative de type booléen « présente/absente » donne l'avantage de procéder à différents traitements qualitatifs.

La [figure 6](#) permet d'avoir une vue d'ensemble de la répartition des types lithologiques en fonction des ceintures. On y remarque que 52 ceintures sont définies par un seul type lithologique, ce qui, dans la base de données, représente l'information la plus élémentaire relativement à une ceinture et correspond aux limites propres de cette ceinture. Pour ces cas particuliers, la lithologie est associée à une roche volcanique mafique.

Toutefois, ces cas sont exclus du traitement statistique car l'expérimentation a montré qu'un minimum de quatre à cinq lithologies est nécessaire pour établir une relation significative.

3.1.4 Métamorphisme

Tout comme pour la classification géométrique, il est difficile de traiter de façon concise le métamorphisme d'une ceinture. L'idéal serait de disposer d'une carte de la distribution des faciès métamorphiques pour chacune des ceintures, ce qui est rarement le cas. Pour certaines, il est possible de documenter une distribution détaillée des faciès, pour d'autres un seul commentaire général est disponible. Plusieurs ceintures sont marquées par un polymétamorphisme, par différents types (dynamothermale, auréole de contact) ou par un métamorphisme rétrograde.

Il est donc généralement arbitraire de résumer le faciès métamorphique par un seul terme. Cette information doit donc être traitée avec circonspection et nécessiterait d'être élaborée avec autant de détails que les lithologies, ce qui dans l'état actuel de la base de données n'est pas disponible.

3.1.5 Minéralisation

Dans la mesure du possible, l'étude tente de documenter les minéralisations associées aux ceintures de roches vertes en ayant comme objectif de faire ressortir un portrait global de la fertilité relative. Cette information est essentielle pour sonder les éventuelles relations entre la géométrie et les types lithologiques d'une ceinture en fonction de sa fertilité.

La documentation des minéralisations se fait à partir d'une liste de dépôts documentés pour chaque ceinture et de leurs caractéristiques (localisation, type de minéralisation, tonnage et teneurs, les références).

Le tonnage total de la ceinture représente une somme pour tout type de minéralisation confondu et la valeur métal de la ceinture est basée sur une valeur fixe des produits minéraux (les valeurs des produits ne peuvent être modifiées qu'en accédant au code VBA). Les valeurs utilisées sont présentées au **tableau 3** :

Tableau 3 : Valeurs des produits minéraux utilisées pour établir la valeur métal des ceintures

Substance	Prix (\$ US)
Cu	1500 / tonne
Zn	760 / tonne
Pb	420 / tonne
Ni	6800 / tonne
Au	380 / once
Ag	4,60 / once
Pt	500 / once
Pd	350 / once

Il va de soi que la valeur métal d'une ceinture est le reflet d'un état des connaissances et qu'il est parfois difficile de trouver une information sur le tonnage et les teneurs. Il en ressort que la valeur proposée dans la base de données représente parfois une sous estimation de la réalité parce que plusieurs dépôts sont manquants ou encore parce que le secteur est peu développé et qu'une charge métal importante demeure à être actualisée.

La **figure 7** donne un aperçu de la distribution des tonnages des dépôts documentés dans la base de données. Sur cette figure, nous avons intentionnellement omis les gîtes et indices de moins de 100 000 tonnes, ce qui met

bien en relief la distribution unimodale des tonnages pour les mines documentées. Pour certaines ceintures – particulièrement pour celles des provinces canadiennes – les sources d’informations ont permis d’inclure les indices de minéralisations. Toutefois la distribution de l’information ne possède pas l’homogénéité requise pour en faire un traitement statistique valable.

En fait, la distribution de la [figure 7](#) met en relief les caractéristiques d’une population définie par les contraintes économiques d’un dépôt. Géologiquement, la distribution n’est pas contrainte par des conditions telles une teneur de coupure ou une dimension minimale. Les paramètres statistiques d’une telle distribution diffèrent substantiellement de ceux d’une mine. L’omission d’intégrer tout le spectre des minéralisations dans la base de données a inévitablement des conséquences sur la nature des relations. Par exemple, des ceintures pourraient être classées comme non minéralisées simplement sur la base d’un état de connaissances qui ne permet pas d’établir la présence de minéralisation.

3.2 Fonctionnement de la base de données

La structure de la base de données (BD) est simple et permet une utilisation avec un système d’informations comme MapInfo. Tel que montré à la [figure 8](#), elle contient sept fichiers primaires, un fichier de visualisation (LookUp) et un fichier de références. À noter que la dénomination des fichiers suit une convention simple tri-partite¹. Le [tableau 4](#) établit la liste et le contenu des différents fichiers.

Tableau 4 : Liste des fichiers de la base de données et leur contenu

Nom des fichiers	Description du fichier
tacCeintureCSREM	Ensemble des informations uniques représentant une ceinture de roches vertes. Une ceinture est caractérisée par sa géométrie, ses dimensions et sa lithostratigraphie en termes de superficie et de pourcentage relatif, de même que par son contenu en métaux.
tacAssemblageCSREM	Chaque ceinture est caractérisée par une suite d’assemblages (roches volcaniques mafiques / felsiques, roches ultramafiques, roches sédimentaires silico-clastiques / chimiques, roches intrusives, etc.). Chacun de ces assemblages est lié à un fichier MapInfo (tmiCeintureCSREM) afin de pouvoir en extraire les informations géométriques. Lorsque disponible, une géochronologie est attribuée, ce qui permet de déterminer la vitesse approximative de développement d’une ceinture.
tacFaillesMajeurCSREM	Chaque ceinture possède des éléments structuraux d’importance relative. Ce fichier permet de répertorier les éléments interprétés comme significatifs. Il est lié à un fichier MapInfo (tmiFailleCSREM).
tacCratonCSREM	Description des caractéristiques générales de chacun des cratons. Outre le regroupement des ceintures sous la bannière de cratons spécifiques, ce fichier a un contenu plutôt qualitatif.
tacModelGeneticCSREM	Description des modèles géotectoniques proposés dans la littérature pour expliquer le développement de chacune des ceintures.

¹ Le protocole de dénomination tripartite des fichiers est décrit à l’annexe I.

Nom des fichiers	Description du fichier
tacMineralisationCSREM	Regroupement des principaux dépôts économiques de chacune des ceintures. Elle contient un descripteur sur le type de minéralisation, de même que le tonnage et les teneurs. Ce fichier est lié à un fichier MapInfo (tmiMineralisationCSREM).
tacMetamorphimseCSREM	Description des principaux faciès métamorphiques rencontrés dans la ceinture. Ce fichier est lié au fichier MapInfo (tmiMetamorphismeCSREM), laquelle contient, lorsque disponible, les zones de répartition des différents faciès.

Les fichiers sont liés via une clé primaire (IDCeinture) et l'information peut être visualisée à partir de formulaires de navigation. La [figure 9](#) présente le formulaire permettant la visualisation et l'entrée des données. Il contient deux types de contrôles soit des boîtes de captures de données et des boutons permettant des actions. Le coin supérieur gauche contient le nom de la ceinture et quelques paramètres généraux (âge, superficie), à droite ce retrouve une image de la ceinture, laquelle représente un lien OLE vers la carte MapInfo ©. Suit un ensemble de volets contenant l'information relative aux assemblages lithologiques, le métamorphisme, les failles, le modèle géotectonique et la classification géométrique.

La documentation des minéralisations occupe la moitié inférieure du formulaire principal de la base de données. On y retrouve une grande fenêtre où apparaît une liste des dépôts documentés incluant le nom, la localisation (longitude, latitude), une classification sommaire (type de minéralisation), un commentaire (facultatif), le tonnage et les teneurs, de même que – n'apparaissant pas sur la figure – la référence. À noter que le champ précédant le tonnage donne la production en kilogramme d'or. Ce champ est parfois utilisé lorsque la source de l'information ne précise pas le tonnage et les teneurs. Cette information par dépôt fait l'objet d'un sommaire à l'aide des champs « Contenu Métal » (partie centre du formulaire) ou apparaît la production totale de la ceinture. Lors de l'utilisation de la base de données, on remarquera que ces valeurs « total par ceinture » apparaissent parfois en bleu. Cette particularité indique que la valeur totale a été ajoutée de façon indépendante et ne représente pas fidèlement le total des dépôts proposés. Cette procédure est souvent utile lorsqu'un article cite une production totale de la ceinture sans référer au détail dépôt par dépôt. Notons enfin que le tonnage total de la ceinture représente une somme pour tout type de minéralisation confondu.

3.3 Requêtes paramétrées

Un élément de la base de données permet d'exécuter des requêtes SQL en utilisant une fenêtre de capture pour les critères de sélection et un choix de mise en page. Le choix de graphique proposé par l'interface MS-Graph de Access est limité et peu convivial. Toutefois, pour les besoins de l'utilisateur, les résultats de la sélection SQL sont temporairement enregistrés dans le fichier portant le nom « tmpCustomGraphData ». L'utilisateur peut donc exporter ces données vers un son utilitaire favori pour la production et l'édition des graphiques. À noter que le fichier « tmpCustomGraphData » est détruit et régénéré à chaque utilisation, de sorte que les informations qui s'y retrouvent sont associées à la dernière production d'une requête SQL.

L'avantage de procéder en utilisant cette interface de requête est qu'elle met en relation des informations très spécifiques qui permettent de demeurer au fait de la présence de valeurs extrêmes [outliers], de valeurs manquantes ou de populations trop restreintes. L'expérience de l'auteur sur l'utilisation de méthodes plus élaborées, tels les traitements multivariés et les réseaux neuronaux, indique que la base de données ne possède pas les attributs pour en faire une utilisation générale. Auquel cas, il est vivement suggéré de demeurer vigilant sur la validité des résultats.

Tel que montré à la [figure 10](#), le formulaire de génération de requêtes SQL contient trois parties. La moitié supérieure permet de spécifier les paramètres de sélection des ceintures pour lesquelles nous voulons faire un graphique.

La moitié inférieure gauche permet de faire un choix de types de graphiques. À noter que l'interface Access ne permet pas de faire de graphique 3D et 3D-bulles. Cet élément a toutefois été conservé afin de donner l'opportunité de créer un fichier temporaire nommée « tmpCustomGraphData » ou l'utilisateur aura loisir d'exporter les informations vers son utilitaire de dessin favori. Un survol rapide de ce formulaire permet d'apprécier toute l'étendue d'application et la souplesse des requêtes possibles.

La moitié inférieure droite permet de choisir les variables pour les différents axes et de choisir l'option d'utiliser les valeurs logarithmiques, lesquelles caractérisent de nombreuses distributions.

La requête illustrée à la [figure 10](#) indique de sélectionner les ceintures dont l'âge se situe entre 1.8 Ga et 2.5 Ga (Paléoproterozoïque) et d'exécuter un graphique 2D-bulles où l'axe des X représente la superficie de roches volcano-sédimentaires (donc à l'exclusion des roches intrusives), l'axe des Y représente le pourcentage de roches sédimentaires et la grosseur des points indique le contenu en or de la ceinture (kilogrammes d'Or).

Le résultat de la requête est présenté à la [figure 11](#). On y retrouve un titre résumant textuellement la phrase SQL, un graphique avec l'identification des axes, de même que le nombre de ceintures utilisées lors de cette sélection. Le graphique est produit de sorte que les bulles de grandes dimensions soient dessinées avant celles de petites dimensions, pour éviter que certaines ne soient occultées par une voisine de grande dimension. Le graphisme est généralement de qualité intermédiaire, mais permet néanmoins d'extraire rapidement l'information de la base de données. Plusieurs graphiques du présent rapport ont été générés à partir de cette interface (figures 4, 6, 8, 21).

Tel qu'indiqué précédemment, les données relatives à cette requête sont temporairement enregistrées dans le fichier portant le nom « tmpCustomGraphData ». La [figure 12](#) montre le contenu de ce fichier, on y retrouve le numéro des ceintures (clé primaire de la base de données), le nom des ceintures et la valeur des axes X, Y et Dimension, lesquelles correspondent respectivement aux contenus (log) des superficies de roches volcano-sédimentaires, au pourcentage de roches sédimentaires et au contenu en kilogrammes d'or (bulles).

4 CLASSIFICATION DES DONNÉES SUR LES CEINTURES DE ROCHES VERTES

4.1 Classification en fonction de la superficie

La nomenclature utilisée dans la littérature pour définir les ceintures de roches vertes est très variable. On les définit parfois comme des terranes, pour désigner des fragments de croûte à l'intérieur desquels les relations géologiques sont relativement continues et où il est possible d'établir un modèle d'évolution chronologique. Les limites de ces ceintures peuvent être caractérisées par des discontinuités d'envergure régionale. La définition de ceinture est qualitativement associée à la continuité géologique des assemblages volcano-sédimentaires, par exemple les ceintures de la Sous-province de Sachigo. Dans ces cas où il y a peu d'ambiguïtés, la présence éventuelle de lambeaux de roches vertes à la périphérie immédiate sera de facto associée à cette ceinture. Cette définition qualitative devient toutefois ambiguë pour les secteurs où il y a continuité entre différents segments d'un groupe de ceintures, par exemple les ceintures de la Sous-province de Birch-Uchi ou de Wabigoon. Dans ces sous-provinces, de larges masses batholitiques segmentent partiellement les assemblages de roches vertes, ce qui apporte un élément de subjectivité dans la définition des limites des ceintures. Cette ambiguïté n'est pas apparente pour la ceinture d'Abitibi dû au fait que cette dernière englobe entièrement les batholites. La définition devient d'autant plus ambiguë si l'on considère les nombreux segments volcano-sédimentaires du Grand Nord québécois. Ainsi, la ceinture de Coulon représente un petit segment volcano-sédimentaire isolé dans une mer de granitoïdes située dans la région du lac Gayot (Boily et al., 2002), lequel contient un essaim de ces segments. Il y aurait donc dans cette région autant de ceintures que de segments.

Du point de vue des dimensions, il est difficile de définir selon des critères stricts ce que sont les ceintures de grandes dimensions versus celles de moyennes et de petites dimensions. Sur un échantillon de plus de 316 ceintures à travers le monde ([figure 13](#)), il apparaît que la distribution des superficies représente une population log-normale. Il est à noter que la population utilisée ne contient pas les principales ceintures de grandes dimensions telles celles d'Abitibi, du Norseman-Wiluma de même que la myriade de septa volcano-sédimentaires pour lesquels il y a peu d'information. La moyenne (log-normal) de cette population est de 1470 km² (+/- É.T. : 325 @ 3670 km²), ce qui représente une ceinture oblongue d'environ 10 x 150 kilomètres.

Pour bien circonscrire cette population, la notion de petites ceintures est définie comme représentant approximativement la moyenne plus ou moins deux écart-types de notre population. Afin de tenir compte des effectifs de classe de cette division, les premier et troisième quartiles de la distribution sont également utilisés, ce qui donne lieu à une sub-division des petites ceintures. Enfin, les ceintures au-delà et en-deçà de ces classes appartiennent respectivement aux Grande ceintures et aux septa. Cette classification finale en cinq classes ([tableau 5](#)) permet de bien caractériser la population log-normal. Les deux extrêmes de cette distribution sont difficiles à traiter de façon statistique pour des raisons complémentaires. Les septa volcano-sédimentaires sont nombreux mais peu documentés (population statistiquement significative, mais peu d'information à traiter), alors que les grandes ceintures sont peu nombreuses mais bien documentées (beaucoup d'informations à traiter, mais basées sur une distribution statistique de quelques individus). Deux ceintures d'exception, Abitibi et Norseman-Wiluma, pourraient être qualifiées de Géante.

En conclusion de la classification des ceintures sur la base des dimensions, il pourrait être possible de considérer les très grandes ceintures comme étant le résultat de la combinaison de plusieurs ceintures. Dans ces cas, les limites physiques des ceintures seraient représentées par des zones de déformations régionales. Dans un même ordre d'idée, il serait abusif de considérer chacun des septa comme étant une ceinture. Le seul fait que ces septa se retrouvent en essaim milite en faveur d'une genèse commune et suggère qu'ils représentent les vestiges d'un élément crustal antérieur continu.

Tableau 5 : Classification des ceintures en fonction de leur superficie.

Nom Classe	Distr.	Lim. de Classe	Exemple
Septa	Log-N	Moins de 70 km ²	Septa volcano-sédimentaires.
Petites Ceintures	Petite Ceinture I	Moy-2StD 71.5 km 1 ^{er} Q 585 km	70 < Superficie < 600 Dharwar (Kolar, Raichur, Kaliady, Holenarsipur), Yilgam (SaddleBack, Plutonic Well), Pontiac (Belleterre), Sao Francisco (Alma, Carajas, Crixas), Slave (Yellowknife, Indian Lake, Courageous, Brislane), Superior (Manitouwadge, Michibishu).
	Petite Ceinture II		600 < Superficie < 4500 Superior (North Caribou, Red Lake, Rice Lake), Leo Rise (KouroussaYaouré), Sao Francisco (Rio das Velhas), Yilgam (Day Dawn, Gum Creek), Dharwar (Hutti-Maski, Bababudan).
	Petite Ceinture III	3 ^{ème} Q 4 444 km Moy+2StD 30 239 km	4500 < Superficie < 30 000 Dharwar (Chitradurga-Gadag), Fennoscandian (Kiruna, Lapland-Kittila), Kaapvaal (Barberton), Sao Francisco (Rio Novo), Slave (Izok-Point Lake, Contwoyto), Superior (Lake of the Woods, Sturgeon-Savant Lakes)
	Grande Ceinture		Plus de 30 000 km ² Ceintures de la Sous-province d'Abitibi et du Norseman-Wiluma. Sao Francisco (Serido), Malaisie (Meavatanana), Inde (Aravalli-Delhi)

4.2 Classification en fonction de la productivité

Puisque l'objectif de ce travail est de dégager des « indicateurs à la fertilité », il importe de faire une revue des ceintures répertoriées pour proposer une classification « a priori » - au sens statistique du terme - afin d'obtenir un échantillon valable et représentatif des ceintures dites « fertiles ». Pour y parvenir, quelques diagrammes mettant en relation la production métal d'une ceinture en fonction de sa superficie sont présentés.

Le diagramme de la [figure 14](#) montre la relation entre la superficie d'une ceinture et son contenu « avéré » en or (le poids métal représente la somme du contenu en or pour l'ensemble des mines d'une ceinture ou pour certains cas la production totale telle que relaté dans la littérature). La distribution, log-normale selon les deux axes, est très clairement en « coup de fusil » (coefficient de corrélation de 0.13), établissant qu'il n'existe aucune relation simple entre la superficie d'une ceinture de roches vertes et la fertilité.

De ce graphique, il est possible d'énoncer que les petites ceintures de roches vertes sont tout aussi favorables à la présence de minéralisations aurifères que celles de plus grandes envergures. Cette conclusion est intéressante quelque soit le modèle envisagé pour expliquer la distribution des superficies. Si cette distribution est causée essentiellement par des taux variables de préservation (paradigme : toutes les ceintures sont identiques par ailleurs, la distribution des superficies est causée par le taux de préservation), alors l'or n'est pas associé à un site géométrique particulier, mais peut se retrouver en tout lieu d'une ceinture. Nous pourrions dire que cette substance est présente à tous les niveaux crustaux, c'est-à-dire autant dans les séquences détritiques près de la surface que dans les niveaux profonds. D'autre part, si la distribution est associée à des paramètres génétiques (paradigme : La distribution des superficies reflète des conditions différentes de formation), alors nous pourrions énoncer que ces variations sont sans conséquences sur la métallogenèse de l'or.

Outre la relation entre le contenu aurifère et la superficie d'une ceinture, nous pouvons considérer d'autres produits. Les [figures 14](#) et [15](#) permettent d'affirmer que l'or et le cuivre montrent des distributions log-normales uni-modales sans relation avec la superficie des ceintures. Le zinc, l'argent et le nickel ont un comportement distinctement bi-modal. La bimodalité de ces trois derniers produits permet de déterminer un seuil au-delà duquel la ceinture est dite « très fertile » (Ceinture de classe mondiale). Pour le zinc, le seuil anomalique est de 500 000 kg. Pour l'argent, il est de 1 million de kg. Pour le nickel, il est de 300 000 kg. Pour l'or et le cuivre, le seuil a été fixé à 100 000 kg. Le [tableau 6](#) présente le résultat de cette classification.

Comme on peut le voir au [tableau 6](#), les ceintures dites « fertiles » sont présentes dans l'ensemble des cratons archéens. Il n'existe donc pas de craton virtuellement stérile. On y remarque clairement des associations entre certains métaux, ce qui permet de définir des types de ceinture en termes d'association métallifère. Entre autre, certaines ceintures ne produisent que de l'or (Kolar, Ashanti, Kéniéba, Rio das Velhas, Sukumaland-Geita) avec des quantités négligeables de cuivre ; d'autres se reconnaissent à leur production en Ni-Cu (Pechenga, Agnew-Wiluna, Sandstone, Thompson Nickel, Cape Smith, Andriamena) ; un autre groupe produit essentiellement du zinc et de l'argent (Aravalli-Delhi, Téhini-Poura) ; un dernier groupe pourrait être qualifié de polymétallique (Carajas-Rio Novo, Izok-Point Lake, Sturgeon-Savant Lakes, Flin Flon, Skellefte, Yalgoo, Whim Creek, Manitouwadge, Panorama-Pilgangoora, Rusty Lake). À noter que pour ce dernier groupe, la ceinture de Carajas-Rio Novo représente possiblement une classification erronée puisque cette ceinture contient de nombreux dépôts de type IOCG et que ces derniers ont une métallogenèse particulière.

Même si ces regroupements ont trop peu de représentants pour faire un traitement statistique, certaines tendances peuvent être dégagées. Par exemple, les ceintures aurifères se retrouvent dans un groupe de cratons (Dharwar, Leo Rise, Sao Francisco, Tanzanian) pour lesquels le modèle géotectonique proposé implique un rift continental ou une subduction en marge continentale. La carte géologique de ces ceintures ([figure 16](#)) montre qu'elles recouvrent un large spectre de superficie (400 à 22 000 km²) et une nette prépondérance de roches sédimentaires silico-clastiques et d'intrusions felsiques. L'abondance des uns indique la présence d'un tablier ou plateforme, réceptacle des produits d'érosion, la chimie des autres indique une composante crustale pour la génération des magmas. Pour la ceinture de Rio das Velhas, un panache mantellique est invoqué pour expliquer la pétrogenèse des unités. On notera que la ceinture de Kolar est essentiellement constituée de lithologies volcaniques mafiques, ce qui représente une demi-vérité. En réalité, cette ceinture est caractérisée par une inter-digitation complexe de schistes mafiques à felsiques incluant des

formations de fer. Une part importante de cette ceinture est donc vraisemblablement constituée de roches métasédimentaires.

Tableau 6: Liste des ceintures ayant un contenu démontré en métaux. Ces ceintures seront utilisées pour caractériser les ceintures fertiles (classification « a priori »).

Ceinture	Produit	Au	Cu	Zn	Ag	Ni
		(Kg)				
Amalia-Kraaipan	Au	124 416				
Ashanti	Au	1 597 020				
Barama-Mazaruni-Pastora-Botanamo	Au	171 040				
Barberton	Au	251 600				11 070
Bubi-Bulawayo	Au	104 209				75 000
Courageous lake - Matthews Lake	Au	260 178				
Geraldton-Beardmore-Onaman-Tashota	Au	139 236	3 511	11 528		
Gweru-Mvuma-Midlands-Kadoma-Kwekwe	Au	690 362				210 000
Harare-Bindura-Shamva-Mount Darwin	Au	183 228				87 100
Hope bay	Au	142 195				
Hutti-Maski	Au	532 698				
Kéniéba	Au	129 113				
Kilo	Au	176 600				
Kolar	Au	800 000				
La Ronge Bridgeman	Au	647 467				
Lac des îles	Au	232 650				
Laonil-Keg-Sadler	Au	141 988				
Lynn Lake	Au	203 009	98 580			199 600
Moto	Au	114 800				
Mundo novo-Jacobina	Au	139 538				
Murchison Yilgarn	Au	281 742				
Ngayu	Au	123 000				
Nzega	Au	122 728	28 270			
PickleLake-MeenDempster	Au	99 244				
Plutonic Well	Au	227 799				
Red Lake	Au	732 582	1 790	9 533	7 692	
Rio das Velhas	Au	1 071 058				
Saddleback	Au	609 839	94 380			
Sefwi	Au	144 883				
Snow Lake	Au	221 497				
Southern Cross (Bullfinch/Forrestania)	Au	208 849				202 999
Sukumaland-Geita	Au	654 727				

Ceinture	Produit	Au	Cu	Zn	Ag	Ni
		(Kg)				
Tati	Au	131 340				
Yellowknife	Au	398 783				
Batchawana	Cu		215 930			
Coppin Gap	Cu	3 899	155 040			
Matsitama	Cu		500 500		45 500	
High Lake	Cu	22 038	168 376	115 395	105 645	
Izok-Point Lake	Cu, Ag	16 641	440 540	2 281 690	1 218 930	
Whim Creek	Cu, Ag		194 352	83 480	1 319 860	206 880
Carajas - Rio Novo	Cu, Ag, Au	1 066 326 23	624 600		5 587 000	
Panorama-Pilgangoora	Cu, Zn	1 230	126 800	536 700	168 400	
Rusty Lake	Cu, Zn		680 610	745 430		
Manitouwadge-Hornepayne	Cu, Zn, Ag		1 012 095	2 109 409	3 047 467	
Noranda	Cu, Zn, Ag	3 765 646	2 401 992	1 651 962	1 582 527	
Skellefte	Cu, Zn, Ag	28 520	336 000	1 143 500	1 273 600	
Sturgeon-Savant Lakes	Cu, Zn, Ag	12 580	391 430	2 008 309	3 313 799	
Yalgoo	Cu, Zn, Ag	23 490	797 850	1 817 100	1 720 800	
Flin Flon	Cu, Zn, Ag, Au	520 547	3 687 258	6 535 454	4 860 243	
Pechenga	Ni					957 560
Sandstone	Ni	18 542				360 000
Thompson Nickel	Ni					6 815 520
Agnew-Wiluna	Ni, Au	142 793				2 604 510
Andriamena	Ni, Cu		251 750			1 900 000
Sudbury Complex	Ni, Cu		16 995 000			19 800 000
Cape Smith	Ni, Cu		303 565			798 529
Aravalli-Delhi	Zn			11 173 400		
Téhini-Poura	Zn	33 629		1 037 400	148 200	
Nose Lake	Zn, Ag	15 604	45 823	961 365	2 977 236	
Schreiber-Hemlo-Heron Bay	Zn, Au	1 035 104	33 578	501 388	101 940	

[Retour au texte](#) ; [Retour section 6.4](#)

Pour les ceintures productrices de zinc-argent, on remarque une abondance de roches silico-clastiques dans un contexte de marge continentale (ceintures de Téhina-Poura et d'Aravalli-Dehli, [figure 17](#)). La principale différence avec le groupe précédent est qu'il y a plus de roches volcaniques mafiques au détriment des intrusions felsiques. Ces deux ceintures d'exception contiennent des dépôts de sulfures massifs volcanogènes riches en zinc dont la roche hôte est sédimentaire et à proximité de volcanites mafiques. Le contexte litho-structural s'apparente à celui des zones d'extension où il y a un apport important en sédiments.

Dans le groupe des ceintures à production Ni-Cu ([figure 18](#)), on retrouve des environnements de rift continental pour certains et océanique pour d'autres. Les lithologies caractéristiques sont les volcanites et intrusions mafiques à ultra-mafiques, de même que les roches sédimentaires. Il n'y a pas de surprise à retrouver ces deux lithologies qui rappellent les pré-requis généralement acceptés de la genèse de dépôts Cu-Ni-EGP, c'est-à-dire des roches non-différenciées, de nature mantellique et un apport en soufre pour provoquer la précipitation des métaux. Ce soufre est communément contenu dans les séquences sédimentaires. La répartition des lithologies dans ces ceintures varie substantiellement selon que les minéralisations sont associées à l'expression extrusive

ou intrusive des roches UM. La seule ceinture dont les caractéristiques lithologiques diffèrent de façon substantielle du groupe est la ceinture de Thompson Nickel. Dans cette dernière, il y a peu de roches extrusives et l'essentiel des roches ultramafiques recoupe un socle gneissique.

Enfin, dans le groupe des ceintures à production polymétallique ([figure 19](#)), on retrouve en prépondérance des modèles de bassin arrière arc. Ces ceintures sont généralement caractérisées par l'abondance des volcanites mafiques et la présence de complexes felsiques. On y retrouve également des intrusions consanguines avec le volcanisme et une proportion variable de roches sédimentaires. Tel que mentionné précédemment, la ceinture de Carajas - Rio Novo représente potentiellement un cas distinct puisque les minéralisations poly-métalliques s'y retrouvant appartiennent au groupe des Fer-Oxyde (IOCG).

En utilisant la colonne des produits de ce tableau, laquelle tient lieu de classification « a priori », l'analyse discriminante montre qu'il n'existe aucune relation simple avec les variables géométriques des ceintures². Ce premier test d'analyse multivariée est révélateur puisque malgré l'utilisation d'un sous-groupe ayant des caractéristiques métallogéniques très contrastées, le traitement ne parvient pas à discerner de tendances.

5 ANALYSE DES DONNÉES SUR LES CEINTURES DE ROCHES VERTES

Trois approches sont possibles pour faire le traitement et l'analyse des données sur les ceintures de roches vertes :

1. l'approche empirique, c'est-à-dire utiliser les ceintures ayant un historique d'exception et tenter une classification à l'aide de méthodes statistiques multivariées ;
2. l'approche conceptuelle, c'est-à-dire définir un concept métallogénique et retrouver les ceintures arborant les caractéristiques probantes ;
3. l'approche archétypale, c'est-à-dire utiliser une ceinture type ayant une productivité reconnue et tenter de retrouver des ceintures jumelles dans la réalité québécoise.

L'un des principaux aspects de l'analyse des ceintures de roches vertes est centré sur la recherche de relations entre les éléments lithologiques et géométriques des ceintures en fonction de leurs « charge métal ». Pour qu'une telle analyse soit valable, il faut qu'il y ait indépendance entre les deux sources d'information. Une ceinture non-minéralisée doit donc avoir fait l'objet d'une documentation lithologique d'aussi bonne qualité qu'une autre contenant des minéralisations. Toutefois cette indépendance peut être questionnée dans la mesure où une ceinture contenant des minéralisations significatives aura une meilleure probabilité d'avoir fait l'objet de travaux (cartographie, géochimie, géophysique, provenant des secteurs privés et publics).

L'histogramme de la [figure 20](#) montre la distribution des ceintures en fonction du nombre de types lithologiques qui leurs sont propres. Pour un nombre de types lithologiques déterminé, on y présente les effectifs pour le nombre de ceintures et le nombre de gisements documentés. Il en ressort que les ceintures ayant plusieurs lithologies (plus de six lithologies) sont associées à un plus grand nombre de gisements. Cette relation peut être « factuelle », c'est-à-dire que la diversité lithologique d'une ceinture est un élément probant pour l'occurrence de minéralisations ou que la relation est « anthropogénique », c'est-à-dire que l'occurrence de minéralisations a un effet d'attraction de la communauté géoscientifique, laquelle ajoute au corpus d'informations de la dite ceinture. Dans ce sens, une ceinture ayant moins de quatre lithologies n'est pas nécessairement le reflet d'un processus de formation (e.g. contexte géotectonique) particulier, mais peut-être celui d'une déficience dans l'état des connaissances.

² Analyse discriminante: variable dépendante : produit (tableau 4), variables explicatives: Surface V-Sed., Surf. Total, Périmètre, Aire/Périmètre, Longueur, Largeur. Résultats : le barycentre des différents groupes varie peu, le taux de re-substitution par rapport à la classification a priori est de 38%.

L'interdépendance des variables lithologies et minéralisations est un obstacle aux analyses combinant à la fois des ceintures bien documentées et faiblement documentées. Une façon simple de contourner le problème est d'utiliser les lithologies dont l'occurrence est virtuellement toujours vraie, tel les volcanites mafiques et les intrusions felsiques, et de faire des analyses qui demandent deux à trois autres variables, ce qui assure de l'utilisation de ceintures ayant plus de 4-5 types lithologiques. Les superficies sont toutefois indépendantes de ce problème.

5.1 Facteur d'échelle : ressource versus ceinture

Le développement d'une ressource minérale significative pourrait avoir comme prémisse qu'il y ait un volume important de roches supracrustales, autant pour accommoder un ou plusieurs systèmes hydrothermaux que pour avoir de grandes sources de métaux. Pour visualiser cette relation, nous allons considérer la superficie des ceintures en fonction du tonnage et du contenu métal. L'un pouvant être associé à l'employeur d'un système (type porphyre), l'autre à l'intensité et la vigueur du processus minéralisateur (SMV et filons Au). Le diagramme de la [figure 21](#) explore la relation en fonction du tonnage. Il constitue un histogramme où l'abscisse représente la superficie totale d'une ceinture et l'axe des « Y » représente le tonnage individuel des dépôts pour chacune de ces ceintures. La répartition des dépôts selon leur tonnage ne présente aucune corrélation avec la superficie de la ceinture hôte. Pour illustrer ce fait, nous avons inclus la population de dépôts pour le secteur sud d'Abitibi (n=86 dépôts, incluant les camps miniers de Bousquet, Noranda, Kirkland lake et Timmins). La distribution des tonnages pour cette population se situe entre 7,000 tonnes (Newbec) et 82 millions de tonnes (Dome). Il est intéressant de noter que cet éventail caractérise de nombreuses petites ceintures.

Un second point d'intérêt est relatif au dépôt de Buddington dans la ceinture de Saddleback en Australie (porphyre aurifère archéen contenant 726 000 000 tonnes à une teneur de 0.84 gr/t), lequel est associé à une ceinture de moins de 350 km² (environ 10 x 35 km). Même si ce type de dépôt ne fait pas légion à l'Archéen, sa présence indique tout de même qu'il n'y a pas d'incompatibilité à retrouver des appareils hydrothermaux de grandes envergures, associés à des ceintures de petites dimensions.

Les appareils hydrothermaux associés aux petites ceintures ont donc autant de potentiel que les grandes ceintures pour la genèse de dépôts de grandes envergures.

La [figure 22](#) présente le contenu métal en or (onces) en fonction de la superficie des ceintures de roches vertes (les dépôts de sulfures volcanogènes, magmatiques et autres types en sont exclus). À noter qu'une seule ceinture appartenant à cette population de 66 enregistrements est au-delà des limites du graphique. Il s'agit de la ceinture « étalon » Timmins-Bousquet, laquelle a un contenu aurifère de 131 Moz Au.

Si on fait abstraction de la ceinture étalon (qui est une ceinture de grande dimension), on retrouve un ensemble de ceintures de petites dimensions dont le contenu aurifère minimal (c.-à-d. tel que présentement documenté dans la base de données) est de plus de 10 Moz et atteint près de 40 Moz.

Ce graphique permet d'énoncer que la charge en métaux précieux des petites ceintures n'atteint pas celle de la ceinture étalon, mais que ces petites ceintures contiennent de nombreux dépôts de plus d'un million d'onces.

Afin de vérifier s'il existe une relation entre la grandeur d'une ceinture et sa charge en métaux précieux, un graphique où la valeur métal est divisée par la superficie de la ceinture est présenté ([figure 23](#)). De la sorte, un diagramme évaluant la productivité moyenne par km² de roches supracrustales est généré.

De façon surprenante, la productivité d'une petite ceinture ne souffre aucunement du fait de sa petite dimension. En fait, les ceintures de Saddleback, Yellowknife, Kolar et Courageous ont respectivement 341, 246, 529 et 202 km² et leurs contenus aurifères en font des ceintures dont le ratio de productivité par km² est nettement supérieur à celui de la ceinture étalon de « Bousquet-Timmins ».

De ce graphique, nous pouvons énoncer que le degré de préservation ou la grandeur d'une ceinture n'ont aucune incidence sur la possibilité d'y préserver des dépôts de grandes valeurs.

5.2 Analyse des relations lithologiques

5.2.1 Analyse factorielle des lithologies

Existe-t-il une relation entre la présence ou l'absence de certaines lithologies et le potentiel minéral d'une ceinture ? Afin d'évaluer cet aspect, un test d'analyse multivariable a été élaboré. Les deux approches considérées sont l'analyse en composante principale (ACP) et l'analyse factorielle commune (AFC). Ces approches ont été utilisées parce qu'elles sont indépendantes de toute autre information « a priori ». Ainsi, la classification proposée est spécifiquement associée à l'étude de la variance et de la co-variance. Rappelons ici que AFC est une méthode qui tente de synthétiser l'information en regroupant certaines variables sous une même bannière par l'entremise de fonctions linéaires. L'ACP pour sa part tente de reconnaître ce qui est commun à toutes les ceintures et qui permet d'expliquer la plus grande part de la variance. À noter que l'utilisation de ces méthodes nécessite qu'il y ait absence de données manquantes, il en résulte que des 336 candidates de la base de données, seulement 24 peuvent être utilisées pour l'élaboration du calcul³.

Pour chacune des méthodes de calcul, un test a été fait en utilisant les superficies (km²) et un second en utilisant les pourcentages des superficies. Le **tableau 7** résume l'essentiel de ces quatre tests ou trois facteurs ont été extraits en utilisant cinq variables. Un premier constat est à l'effet que l'utilisation des superficies versus les proportions (%) modifie substantiellement les résultats. Puisque l'on recherche des associations indépendantes de la grandeur des ceintures, il sera plus approprié d'utiliser les proportions des lithologies. L'analyse factorielle commune (AFC) montre que la combinaison de trois variables (Mafique, UM et Sed. Silico.) permet d'expliquer 49.28% de la variance, alors que les deux autres facteurs sont respectivement représentés par les roches sédimentaires chimiques (27.93%) et les roches felsiques (22.8%). D'autre part, l'analyse en composante principale (ACP) montre que 77.29% de la variance peut être expliquée par les trois facteurs dont la composante principale F1 est constituée par les éléments mafiques et les roches sédimentaires silico-clastiques (38.21%), la seconde composante F2 par les roches UM et les roches sédimentaires chimiques (17.9%) et enfin la troisième composante par les roches felsiques (21.18%). Les paramètres de chacun des facteurs sont donnés au **tableau 8**.

Tableau 7 : Analyse multivariable de la relation entre six lithologies constituantes des ceintures de roches vertes. Ce tableau donne le sommaire de quatre tests. Les nombres entre parenthèses indiquent la proportion de variance expliquée par le facteur.

Test	F1	F2	F3
AFC (km)	Sed. Silico. (46.76%)	Mafique, UM, Felsique (28.82%)	Sed. Chim. (23.89%)
AFC (%)	Mafique, UM, Sed. Silico. (49.28%)	Sed. Chim. (27.93%)	Felsique (22.8%)
ACP (km)	Sed. Silico. (35.11%)	Mafique, Felsique (24.4%)	UM, Sed. Chim. (19.5%)
ACP (%)	Mafique, Sed. Silico. (38.21%)	UM, Sed. Chim. (17.9%)	Felsique (21.18%)

³ Cet exemple de mise en oeuvre d'un calcul multivariable met en relief la sensibilité de ces approches à la nature des données traitées. De plus, l'absence d'une donnée diffère considérablement de la valeur « zéro ». À cet égard, il est généralement difficile de différencier entre l'absence, la présence non-documentée et la marginalité d'une lithologie. La base de données documente essentiellement la présence de lithologies, il est exceptionnel de documenter l'absence d'un élément. Cet état de fait induit qu'il n'est pas permis de faire une étude en utilisant des valeurs booléennes.

Tableau 8 : Coordonnées des variables après rotation varimax.

AFC	F1	F2	F3	ACP	F1	F2	F3
Mafique (%)	-0.55	-0.04	0.00	Maf (%)	-0.79	-0.03	-0.22
UM (%)	-0.15	0.08	0.01	UM (%)	-0.24	0.77	-0.03
Felsique (%)	-0.11	-0.02	0.65	Felsique (%)	-0.12	-0.02	0.93
Sed.Silico-clastique (%)	0.88	0.11	-0.47	Sed.Silico-clastique (%)	0.86	-0.02	-0.42
Sed. Chimiques (%)	0.04	1.00	-0.05	Sed. Chimiques (%)	0.29	0.69	0.01

Ainsi, la majeure partie de la variance dans les associations lithologiques est expliquée par les composantes volcano-sédimentaires. Cette dimension (F1) est occupée par un ensemble de ceintures montrant toutes les variations allant de riche en roches sédimentaires vers riche en volcanites. Ce qui semble caractériser certaines ceintures est l'occurrence de roches UM et de roches sédimentaires chimiques (F2), de même que les volcanites felsiques (F3). Tel que noté précédemment, l'interprétation du facteur (F3) doit être prise avec circonspection puisqu'il reflète potentiellement une hétérogénéité de la base de données (les roches UM et roches sédimentaires chimiques représentent des associations couvrant généralement de faibles superficies et sont souvent omises sur les cartes disponibles).

Qu'il soit possible de proposer une classification des ceintures sur la base des assemblages lithologiques est de premier intérêt et permet de répondre partiellement à la question proposée en ouverture de cette section. La suite de ce test consiste à sonder la relation possible entre la fertilité d'une ceinture en fonction de ces groupes. En considérant une classification « a priori » des ceintures basées sur la production en or, un test d'analyse factorielle discriminante (AFD) a été élaboré sur le même groupe d'individu de l'analyse précédente. Lorsqu'une production aurifère est reconnue, la ceinture est dite fertile et lorsqu'elle en est dépourvue, elle est dite stérile⁴.

Des 24 ceintures traitées, 12 sont fertiles, 8 sont stériles et 4 ne sont pas classées. Tel que montré au **tableau 9**, la procédure a permis de reconnaître 100% des ceintures fertiles, 50% des ceintures stériles, générant 20% d'erreur apparente de classement. Au tableau des résultats (**tableau 10**), on remarquera que le classement « a posteriori » des 4 dernières ceintures montre une certaine cohérence avec les gîtes et mines contenus dans ces ceintures. La ceinture Eastmain Est contient un dépôt du même nom et le secteur centre de cette même ceinture contient les minéralisations du projet Éléonore de Mines d'or Virginia. Les ceintures La Grande Ouest et Est montrent, jusqu'à ce jour, peu de minéralisation.

Tableau 9 : Matrice de confusion du classement par AFD.

	vers Fertile	vers Stérile	Somme
de Fertile	12 60.00%	0 0.00%	12 60.00%
de Stérile	4 20.00%	4 20.00%	8 40.00%
Somme	16 80.00%	4 20.00%	20 100.00%

Ce test a été exécuté sur une population très restreinte, mais indique qu'il est possible de proposer une classification des ceintures en utilisant une fonction de classement. Dans le présent test, les fonctions de classement s'énoncent ainsi :

⁴ L'utilisation du terme "stérile" est subjective et réfère à un état des connaissances.

Fertile = (-6) + 0.18 %Maf + 0.11 %UM + 0.13 %Fel + 0.21 % SedChim + 0.17 % SedSilico

Stérile = (-10.64) + 0.24 %Maf + 0.11 %UM + 0.14 %Fel + 0.75 % SedChim + 0.21 % SedSilico

De ces deux fonctions de classement, on notera que le principal élément de classification est représenté par les roches sédimentaires chimiques.

Tableau 10 : Résultat de classification Fertile/Stérile en utilisant les lithologies par AFD.

Ceinture	Tonnage	Au kg	Ag kg	Cu kg	a priori	a posteriori
Rio das Velhas	93 952 123	1 071 058			Fertile	Fertile
Schreiber-Hemlo-Heron Bay	98 260 000	1 035 104	101 940	33 578	Fertile	Fertile
Tati	3 755 835	161 200	3 696		Fertile	Fertile
Geraldton-Beardmore-Onaman-Tashota	19 215 031	139 237		3 512	Fertile	Fertile
PickleLake-MeenDempster	8 110 050	99 244			Fertile	Fertile
Michipicoten	7 837 754	51 791			Fertile	Fertile
Birch-Uchi	10 138 720	23 887	145 482	32 072	Fertile	Fertile
Ramagiri-Hungund	874 950	16 958			Fertile	Fertile
Sturgeon-Savant Lakes	25 316 244	12 581	3 313 800	391 431	Fertile	Fertile
Marble Bar	10 676 000	12 444	52 500		Fertile	Fertile
Rowan-Manitou	1 474 358	8 699			Fertile	Fertile
Coppin Gap	1.02E+08	3 899		155 040	Fertile	Fertile
Miminiska-FortHope	320				Stérile	Fertile
Belingwe					Stérile	Stérile
Sandur					Stérile	Stérile
Savukoski					Stérile	Stérile
Hisovaara-Parandovo-Tikshozero					Stérile	Fertile
Sakoli					Stérile	Fertile
St Joseph					Stérile	Fertile
Lumby-Finlayson-Steeprocks					Stérile	Stérile
Eastmain Centre-Ouest	61 49 411	58 061	14 700	2 600		Fertile
La Grande Centre		13 996				Fertile
La Grande Ouest						Stérile
La Grande Est						Stérile

Les résultats de cette analyse montrent que les caractéristiques lithologiques d'une ceinture ont une incidence sur le contenu aurifère de cette dernière. Les deux graphiques de la [figure 24](#) montrent la répartition moyenne des lithologies pour les deux groupes « fertile » et « stérile ». On remarque que les ceintures « fertiles » montrent une diversité lithologique plus grande où les roches mafiques occupent moins de 50% de la superficie. Cet accroissement de la diversité est essentiellement expliqué par une augmentation de la quantité de roches felsiques – lesquelles doublent en proportion – de même qu'une diminution du contenu en roches sédimentaires d'origine chimique. La proportion de roches ultramafiques apparaît être similaire pour les deux groupes.

Compte tenu que notre échantillon de ceintures pour exécuter ce classement contient un nombre très restreint d'individus (24 ceintures), un second test a été fait en utilisant comme élément de sélection un groupe de quatre lithologies, les plus fréquemment retrouvées (ce qui permet un échantillon de 154 ceintures). Les roches mafiques ont été éliminées de ce test puisqu'elles sont virtuellement toujours présentes et que leur proportion

correspond approximativement à 100% moins le total des autres composantes considérées (effet de fermeture des variables). Dans ce second test, les données n'ont pas été recalculées à 100%, afin de résorber l'effet de fermeture. Sans aucun autre traitement de classification que l'utilisation de la lithologie dominante, le **tableau 11** montre un résumé du contenu métal des groupes de ceintures. On y remarque que l'or est préférentiellement associé aux ceintures contenant des intrusions felsiques et que le nickel s'associe distinctement avec les ceintures ayant une forte composante UM. Ces dernières sont virtuellement dépourvues de zinc et d'argent et contiennent peu de cuivre et d'or. Les ceintures à forte composante sédimentaire contiennent une large part du zinc et de l'argent. Ces ceintures contiennent également beaucoup de cuivre, mais ce dernier point soulève quelques doutes. En fait, cette relation sédiment-cuivre est possiblement causée par la présence des grands dépôts de type IOCG associés aux ceintures à prépondérance sédimentaire de l'Amérique du Sud.

Il est intéressant de noter que les ceintures dominées par les roches felsiques ne sont associées à aucun métalotecte fort. Nous pourrions qualifier ces ceintures comme ayant un contenu métal moyen et de nature polymétallique.

En considérant la charge totale en métaux (somme arithmétique du contenu en Cu+Zn+Au+Ag+Ni), alors l'ordre des lithologies pouvant être considérées comme étant favorable à la présence de minéralisations est : sédiment – intrusion – felsique – UM, mémorisé par l'acronyme SIFU ([figure 25](#)). Pour l'exploration aurifère, l'ordre devient IFSU et pour le Nickel UISF.

Tableau 11 : Association entre les lithologies dominantes et les minéralisations.

		n	Cu(kg)	Zn(kg)	Au(kg)	Ag(kg)	Ni(kg)
Toutes les ceintures	Intr.	61	116 758	185 869	159 650	186 873	6 664
	Sed.	43	584 742	335 290	60 372	207 611	0
	UM	16	455	0	23 024	0	11 064
	Fel.	34	25 368	48 765	94 514	48 950	0

Note: n = nombre de ceinture total, minéralisées et non-minéralisées

		n	Cu(kg)	Zn(kg)	Au(kg)	Ag(kg)	Ni(kg)
Ceintures minéralisées	Intr.	30	237 408	377 933	324 621	379 976	13 549
	Sed.	21	1 197 328	686 546	123 618	425 108	0
	UM.	7	1 040	0	52 626	0	25 289
	Fel.	20	43 125	82 901	160 674	83 215	0

Note: n = nombre de ceinture minéralisées seulement

Selon cette analyse entre les lithologies et la « charge » métal des ceintures, il s'avère que les roches UM ne sont importantes qu'en considération de la recherche de nickel. Cette observation ne semble pas corroborer l'hypothèse selon laquelle les roches UM sont associées à des environnements à haut flux thermique rehaussant le potentiel d'activité hydrothermale. En fait, une étude de la sensibilité des paramètres lithologiques utilisés montre que les roches UM représentent un facteur secondaire.

5.2.2 Fertilité et roches ultra-mafiques (UM)

Pour établir l'importance des roches ultra-mafiques sur l'héritage métallogénique des ceintures de roches vertes, la relation existante entre cette lithologie et les autres éléments de ces ceintures sera examinée.

La base de données contient un ensemble de 149 ceintures pour lesquelles il est fait mention de la présence⁵ de roches UM. Pour les 187 autres ceintures de la base de données, aucune roches UM n'est répertoriées. Tel que noté à la section « lithologie » en page 5, l'absence de roches UM dans la base de données ne signifie pas que ces ceintures sont objectivement dépourvues de cette lithologie, mais il est possible de présumer que certaines d'entre elles en sont dépourvues et que pour d'autres leur présence est non-répertoriée ou est minime.

En termes de superficie, le groupe « ceintures avec UM » est associé à des ceintures dont la superficie moyenne est de 5400 km², alors que le groupe « ceintures sans UM » a une superficie moyenne de 3900 km². Cette différence est jugée significative et suggère que le volume préservé de roches vertes est proportionnel à celui des roches UM. Le groupe « ceintures avec UM » contient des unités de roches felsiques et des intrusions mafiques dont la superficie moyenne est beaucoup plus grande (roches felsiques : 2200 km² / 1660 km² et intrusions mafiques : 400 km² / 270 km²). Sur la base des proportions relatives (% de superficie), ce sont les roches sédimentaires qui montrent une différence significative. Le groupe « ceintures avec UM » contient 23% de roches sédimentaires comparées à 32% pour celui des « ceintures sans UM » (**tableau 12**).

Tableau 12 : Comparaison des ceintures sur la base de la présence ou de l'absence de roches ultramafiques. Les différences significatives sont notées en caractères gras.

		Avec UM	Sans UM			Avec UM	Sans UM
Proportion	Mafique	48%	60%	Périmètre		691	482
	UM	11%	0%	Aire / Perim		7	7
	Felsique	11%	13%	Arrondie		191	173
	Séd. Siliciclastique	23%	30%	Largeur Pondérée		10	7
	Séd. Chimique	4%	7%	Tonnage moyen (Mt)		49 461	24 401
	Séd. Mixte	20%	45%	Tonnes	Au	100	117
	Séd. Total	24%	32%		Ag	142	125
Booléen (% d'occurrences)	Mafique	97%	91%		Cu	1 309	305
	UM	100%	0%		Zn	182	139
	Felsique	64%	39%	Ni	20 103	232	
	Séd. Siliciclastique	83%	52%	Valeur Metal (M\$)	1 899.7	1 797.3	
	Séd. Chimique	54%	26%	Ratio	Fel / Maf	0.33	1.64
	Séd. Mixte	11%	6%		Fel / UM	10.26	
	Séd. Total	97%	64%		Fel / Séd.Total	1.96	1.35
	Intrusions Mafiques	49%	28%		Fel / Séd.Chim.	85.19	42.94
Longueur	154	138	UM / Maf		0.41		
Largeur	31	30	UM / Séd.Chim.		31.36		
Superficie Totale	5 397	3 906	UM / Séd.Total		1.56		
Superficie Volcano-Sédimentaire	4 742	3 391	Séd. Chim. / Séd. Silici.		0.14	0.14	

⁵ Pour 111 ceintures, les superficies de roches UM sont documentées, alors que pour les 38 dernières une « mention de la présence » est citée sans en détailler la localisation géographique.

Lorsque l'on considère non pas les superficies ou les pourcentages de roches UM, mais plutôt leur simple présence sous forme booléenne (présent/absent), il est possible de considérer les 38 ceintures supplémentaires pour lesquelles il est fait « mention de la présence ». Dans ce cas, plusieurs différences significatives apparaissent (**tableau 12**). Les roches felsiques, les roches sédimentaires silico-clastiques, les roches sédimentaires chimiques et les intrusions mafiques sont observées de façon beaucoup plus fréquente lorsque les UM sont présentes. Ce qui indique que les ceintures ayant des roches ultramafiques ont tendance à avoir des associations lithologiques plus diversifiées. Ce dernier point corrobore partiellement l'hypothèse de Condie (2004) selon laquelle il y a une correspondance entre les périodes de « Superplumes ou super panache » et la présence de BIF et de roches sédimentaires d'environnements peu profonds (**figure 26**). Cette correspondance serait causée, selon Rainbird and Ernst (2001), par le soulèvement isostatique de la croûte, l'induction d'une régression, la formation potentielle d'une surface d'érosion, le tout précédant l'effusion des volcanites. Selon ces auteurs, les caractéristiques stratigraphiques témoignant du passage d'un panache sont : 1) augmentation de roches silico-clastiques immatures ; 2) possibilité d'une surface d'érosion ; 3) volcanisme aérien ou peu profond et 4) structures d'extensions.

Puisque les laves UM représentent généralement un faible pourcentage des volumes de roches préservées, il peut apparaître intéressant de faire une étude de correspondance entre la présence de certains assemblages lithologiques en fonction de la productivité. Ainsi, en l'absence de roches UM pour une ceinture, les BIF pourraient être utilisées comme indicateur indirect. Cette question a partiellement été traitée au début de ce chapitre sur l'analyse des relations lithologiques.

À l'égard des résultats sur la classification en fonction de la présence ou absence des roches UM, il est intéressant de noter la sensibilité du résultat par rapport au type de données utilisées (superficie, pourcentage versus booléen). En terme de pourcentage, les roches sédimentaires sont plus abondantes dans les ceintures dépourvues de roches UM, mais en terme booléen, les roches sédimentaires sont beaucoup plus fréquemment associées aux ceintures ayant des roches UM. Considérant la proposition de Condie (2004) selon laquelle la présence de roches UM est un indicateur de proximité de panaches mantelliques, lesquels sont associés au soulèvement thermique de la croûte et à un accroissement de la formation de plates-formes sédimentaires, un choix de réponse a été fait qui peut être influencé par les pré-dispositions de l'utilisateur. En fait, un histogramme de la distribution des superficies de roches sédimentaires pour chacun des deux groupes - avec et sans UM - permet de voir que les deux distributions diffèrent. Les ceintures avec UM montrent une distribution log-normal uni-modale, alors que celles sans UM montrent une distribution log-normale bi-modale (**figure 27**).

Il existe donc un groupe de ceintures dépourvues de roches UM ayant plus de 50% de roches sédimentaires, par exemple les ceintures de Mosquito creek (Pilbara), Russell-Slemon (Esclave), Boundiali (Leo Rise) et Shimoga (Dharwar). L'utilisation des roches sédimentaires comme indicateur potentiel de proximité ne peut donc être validée puisque d'autres processus de formation de plateaux sédimentaires sont présents et masquent cette possible relation.

Du point de vue de la productivité minérale, le **tableau 12** indique que les ceintures ayant des roches UM ont un tonnage cumulatif moyen de minerais deux fois plus grand que leurs consœurs. De plus, le contenu en cuivre en en nickel des ceintures avec UM ont un contenu moyen respectif de 4 fois et de près de 100 fois supérieur à celles qui en sont dépourvues. Cette relation entre les roches UM et le Cu-Ni n'est pas surprenante. Par contre, l'absence de relation avec l'or est beaucoup plus révélatrice puisqu'elle rectifie la croyance généralement acceptée selon laquelle une relation existe entre la métallogénèse de l'or et le magmatisme ultramafique. Si tel est le cas pour certains types de dépôts, cet aspect ne semble pas rehausser de façon notable le contenu métal (tonnes Au) de ces ceintures par rapport au groupe qui est dépourvue de roches UM. En d'autres termes, à potentiel égal, les roches UM agissent comme agent de précipitation sans rehausser la quantité nette du produit.

En l'absence de relation entre l'or et les roches UM en générale, il est possible de suggérer que cette relation – lorsque présente – est plus restrictive et associée à un type particulier de roches UM. Le diagramme de Green (1981) à la **figure 28** met clairement en relief que la source des roches UM est hétérogène (manteau appauvri vs manteau enrichi). Les profils ETR appauvris en ETR-légers suggèrent une source profonde réfractaire montrant un fort taux de fusion partielle, possiblement de haute température, mais appauvri en éléments incompatibles, alors que les profils enrichis en ETR-légers sont possiblement associés à un moindre taux de fusion partielle, à une température relativement plus faible et un enrichissement en élément incompatibles.

Certain de ces profils sont associées à des camps miniers d'importances, alors que d'autres ne présentent pas de minéralisation notoire. Afin de vérifier s'il existe une relation entre la nature des roches UM et la fertilité relative des ceintures qui leurs sont associées, un diagramme de la variation de la productivité minérale en fonction du ratio La/Yb peut être produit.

Une revue succincte de la géochimie des roches ultramafiques associées aux ceintures de roches vertes a permis de documenter une vingtaine de ceintures. Un résumé des informations obtenues est présenté au **tableau 13** et à la [figure 29](#).

Quoique l'échantillonnage soit limité, il est possible d'y observer certaines tendances. Par exemple la relation entre le tonnage total d'une ceinture en fonction du contenu en aluminium des roches UM (figure 29a) indique que les ceintures ayant des roches ultramafiques pauvres en Al₂O₃ ont un meilleur potentiel que celles ayant des roches ultramafiques riches en Al₂O₃. Une relation similaire semble apparaître en utilisant le ratio La/Yb (figure 29b), quoique pour ce dernier une exception majeure est présentée par la ceinture de Pechenga (Paléoproterozoïque), laquelle contient des minéralisations Cu-Ni associées à des ferro-picrites dont le ratio La/Yb est supérieur à 10 (Foster, 2003). Les deux diagrammes suivants, figures 29c et 29d, montrent une relation similaire non pas en fonction du tonnage, mais en fonction de la production aurifère, c'est-à-dire que les ceintures contenant les roches ultramafiques pauvre en Al₂O₃ ou ayant un faible ratio La/Yb montre un meilleur potentiel aurifère. Ainsi, au-delà de la présence d'un assemblage lithologique, il apparaît que les éléments de la pétrogenèse constituent un indicateur de fertilité beaucoup plus pertinent. Cet indicateur pétrogénétique semble toutefois indépendant de l'environnement tectonique puisque les deux types de magmas ultramafiques et les minéralisations associées se retrouvent à la fois dans les environnements d'îles en arc, de plateau océanique, d'îles en arc en marge continentale et de rift intra-continentale (information extraite de la base de données, sources multiples). Rappelons que la population utilisée est très restreinte et que ces conclusions sont préliminaires.

Tableau 13 : Relation entre la productivité des ceintures en fonction du ratio La/Yb des roches ultramafiques.

Ceinture	n	La/Yb (moy.)	UM km ²	UM %	Al ₂ O ₃	Tonnage (mt)	Au (t)	Cu (t)	Ni (t)
Kuhmo	2	0.32			7.76	2.6	6.7	1	3 478
Flin Flon	2	0.44			1.27	183	520.5	3 687	
Kostomuksha	18	0.48	123	2	6.12				
Kambalda	34	0.57			6.96	48 000		120	1728
Isua	19	0.66			10.01				
Holenarsipur	3	0.67	86	47	7.23	1.04		7.28	
Ramagiri	1	0.69	18	0.5	12.93	0.875	16.9		
Sumozero	6	0.70	67	2.6	4.9				
Vedlozero	1	0.92			7.5				
Tungurcha	13	1.03	6	1.6	6.95				
Nondweni	2	1.19	66	83	7.02				
Piumhi	6	1.21	405	8	4.18				
Qingyuan	2	1.21			9.21				
Abitibi	69	1.28			6.44				
Kidd Creek	48	1.4			9.24				

Ceinture	n	La/Yb (moy.)	UM km ²	UM %	Al ₂ O ₃	Tonnage (mt)	Au (t)	Cu (t)	Ni (t)
Michipicoten	7	1.41	104	3.2	7.71	7.8	51.8		
Sula	14	1.78			8.36	4.0	19.2		
Boromo	3	1.87	23	0.08	4.7	8.9	33.6		
Thompson Nickel		±2	300	4.6		297.6		115 700	2 225 000
Vizien	7	2.21	13	1.7	4.9				
Wawa	9	2.21			6.03				
Lumby	11	2.89	14	1.9	10.01				
Swaziland	3	3.73			2.93				
Riacho dos Machados	2	4.43			4.75	2.67	6.6		
Bastar	2	5.29			9.29				
Rio Maria	4	5.39			7.95				
Pechenga Imandra Varzuga	6	9.53	4248	4.1	7.33	392		3 500 000	4 700 000

Cette relation entre le contenu en Al₂O₃ (et du ratio La/Yb) des roches UM et la fertilité relative des unités a été reconnue par Maier (2003), lequel ajoute que la géochimie de ces roches varie en fonction du temps ([figure 30](#)). Les komatiites appartenants aux ceintures de l'Archéen Inférieur sont généralement appauvries en aluminium et sont non-minéralisées, alors que les komatiites associées aux ceintures de l'Archéen Supérieur sont enrichies en aluminium et sont associées aux principales minéralisations. La limite entre ces deux champs se situe aux environ de 7% Al₂O₃. La relation avec les minéralisations, mise en relief par Maier (op cit), est à l'inverse de la tendance observée dans la présente étude. Il serait donc approprié de suppléer à la documentation de cet aspect, ce qui va au-delà des objectifs de ce travail.

5.3 Géométrie des ceintures versus métallogénie

Il est largement accepté que la densité de fracturation constitue un paramètre important contrôlant la qualité des systèmes hydrothermaux. Cette fracturation peut être mise en relief par la cartographie et elle représente la « plomberie » essentielle à la circulation des fluides. Toutefois, à l'échelle d'une ceinture de roches vertes, il est difficile de traiter ce paramètre dit « favorable » pour en extraire une évaluation globale. Différentes approches peuvent être proposées. Une première approche serait d'établir des cartes de linéaments géophysiques et de faire un traitement de densité de fracturation. Ce traitement nécessite une appréciation de chacune des ceintures de la base de données avec une méthodologie uniforme, ce qui n'est pas réalisable dans les conditions actuelles. Une seconde approche consiste à ne considérer que les zones majeures de déformation en utilisant les cartes publiées et la littérature. Ce type d'information n'est pas homogène, mais est généralement disponible. Une troisième approche, pouvant paraître plus conceptuelle, consiste à poser l'hypothèse que la présence de fractures majeures associées au développement d'une ceinture imposera une empreinte particulière sur la géométrie finale (post-orogénique) de la ceinture.

Les travaux de Groves (1982) sont une bonne représentation de ce concept. L'exemple proposé par ce dernier est inspiré par les différences lithostratigraphiques et structurales des provinces de Murchison et Norseman-Wiluma dans les cratons de Yilgarn et de Pilbara. La [figure 31](#) met en relief la géométrie fortement contrastée des ceintures du Pilbara et celles du Norseman-Wiluma. Ce contraste se retrouve également au niveau des assemblages lithostratigraphiques (prépondérance de roches sédimentaires pour le Pilbara et prépondérance de laves mafiques à UM pour le Norseman-Wiluma). De même, les données géochronologiques indiquent une

vitesse de développement lente pour le Pilbara et rapide pour le Norseman-Wiluma. De ces observations, Groves (op cit) interprète un régime tectonique dont l'extension est lente pour le Pilbara et rapide pour le Norseman-Wiluma. En conséquence, il est possible de formuler un modèle où le régime tectonique (rapide) favorise la formation de failles normales, la subsidence du bassin et l'extrusion de laves mafiques à ultra-mafiques. Dans ces conditions, l'apport en éléments silico-clastiques est minimal. Lors de la phase orogénique, les failles précoces tiennent lieu d'anisotropies et influencent les caractéristiques structurales de même que la géométrie finale de la ceinture. Groves (1982) suggère que les deux exemples (Pilbara et Norseman-Wiluma) représentent les « end-members » d'un continuum de contextes archéens. Il va de soit qu'une telle approche ne représente pas une panacea et contient une certaine somme de subjectivité.

Dans une ligne de pensée similaire, mais sans égard aux minéralisations qui leurs sont associées, Choukroune et al. (1997) suggèrent un continuum entre deux modes de formation drastiquement différents, pour la genèse des cratons du Supérieur et de Dharwar. Pour ce dernier cas, une tectonique essentiellement verticale caractérisée par le diapirisme est proposée. Tel que montré à la [figure 32](#), la démonstration est documentée par les cartes de trajectoires de la foliation, lesquelles définissent un motif en dômes et bassins. De façon générale, la foliation est sub-horizontale vers le centre des dômes et sub-verticale sur les flancs. En présence de plusieurs dômes, il y a formation de points triples. La linéation est généralement de plongée modérée près des dômes et devient subverticale près des inter-dômes.

Pour le cas du craton du Supérieur, une part importante de l'interprétation est basée sur le nombre significatif de déterminations géochronologiques, les études isotopiques (ϵNd), la géométrie générale du craton et enfin les coupes sismiques du projet lithoprobe. En substance, la géochronologie indique une diminution des âges du nord vers le sud (3 Ga à 2.6 Ga) ce qui suggère une accréation progressive. La géochimie isotopique indique pour sa part que la source des volcanites nécessite un manteau appauvri, donc que leur genèse est essentiellement primaire et ne constitue pas un recyclage par subduction. Enfin, la sismique est à l'appuie d'un collage par subduction-obduction. On en conclut que la formation du Supérieur résulte de l'accréation progressive de croûtes archéennes le long d'un proto-craton. Dans ce contexte, la ceinture d'Abitibi constitue une zone d'accréation entre le proto-craton d'Opatoca au Nord et la Sous-province de Pontiac au Sud.

Choukroune et al. (1997), proposent que les deux processus sont présents à l'Archéen, c.-à-d. le diapirisme (Dharwar) et l'accréation (Supérieur). Dans leur synthèse, ils suggèrent que l'importance relative de l'un ou l'autre des deux processus est contrôlée par la géotectonique locale. En mode diapirique pur, c'est la force gravitationnelle qui impose la déformation [body forces]; en mode d'accréation, ce sont les déplacements différentiels entre les plaques [boundary forces].

En poursuivant la ligne de pensée de Groves (1982) et en les complétant des observations de la littérature (entre autres Kusky et Vearncombe, 1997) et de la base de données des PCR, une classification des styles morphologiques est proposée. Les différents types morphologiques sont à caractère empirique, c'est-à-dire sans relation directe avec les modèles tectono-magmatiques proposés par la littérature.

Neuf classes morphologiques ont été définies ([figure 4](#)):

- Type 1 : Ovoïde
- Type 2 : Croissant
- Type 3 : Linéaire
- Type 4 : Oeillée
- Type 5 : En selle
- Type 6 : Flamme
- Type 7 : Amiboïde
- Type 8 : Septa Multiple
- Type 9 : Autre

Cette classification dite morphologique a de toute évidence une implication géotectonique. Par exemple, le type 1 est distinctement associé au groupe archétypal que représentent les ceintures du craton de Pilbara et pour lequel on associe un développement géotectonique par extension et diapirisme. Les types 2 et 3 caractérisent

de nombreuses ceintures paléo-Protérozoïques – telles celles du Sao Francisco – dans des environnements où nous retrouvons des failles de chevauchements et de décrochements. Les types 4, 5 et 6 sont des géométries qui caractérisent tout particulièrement le Supérieur. Cette relation met bien en relief la multiplicité de l'Archéen ou le type morphologique reflète à la fois la variation de paramètres temporel (variation des styles dans le temps), tectonique (verticale versus horizontale) et spatial (les ceintures d'un type forment des grappes et s'associent donc à un craton). Le type morphologique représente donc une classification « a priori » géométrique, mais dont les implications sont multiples.

La [figure 33](#) montre la somme du contenu aurifère (kg) de chacun des types morphologiques. Les deux figures représentent respectivement le contenu métal brut (kg Au) et le contenu métal pondéré par rapport au nombre de ceintures pour chaque groupe et ceci pour tenir compte de la sur-représentation de certains types. La grande différence entre les deux graphiques est qu'il y a inversion des groupes 3 et 6. En considérant le contenu aurifère pondéré, la figure 33b montre que le type morphologique 3 a la plus grande charge métal (Au), suivi par le type morphologique 6.

La relation qui existe entre la géométrie et la chronologie est bien démontrée lorsque l'on produit un diagramme de la distribution des types morphologiques en fonction du temps. La [figure 34](#) montre que les ceintures de type morphologiques 4, 5 et 6 caractérisent la fin de l'Archéen, alors que les ceintures de types 2 et 3 se développent à deux époques, soit la fin de l'Archéen et le Paléoprotérozoïque.

Les figures 33 et 34 étayent bien la dualité de la métallogénie de l'or entre le Paléoprotérozoïque et l'Archéen supérieur. Du fait de la bimodalité des types morphologiques 2 et 3, il apparaît clairement que les contextes favorables aux minéralisations aurifères sont plus diversifiés à l'Archéen qu'au Paléoprotérozoïque. Toutefois, le contenu métal associé au type morphologique 3 se retrouve essentiellement associé aux ceintures Paléoprotérozoïque du Sao Francisco. Il en résulte donc qu'une part très importante de l'or archéen est associée au type morphologique 6.

5.4 Phylogénie des ceintures

Considérant qu'une part importante des morceaux de croûte archéenne sont physiquement limités par des zones de failles, vestiges de rift et de subduction, certains auteurs considèrent que plusieurs de ceux-ci sont les représentants de larges masses ancestrales ayant donc une origine commune (Williams et al., 1991). Sur la base d'études lithostratigraphiques, Bleeker (2003) propose un schéma d'associations phylogéniques des ceintures, partant d'un nombre restreint de nucléus de croûtes archéennes ([figure 35](#)). Ainsi retrouve-t-on à l'Archéen inférieur (3 Ga), trois noyaux – les secteurs de Berens-Sachigo, Esclave et une combinaison du Kaapvaal et du Pilbara, nommé Vaalbara.

Cette approche n'est pas sans intérêt puisqu'elle peut permettre de définir des métallotectes régionaux en imposant une classification « a priori » des ceintures ayant une genèse commune. Si l'hypothèse de base peut être vérifiée, elle aura comme conséquence de diminuer la variance inter-groupes (lors de traitements multivariés) et de permettre d'améliorer la validité des résultats.

Deux approches sont possibles, soit : à partir de notre base de données, effectuer des analyses de classification ascendante hiérarchique (CAH) sur la base des lithologies, ou procéder en utilisant les associations phylogéniques proposées dans la littérature. Mais avant tout examinons la variabilité des composantes lithologiques pour les 11 principales masses cratoniques archéennes.

5.4.1 Variabilité entre les cratons

Le [tableau 14](#) montre un résumé des principales composantes lithologiques de chacun des cratons. Le nombre de ceintures est indiqué pour chaque bouclier qui y ont été documentées (ex. : Supérieur = 91 ceintures) et pour chaque type lithologique sont indiqués, le nombre de ceintures présentant cette composante lithologique (n), la

moyenne du pourcentage de superficie occupée (nor) et enfin la moyenne log-normale (log) de ce même paramètre, qui est beaucoup plus réaliste puisque les distributions sont essentiellement de ce type.

L'analyse du [tableau 14](#) indique des variations importantes entre les cratons. Ces différences sont apparentes lorsque l'on met en relief les valeurs maximales et minimales pour chacune des colonnes. Une méthode un peu plus visuelle pour apprécier les variations intercratoniques est possible en exécutant une analyse factorielle (avec l'utilisation des cinq types lithologiques). Tel que montré à la [figure 36](#), il est possible de résumer une part importante de la variance en extrayant 2 facteurs. Le diagramme définit trois domaines, c'est-à-dire : 1) les ceintures ayant une forte composante en roches ultramafiques et en roches sédimentaires chimiques, 2) les ceintures caractérisées par l'abondance de roches sédimentaires et 3) celles ayant beaucoup de roches felsiques. La moyenne mondiale se retrouve – comme anticipé – à l'origine des axes et pour chacun des cratons, plus ces derniers divergent de la moyenne, plus ils s'éloignent de l'origine. On remarque que s'il y a toute une suite de variations entre les pôles UM et sédimentaires, un seul craton définit le pôle felsique (Tanzania). Ce dernier point semble douteux d'autant plus que seulement 2 ceintures sur les 12 appartenant à ce craton ([tableau 14](#)) ont des roches felsiques de documentés. À noter qu'un second test a été fait en retirant le craton Tanzanien. Dans ce dernier cas, le craton de Pilbara (8 ceintures sur 11 ont des roches felsiques de documentées) prend la place du craton Tanzanien sans modifier de façon notable le reste de la distribution.

Selon le [tableau 14](#) et la figure 36, il devient évident que le craton du Zimbabwe représente l'archétype des ceintures ayant une forte composante en roches UM et sédimentaires. Le plus proche parent de ce craton serait le Kaapvaal. L'archétype des cratons ayant une forte composante en roches sédimentaires est le Leo Rise duquel se rapproche les cratons Fenno-Scandinave et de l'Esclave. Enfin, l'archétype ayant beaucoup de roches felsiques est le craton tanzanien, mais pour les raisons mentionnées plus haut, nous pourrions utiliser celui de Pilbara.

Il est intéressant de noter qu'un quatrième groupe peut être proposé et défini comme étant un craton ou un groupe de cratons ayant des caractéristiques près de la moyenne mondiale, c-à-d. près de l'origine des axes de la figure 36b (cette moyenne mondiale est présentée sur la figure 36b sous l'appellation de « monde »). Les trois cratons les plus près de ce centroïde sont ceux de Yilgarn, du Supérieur et du Dharwar. Il s'agit des trois cratons les plus prospères de la planète. Ce résultat signifie que la présence d'une lithologie a une importance toute relative et que ce qui prime est la diversité des lithologies. Plus une ceinture a une diversité lithologique complexe, plus elle a de minéralisations associées. Une conclusion similaire a été mise en lumière à la section de l'analyse des relations lithologiques. La reprise de cette même conclusion dans le présent cas permet de préciser que non seulement la diversité est importante, mais que cette diversité n'a pas une distribution homogène, qu'il existe des cratons ne présentant pas cet attribut et que l'absence de ce dernier a une incidence marquée sur la métallogénie.

En demeurant sous la thématique de la variabilité entre les cratons, un autre aspect de cette inhomogénéité est donné par la valeur économique de ces grands domaines. Pour donner une appréciation de cet aspect, la valeur métal est pondérée par le tonnage pour chacun des principaux cratons. La valeur métal est utilisée afin d'éviter la difficulté d'évaluer à la fois les divers produits. Le [tableau 15](#) donne en ordre décroissant la valeur métal moyenne par tonne de minerais pour chacun des cratons. Ce tableau complète d'une certaine façon l'information de la figure 36b, c'est-à-dire que les cratons offrant plus de diversités lithologiques – donc près du centre de la figure – sont associés à des valeurs en métaux pondérées plus grandes.

Tableau 14 : Moyenne pondérée des proportions lithologiques pour les principaux noyaux archéens. Les valeurs en caractères gras et soulignées sont parmi les plus grandes, alors que les valeurs en italiques sont les plus faibles.

Bouclier	% Rx Felsique			% Rx UM			% Rx Séd. Chim.			% Rx Séd. Tot.			Ratio Sed./volc.			Superficie (1000 km2)			Cu (tonne)		Au (ton)			
	n	nor	log	n	nor	log	n	nor	log	n	nor	log	n	nor	log	n	nor	log	n	nor	n	nor	log	
Supérieur 91	53	0.10	0.05	30	0.04	0.02	25	0.59	<u>0.03</u>	67	0.20	0.13	68	0.5	0.25	81	2.1	0.98	11	386	68	22	301	58.5
Zimbabwe 22	5	0.06	0.03	10	0.25	<u>0.16</u>	9	0.16	0.03	15	0.2	0.14	14	0.2	0.17	22	5.6	0.75	1	500		9	144	57.7
Dharwar 18	10	0.23	0.07	6	0.22	0.07	11	0.06	0.03	15	0.33	0.17	14	2.1	0.32	17	2.1	0.95	1	7.2		4	338.	74.8
Fenno-Scand. 45	11	0.15	0.05	8	0.11	0.07	6	0.03	0.01	17	0.43	0.25	17	46	0.98	22	3.6	3.4	8	55	<u>6.4</u>	9	19.4	8.9
Kaapvaal 13	3	0.06	0.06	9	0.37	<u>0.16</u>	1	0.01		5	0.16	<i>0.03</i>	5	0.45	<u>0.07</u>	13	3.3	<u>0.58</u>	0			5	75.7	7.5
Leo Rise 17	1	0.13		2	.003	<u>.002</u>	0			11	0.45	0.36	10	2.0	<u>1.01</u>	16	9.4	5.7	0			10	204.	47.7
Pilbara 11	8	0.08	0.07	6	0.05	0.03	4	0.03	0.01	10	0.25	0.10	8	0.26	0.14	11	1.6	1.43	4	119	<u>30.3</u>	5	16	8.2
Sao Francisco 35	4	.01	<u>0.01</u>	11	0.14	0.08	6	0.01	0.01	17	0.28	0.18	17	1.24	0.44	35	3.6	1.4	2	11824	757	12	203	9.7
Slave 18	15	0.09	0.03	1	.002		1	.004		13	0.37	0.21	13	33.9	1.06	18	2.9	1.7	4	164	<u>49.8</u>	11	91	26.5
Tanzania 12	2	0.37	<u>0.20</u>	1	.002		0			1	0.28		1	1.2		10	2.8	2.0	1	28		5	162	28.6
Yilgarn 22	12	0.18	0.12	4	0.11	0.05	1	0.06		12	0.18	0.13	12	0.38	0.26	20	3.0	1.2	2	446	274	11	146	57.5
Monde 316	137	0.11	0.04	103	0.12	0.04	72	0.05	0.01	218	0.27	0.16	210	7.46	0.36	316	4.6	1.5	41	4112	<u>77.7</u>	124	164	29.8

[Retour au texte](#)

Tableau 15 : Valeurs en métaux pondérées pour les principaux cratons. Le complexe Ignée de Sudbury est inclus à titre de comparaison seulement.

Craton	VM/Tonne
Trans Hudson	126.04
Slave	104.18
Sudbury	97.05
Dharwar	89.38
Sao Francisco	88.57
Zimbabwe	85.90
Supérieur	80.42
Heame	77.74
Malagasy	63.25
Leo Rise	57.73
Rae	56.81
Churchill	54.54
Yilgarn	52.76
Guinea Rise	46.06
Aravalli	43.38
Fennoscandian	36.82
Tanzania	29.75
Pilbara	24.56
Guiana	20.84
Kaapvaal	11.79
Wyoming	0.78

[Retour au texte](#) ; [Retour figure 44](#)

5.4.2 Phylogénie par classification ascendante hiérarchique (CAH)

La CAH est une méthode statistique qui propose une classification des individus en utilisant la distance minimale entre ces derniers, c.-à-d. en regroupant les paires les plus similaires entre elles. Cette classification utilise l'ensemble des ceintures ayant plus de six lithologies et incluant au moins la présence de roches sédimentaires, de roches volcaniques felsiques et de roches ultramafiques, ce qui représente une population de 54 ceintures. La classification a été faite sur la base de l'analyse des similitudes et différences entre les ratios interlithologiques : Felsiques / UM, Felsiques / roches sédimentaires et UM / Roches sédimentaires (en considérant la proportion en pourcentage de ces éléments). Cette approche est préférée à celle de l'utilisation des pourcentages ou des superficies parce qu'elle est indépendante de la grandeur de la ceinture (la méthode demeure toutefois dépendante des variables extensives).

Le dendrogramme de la [figure 37](#) montre que la grande majorité des ceintures offre une bonne similitude et que seulement 6 ceintures sur 54 en divergent substantiellement. Ces six ceintures sont Congonhas-Sao Joao Del Rei (classe 1), Ramagiri-Hungund (classe 2), Marble Bar (classe 3), Heaven lake (classe 3), Hisovaara-Parandovo-Tikshozero (classe 3) et Eastmain Centre-Ouest (classe 4). D'autre part, la ceinture la plus près du centroïde de la classe 5 est la ceinture de Schreiber-Hemlo. Après vérification avec les cartes géologiques de la base de données, il s'avère que les énormes différences observées pour les cinq premières ceintures sont causées par des particularités liées surtout aux cartes de base déficientes.

Une nouvelle classification est produite en retirant ces cinq ceintures de la sélection et en exécutant une nouvelle CAH ([figure 38](#)). Sur cette figure les noms des ceintures sont remplacés du nom du craton hôte et de la production aurifère (nombre entre parenthèses). On remarque que la classification est similaire à celle de la figure 37 et que l'on peut maintenant mieux apprécier les différences et similitudes entre les ceintures. Les lignes horizontales à la figure 38 définissent 9 sous-groupes à l'intérieur desquels il y a une grande homogénéité. Certains de ces groupes ne possèdent qu'un ou deux individus.

Il est intéressant de noter que la distribution du contenu aurifère des groupes de ceintures n'est pas aléatoire, mais semble être préférentiellement associée à certaines typologies. Ainsi, en considération des résultats obtenus à la figure 38, cinq groupes peuvent être définis. Au bas de la figure, un groupe très homogène de 12 ceintures provenant essentiellement du Supérieur montre une production aurifère variable (0 à 139 tonnes Or) et un contenu moyen est de 53 tonnes d'or. Un deuxième groupe (8 ceintures), dont la variabilité est légèrement supérieure, montre une productivité également variable (1 à 232 tonnes Or) avec une moyenne de 68 tonnes or. Ces ceintures proviennent d'un ensemble divers de cratons. Le troisième groupe, constitué de 5 ceintures contient 4 ceintures ayant plus de 140 tonnes d'or dont trois ceintures ayant plus de 600 tonnes d'or pour une moyenne de 423 tonnes d'or. Les quatre dernières ceintures (groupes 4 et 5) montrent une très grande variabilité entre elles. La composition des trois principaux groupes est illustrée aux figures suivantes.

- Le groupe 1 ([figure 39](#)) a un ratio Felsique / UltraMafique = 4.83 et un ratio Felsique / Sédiment = 0.69. Les autres ratios sont tous inférieurs à l'unité. L'ordre de prépondérance des trois principales composantes de la classification est donc : Sédiment-Felsique-UM (SFU).
- Le groupe 2 ([figure 40](#)) a un ratio Felsique / UltraMafique = 0.76 et un ratio Felsique / Sédiment = 0.95. Les autres ratios sont tous inférieurs à l'unité. L'ordre de prépondérance des trois principales composantes de la classification est donc : Sédiment -UM -Felsique (SUF).
- Le groupe 3 ([figure 41](#)) a un ratio Felsique / UltraMafique = 23.68 et un ratio Felsique / Sédiment = 2.11. Les autres ratios sont tous inférieurs à l'unité. L'ordre de prépondérance des trois principales composantes de la classification est donc : Felsique- Sédiment-UM (FSU).

Afin de mettre en relief les bases sur lesquelles la CAH a établie la classification, la valeur moyenne de chacun des ratios pour les différents groupes est présentée ([figure 42](#)). Il apparaît clairement que le paramètre ayant la plus grande marge de variabilité est le ratio Felsique / UltraMafique, suivi par le ratio Felsique / Sédiment.

À noter que le groupe « Autre » est constitué de quatre ceintures très dissemblables les unes des autres et ne représente pas un groupe homogène au même titre que les autres.

Cette étude suggère que les ceintures à prépondérances FSU (Felsique > Sédiment > UM) montre le meilleur potentiel aurifère que les SFU. Enfin, les SUF montrent une grande variabilité.

5.4.3 Phylogénie de Bleeker (2003)

Contrairement à une phylogénie basée sur les cratons, laquelle est documentée à partir de la base de données CONSOREM (section : variabilité entre les cratons), une phylogénie s'appuyant sur la littérature scientifique montre des différences importantes pouvant apporter un éclairage nouveau. Premièrement, cette approche s'appuie sur un modèle chronostratigraphique de développement de l'Archéen (cette variable temporelle est complètement évacuée du test précédent). Deuxièmement, les associations proposées sont basées sur les connaissances et les expériences de pairs dont les opinions ont été forgées à partir de sources et de recoupements entièrement dissociés de la base de données de cette étude.

De façon préliminaire, Bleeker (2003) propose un ensemble de trente cinq fragments cratoniques archéens dont plusieurs montrent des similitudes temporelles et lithostratigraphiques. De cet ensemble, trois supercratons sont

proposés, Superia (Supérieur), Slavia (Esclave, Dharwar, Zimbabwe) et Vaalbara (Kaapvaal, Pilbara). D'autres relations sont également proposées, mais demeurent plus spéculatives. Afin de minimiser des classifications erronées, ces dernières seront ignorées. Le [tableau 16](#) montre des différences importantes entre les supercratons. Premièrement, on voit clairement que les périodes de développement de ces masses couvrent des éventails de temps distincts. Certains cratons se sont développés beaucoup plus rapidement alors que d'autres couvrent plus d'un demi milliard d'années. Deuxièmement, les proportions lithologiques montrent des spécificités. Tous les supercratons contiennent environ 50% de roches volcaniques mafiques, mais les différences apparaissent dans la deuxième moitié de la superficie. Cette seconde portion est dominée par les roches UM pour le supercraton de Vaalbara, par les roches volcaniques felsiques et les roches sédimentaires pour le supercraton de Slavia et montre une plus grande diversité pour le supercraton du Supéria. Cette dernière caractéristique du Supéria est mise en évidence par l'accroissement de la fréquence lorsque l'on considère les valeurs boléennes.

Ces différences entre les trois supercratons sont possiblement le reflet de différences dans les processus de formation. Par exemple, un survol des modèles géotectoniques proposés pour les ceintures de ces trois supercratons montre que le Vaalbara est dominé par des modèles impliquant le diapirisme, que le Supéria est dominé par les arcs insulaires en milieu océanique, alors que le Slavia est dominé par les arcs insulaires en milieu continental et les rifts continentaux. Les trois supercratons contiennent des roches ultramafiques.

Sur le plan des minéralisations associées, le contenu métal pondéré (par rapport au nombre de ceintures) montre des associations spécifiques. Ainsi, le cuivre domine pour le Vaalbara, le nickel pour le Slavia, alors que le Supéria semble polymétallique (Au, Ag, Zn).

- Vaalbara → diapirisme → cuivre
- Slavia → arcs et rifts continentaux → nickel
- Superia → arcs insulaires → polymétallique

Cette phylogénie indique donc que les ceintures de roches vertes ne représentent pas un groupe homogène, mais montrent des variations temporelles auxquelles se joignent des variations dans les assemblages lithologiques, les environnements géotectoniques et les minéralisations. Dans ces conditions, il peut paraître non approprié de vouloir faire un traitement global de la base de données. Puisque le Supérieur constitue un craton de première importance et qu'on y retrouve un nombre important de ceintures, il serait probablement plus à propos de faire un traitement en utilisant spécifiquement ce groupe de ceintures.

Tableau 16 : Caractéristiques des trois supercratons archéens de Bleeker (2003). Le cladisme comprend une moyenne de 6 des 17 cratons pour lesquels une association est proposée.

Paramètre		Supéria	Slavia	Vaalbara
n :		88	57	24
Age	Age Max	2889	3093	3331
	Age Min	2680	2580	3011
	Age Delta	193	513	320
Superficie (km ²)	Mafique (km ²)	938.4	1 020.3	586.6
	UM total (km ²)	72.4	108.1	178.4
	Felsique (km ²)	230.0	248.9	95.4
	Séd. Silico. (km ²)	404.1	1 284.0	252.6

	Paramètre	Supéria	Slavia	Vaalbara
	n :	88	57	24
	Séd. Chim. (km ²)	9.8	150.0	11.4
	Séd. Mixte (km ²)	116.0	942.6	1.8
	Séd. Total (km ²)	396.8	1 370.5	231.4
	Intr. Mafique (km ²)	183.9	27.2	43.2
	Intr. Felique (km ²)	626.4	480.6	541.5
	Intr.Total (km ²)	639.7	442.7	465.5
Superficie (%)	Mafique (%)	51.0	51.6	46.7
	UM total (%)	3.3	15.6	21.9
	Felsique (%)	9.4	12.3	9.3
	Séd. Silico. (%)	21.6	22.8	18.9
	Séd. Chim. (%)	0.6	7.6	2.5
	Séd. Mixte (%)	18.1	33.7	0.1
	Séd.Total (%)	21.7	28.4	15.8
	Intr. Mafique (%)	9.3	2.7	8.7
	Intr. Felique (%)	19.4	11.9	32.1
	Intr.Total (%)	21.9	12.2	29.6
Superficie (boléen)	Mafique (boléen)	0.99	0.98	0.86
	UM total (boléen)	0.57	0.37	0.72
	Felsique (boléen)	0.67	0.60	0.56
	Séd. Silico. (boléen)	0.86	0.60	0.60
	Séd. Chim. (boléen)	0.48	0.49	0.48
	Séd. Mixte (boléen)	0.03	0.14	0.05
	Séd. Total (boléen)	0.91	0.81	0.85
	Intr. Mafique (boléen)	0.55	0.26	0.46
	Intr. Felique (boléen)	0.72	0.62	0.81
	Intr.Total (boléen)	0.85	0.68	0.90
Géométrie	Longueur (km)	141	115	78
	Largeur (km)	15	23	22
	AireTotal (km ²)	2 104	3 445	1 289
	Aire Volc.-Sed. (km ²)	2013	3136	1281
	Périmètre (km)	693	413	306
	Aire / Périmètre	3.2	7.0	8.9

	Paramètre	Supéria	Slavia	Vaalbara
	n :	88	57	24
	Arrondie	137.2	156.5	112.7
	Larg. Pondérée	4.2	7.8	24.1
Production Total	Tonnage (mt)	1 701	783	1 108
	Au (kg)	7 360 567	3 816 385	108 591
	Ag (kg)	8 354 100	4 446 983	1 540 760
	Cu (kg)	4 353 084	1 164 333	2 051 412
	Zn (kg)	6 613 884	3 455 704	640 880
	Ni (kg)	15 000	538 050	206 880
	Production pondérée	Tonnage (mt) / n	19.3	13.7
Au (kg) / n		83 643	66 954	4 525
Ag (kg) / n		94 933	78 017	64 198
Cu (kg) / n		49 467	20 427	85 476
Zn (kg) / n		75 158	60 626	26 703
Ni (kg) / n		170	9 439	8 620
Valeur Métal (G US\$)		108.7	51.2	7.0
Ratio	Fel / Maf	0.57	1.70	0.43
	Fel / UM	12.10	24.68	3.36
	Fel / SedTot	1.16	1.81	3.95
	Fel / SedChim	97.54	6.00	38.17
	UM / Maf	0.09	0.59	1.17
	UM / SedChim	40.23	26.40	11.96
	UM / SedTot	0.36	2.47	5.33
	SedChim / Silico	0.07	0.25	0.17

[Retour au texte](#) ; [Retour figure 48](#)

5.5 Étude du Supérieur

La base de données contient 88 ceintures appartenant à la Province de Supérieur, lesquelles couvrent une dizaine de sous-provinces allant du Québec au Manitoba (Berens-Sachigo, Birch-Uchi, Wabigoon, Wawa, Abitibi, Ashuanipi, Opatoca, Minto, etc.).

Cet ensemble de ceintures couvre tout le spectre de grandeur des ceintures archéennes à travers le monde. À la [figure 43](#), la Sous-province d'Abitibi a été ajoutée. L'ensemble constitué par les ceintures en contact mutuel (Wabigoon), les ceintures isolées (Uchi et Berens-Sachigo), les ceintures partiellement discontinues (Eastmain, La Grande) et, enfin, les ceintures composées de septa multiples (Venus-Noyer, Kogaluk et autres), s'est développé en près d'un demi milliard d'années, soit l'équivalent de tout le Phanérozoïque et constitue un noyau relativement stable depuis près de 2.5 milliard d'années. Pour certaines parties de la Province de Supérieur, des corrélations ont été proposées telle l'association entre les segments Abitibi et Wawa. Cette association tient beaucoup plus de la proximité entre les deux segments que de critères géologiques. On remarquera à la figure 43 que pour les sous-provinces au nord de celles d'Abitibi, une large zone dépourvue de ceintures archéennes est occupée par les baies de James et d'Hudson de même que de dépôts sédimentaires phanérozoïques. Ainsi, plus de 500 kilomètres séparent les segments de Wabigoon – Birch Uchi de ceux du Moyen Nord québécois. Une autre corrélation informelle suggère une relation lithotectonique entre les ceintures de Birch-Uchi et celle de Eastmain, mettant en relation un potentiel aurifère reconnu (Red Lake) et anticipé (Éléonore). La géophysique est certainement appropriée pour l'étude des relations obscurcies par le couvert phanérozoïque, toutefois, dans le cadre de ce projet, la question sera abordée par l'étude des associations lithologiques.

Sur la base des relations lithologiques, existe-t-il une filiation entre les divers groupes de ceintures de part et d'autre de la Baie d'Hudson et si oui, comment s'énonce-t-elle ?

5.5.1 Caractéristiques lithologiques du Supérieur

Les grands ensembles volcano-sédimentaires sont présentés au [tableau 17](#) afin de donner une image comparative par région, notamment : les sous-provinces d'Abitibi, de Wawa, de Wabigoon, de Birch-Uchi, de Berens-Sachigo, de Ashuanipi-Nemiscau-Opanica (Eastmain, Frotet-Evans et La Grande) et de Minto (septa volcano-sédimentaire du Grand Nord québécois). À noter que sous l'appellation de « Minto », nous retrouvons les secteurs de Bienville, Minto, Goudalie, Utsalik, Douglas, Qalluviartuuq, etc.

Dès la première ligne du tableau 17 la nature exceptionnelle de la Sous-province d'Abitibi est reconnue. Avec ses 96 000 km², sa plus proche rivale est la Sous-province de Wabigoon qui possède une superficie agglomérée de ceintures de roches vertes de 51 356 km², soit une moyenne de 3 210 km² pour cet ensemble de 16 ceintures.

Lorsque l'on considère les proportions relatives des assemblages ([figure 44](#)), trois groupes de sous-provinces émergent. Premièrement, l'Abitibi se distingue par un fort contenu en roches UM (5.8%) atteignant près du double de celui des autres sous-provinces (si l'on ne considère que la zone volcanique sud, ce pourcentage augmente substantiellement, Daigneault et al., 2004). Les sous-provinces de Wabigoon (16 ceintures) et Birch-Uchi (8 ceintures), en incluant Wawa (7 ceintures), forment un deuxième groupe par la similitude de leurs proportions lithologiques. On y retrouve environ 2% de roches UM, le contenu en roches sédimentaires est près du double de celui observé pour l'Abitibi, le contenu en volcanites felsiques augmente, le tout généralement au détriment de la représentativité des intrusions felsiques. Les trois dernières sous-provinces représentées par celles de Berens-Sachigo (30 ceintures), de Ashuanipi-Némiscau-Opinaca (9 ceintures) et de Minto (11 ceintures) diffèrent des précédentes, mais diffèrent également entre elles. Ainsi, ces sous-provinces présentent une part moindre de roches intrusives par rapport aux précédentes, toutefois selon que l'on considère les roches mafiques, les roches felsiques ou les roches sédimentaires comme étant la base de la classification, on aura un sous-groupe supplémentaire.

Tableau 17 : Résumé des principales sous-provinces du Supérieur. Données provenant de la base de données de CONSOREM.

Ceinture :	Abitibi	Wawa	Wabi- goon	Birch- Uchi	Berens Sachigo	Ashuan. Nemisc.	Minto	
n :	1	7	16	8	30	9	11	
Super- phicie (km²)	Total	96 353	14 996	51 356	20 423	38 300	15 740	6 020
	Total / n	96 353	2 142	3 210	2 553	1 277	1 749	547
	Volc.Sed	63 653	1 952	3 035	2 507	1 182	1 749	547
	Mafique	42 420	5 920	20 451	9 263	20 728	6 494	3 316
	UM	5 584	371	1 096	572	286	149	112
	Felsique	6 736	1 427	4 944	1 808	1 236	1 500	
	Sed. Silico.	8 913	2 753	6 245	3 150	6 682	5 179	1 772
	Sed. Chim.		30	62	58	35	91	
	Sed.Tot.	8 913	2 784	6 655	3 209	6 716	5 270	1 772
	Int. Maf.		40	709	19	1 374	1 197	820
	Int. Fel.	32 700	3 117	14 705	5 190	4 723	856	
	Int.Tot.	32 700	3 157	15 413	5 209	6 097	2 053	820
Super- phicie (%)	Mafique	44.03%	39.48%	39.82%	45.36%	55.05%	41.25%	55.08%
	UM	5.80%	2.47%	2.13%	2.80%	0.76%	0.94%	1.86%
	Felsique	6.99%	9.52%	9.63%	8.85%	3.28%	9.53%	
	Sed. Silico.	9.25%	18.36%	12.16%	15.43%	17.75%	32.91%	29.44%
	Sed. Chim.		0.20%	0.12%	0.29%	0.09%	0.58%	
	Sed.Tot.	9.25%	18.56%	12.96%	15.71%	17.84%	33.48%	29.44%
	Int. Maf.		0.26%	1.38%	0.09%	3.65%	7.61%	13.63%
	Int. Fel.		20.78%	28.63%	25.41%	12.54%	5.44%	
	Int.Tot.	33.94%	21.05%	30.01%	25.50%	16.19%	13.05%	13.63%
Géo- métrie	Périmètre	3 461	529	437	643	459	1166	1335
	Aire / Périm.	27.8	4.03	5.01	3.47	2.28	1.91	0.38
	Arrondie	1100.3	157.28	159.66	161.35	105.72	141.15	69.76
	Larg. Pondéré	41.73	5.02	5.57	6.32	2.74	2.50	1.40
Total / Sous- province	Tonnage (Mt)	2 250	255	167	100	29	66	
	Au (tonne)	7 901	1 208	427	919	207	203	
	Ag (tonne)	30 636	3 149	3 314	154	18	0.12	
	Cu (tonne)	12 674	1 045 674	394 943	114 363	37 584	115 382	
	Zn (tonne)	24 530	2 611	2 020	189	3	110	

Ceinture :	Abitibi	Wawa	Wabi- goon	Birch- Uchi	Berens Sachigo	Ashuan. Nemisc.	Minto
n :	1	7	16	8	30	9	11
Nikg (tonne)	1 725					15	
ValMetal (G\$us)	150.7	18.8	14.2	11.5	2.6	2.4	
Tonnage (Mt)	2 250.3	36.4	10.4	12.5	0.9	7.4	
Au (tonne)	7 901	173	27	115	7	23	
Ag (tonne)	30 636	450	207	19	0.6	14	
Moyenne pondérée / ceinture Cu (tonne)	12 673	149	25	14	1.2	13	
Zn (tonne)	24 529	373	126	24	0.1	12	
Ni (tonne)	1 725					1.7	
ValMetal (G\$us)	150.7	2.7	0.9	1.4	0.09	0.3	
Fel / Maf	0.16	0.18	1.26	0.22	0.12	0.19	
Fel / UM	1.21	2.05	1.73	3.96	0.79	29.48	
Fel / SedTot	0.76	0.47	1.55	0.95	0.63	0.53	
Fel / SedChim		228.68	62.78	29.20	5.10	10.63	
Ratios UM / Maf	0.13	0.04	0.06	0.07	0.02	0.02	0.09
UM / SedChim		46.66	25.90	6.48	0.92	0.84	
UM / SedTot	0.63	0.11	0.47	0.24	0.05	0.05	0.03
SedChim / Silico		0.01	0.08	0.02	0.01	0.02	

[Retour au texte](#)

La diminution systématique du contenu en roches intrusives felsiques en fonction de la grandeur des ceintures semble moins reliée à des différences fondamentales de contexte qu'à la subjectivité de la définition des limites d'une ceinture. Pour une très grande ceinture telle celle d'Abitibi, la définition des intrusions felsiques appartenant à la ceinture ne porte pas à confusion puisque ces derniers sont entièrement circonscrits dans les assemblages de roches volcano-sédimentaires de la dite ceinture. Pour des ceintures de grandeur intermédiaire, il arrive communément que les intrusions batholitiques soient en bordures, ce qui rend subjectif la définition de leurs appartenances. Enfin, pour les ceintures définies par un essaim de septa volcano-sédimentaires, les roches intrusives hôtes sont essentiellement ignorées. De la sorte, une décroissance du contenu en roches intrusives felsiques est artificiellement générée. Dans un même ordre d'idées, il est possible de considérer les roches mafiques comme étant un élément omniprésent pour toutes les ceintures. Cette composante agit donc comme un nombre indépendant qui pondère la proportion relative de l'ensemble des autres lithologies. De la sorte, les roches volcaniques UM, felsiques et les roches sédimentaires représentent les trois composantes lithologiques les plus probantes pour la distinction des types d'environnements.

À la [figure 45](#), laquelle a été produite en utilisant les données de la figure 44, mais en ignorant les roches intrusives felsiques et les roches volcaniques mafiques, la distinction et le regroupement des sous-provinces deviennent beaucoup plus apparents. La Sous-province d'Abitibi montre une proportion entre les roches

volcaniques felsiques, les ultramafiques et les roches sédimentaires de 32%, 26% et 42% (FUS / 32:26:42). Pour les sous-provinces de Wawa-Wabigoon-Birch Uchi, cette proportion devient, en moyenne, FUS : 34 :09 :57. Enfin, pour ce qui est du troisième groupe, les sous-provinces de Berens-Sachigo et de Ashuanipi-Némiscau-Opinaca montrent clairement des similitudes, alors que les ceintures de la Sous-province de Minto diffèrent par la sous-représentativité des roches volcaniques felsiques.

L'implication des variations lithologiques sur la métallogénie des ceintures peut sembler, a priori, évidente. Toutefois, certains éléments d'incertitudes sur d'éventuelles interprétations émergent ; le plus important est qu'il existe une relation apparente entre la productivité des sous-provinces et la latitude. En regard de la fertilité relative des ceintures, l'hypothèse pouvant être émise est qu'au-delà des variations lithologiques, la fertilité relative représente un état de connaissance, lequel diminue avec l'accroissement des difficultés d'accès. Cette hypothèse est appuyée par la substantielle augmentation des ressources pour les ceintures du Moyen et Grand Nord Québécois depuis les récents programmes d'exploration.

Nonobstant ce manque de robustesse dans les prémisses, il demeure intéressant de noter que le contenu en métaux des quatre groupes de sous-provinces varie de façon logarithmique. Lorsqu'on effectue une pondération par rapport à la superficie des roches volcano-sédimentaires, la différence s'estompe partiellement mais demeure présente ([figure 46](#)).

En considérant les minéralisations de chacune des sous-provinces (voir les moyennes pondérées par le nombre de ceintures du [tableau 17](#)), alors les ceintures de l'Ashuanipi-Némiscau-Opinaca montrent une charge métal beaucoup plus grande que le Berens-Sachigo. Même si les caractéristiques lithologiques les associent à ce dernier, le contenu métal pour sa part est comparable à celui des sous-provinces de Wawa-Wabigoon-Birch Uchi.

Si l'on considère que la classification sur la base des lithologies est pertinente, un nouveau critère de prospectivité accru est donc proposé pour les ceintures appartenant à la Sous-province de Berens-Sachigo.

5.5.2 Classification (CAH) des ceintures du Supérieur

Dans cette approche, aucune classification « a priori » n'est considérée de sorte que les calculs effectués tentent de regrouper les éléments (ceintures) les plus similaires entre eux. À la [figure 47](#), présente une analyse de classification ascendante hiérarchique en considérant cinq ratios inter-lithologiques soient : 1) roches felsiques / roches mafiques ; 2) roches felsiques / roches ultramafiques ; 3) roches felsiques / roches sédimentaires ; 4) roches ultramafiques / roches mafiques et 5) roches ultramafiques / roches sédimentaires. Cette classification a été effectuée en utilisant la distance euclidienne entre les variables. Des 90 ceintures (appartenants au Supérieur) de la base de données, 36 ont une documentation suffisante permettant leur traitement. L'utilisation de ratios inter-lithologiques a l'avantage d'être indépendante de la grandeur des ceintures, de minimiser l'influence des valeurs extrêmes et si l'on fait l'hypothèse que l'érosion et la déformation ne modifient pas les proportions relatives, alors les ratios représentent les meilleurs paramètres de classification des ceintures.

La classification ascendante hiérarchique ([figure 47](#)) permet d'extraire 5 classes. L'archétype de la classe 1 (ceinture le plus près du centroïde du groupe), laquelle contient 28 représentants, est la ceinture de La Grande Centre. Ce groupe est très homogène et contient des ceintures bien connues tel Sturgeon, Frotet-Evans, Hemlo et Eastmain. La classe 2 ne contient que deux représentants, Red Lake et Lake of the woods, et se retrouve à faible distance de la classe 1. Les trois dernières classes totalisent 5 ceintures, lesquelles divergent fortement des précédentes de même qu'entre elles. On y retrouve les ceintures d'Eastmain (segment centre-ouest) (classe 3), Swayze, Obonga et Rowan-Manitou (classe 4) et de Heaven lake (classe 5).

Les fondements de cette analyse de proximité CAH sont clairement apparents lorsque l'on compare les groupes au [tableau 18](#). Ainsi, Heaven Lake (classe 5) se distingue par le ratio Felsique / Sédiment. Les trois ceintures du groupe 4 montrent un fort ratio UM / Sédiment. La ceinture de Eastmain Centre-Ouest (classe 3) a un ratio felsique / UM anormalement élevé. Les deux ceintures de la classe 2 (Lake of the Woods et Red Lake) sont quant à elles caractérisées par un fort ratio felsique / sédiment. Enfin, les ceintures de la classe 1 montrent des

ratios de valeur intermédiaire où le principale facteur de variabilité est le ratio felsique / UM, lequel explique l'essentielle de la sous-classification de la [figure 47](#). La variation des ratios inter-lithologiques du **tableau 18** permet également de voir que le principale facteur de variation – celui qui a le plus de sensibilité sur la classification – est le ratio felsique / UM suivi du ratio UM / sédiment.

Tableau 18 : Caractéristiques lithologiques de la CAH. Les ceintures en caractères gras représentent celles le plus près du centroïde de classe.

Ceinture	Classe (CAH)	Fel / Maf	Fel / UM	Fel / SedTot	UM / Maf	UM / SedTot
Heaven lake	5	0.22	7.38	13.81	0.03	1.87
Obonga	4	0.17	0.42	1.07	0.41	2.54
Rowan-Manitou	4	0.13	1.82	2.90	0.07	1.59
Swayze	4	0.12	0.95	1.61	0.12	1.69
Eastmain Centre-Ouest	3	0.47	186.60	1.86	0.00	0.01
Lake of the Woods	2	0.53	4.04	2.40	0.13	0.59
Red Lake	2	0.60	16.24	4.75	0.04	0.29
St Joseph	1	0.00	0.00	0.00	0.12	0.33
Lac des Îles	1	0.05	0.25	0.03	0.20	0.12
Sandy Lake	1	0.02	0.26	0.14	0.09	0.53
Lumby-Finlayson-Steeprock	1	0.01	0.48	0.29	0.02	0.60
Lang Lake	1	0.06	0.54	0.18	0.12	0.33
Muskrat Dam Lake	1	0.13	0.60	0.49	0.22	0.81
La Grande Ouest	1	0.00	0.66	0.01	0.01	0.01
Miminiska-FortHope	1	0.04	0.93	0.12	0.04	0.13
PickleLake-MeenDempster	1	0.14	2.06	1.13	0.07	0.55
Shebandowan	1	0.32	2.08	0.40	0.16	0.19
Lingman Lake	1	0.01	2.76	0.05	0.00	0.02
Gamitagama	1	0.08	3.17	0.22	0.02	0.07
Geraldton-Beardmore-Onaman	1	0.22	3.31	0.30	0.07	0.09
Rice/Bee/Wallace Lake	1	0.32	3.70	0.48	0.09	0.13
Troilus	1	0.28	4.30	0.93	0.06	0.22
Michipicoten	1	0.26	4.35	1.09	0.06	0.25
Schreiber-Hemlo-Heron Bay	1	0.31	4.74	1.12	0.07	0.24

Ceinture	Classe (CAH)	Fel / Maf	Fel / UM	Fel / SedTot	UM / Maf	UM / SedTot
Frotet-Evans	1	0.29	5.55	0.33	0.05	0.06
La Grande Centre	1	0.18	6.07	0.09	0.03	0.01
La Grande Est	1	0.19	6.37	0.12	0.03	0.02
Birch-Uchi	1	0.64	8.23	0.95	0.08	0.12
Kasabonika Lake	1	0.05	8.80	0.14	0.01	0.02
Sturgeon-Savant Lakes	1	0.26	10.04	1.19	0.03	0.12
Eastmain Est	1	0.08	11.12	1.10	0.01	0.10
Oxford-Knee lake	1	0.13	11.14	0.41	0.01	0.04
Batchawana	1	0.19	29.76	0.50	0.01	0.02
Separation lake - Bernic Lake	1	0.90	29.97	1.37	0.03	0.05
Eastmain Centre	1	0.19	44.64	0.32	0.00	0.01
Sous-province d'Abitibi	1	0.16	1.21	0.76	0.13	0.63

Lorsque l'on met en relation ces ratios inter-lithologiques en fonction de la productivité minérale des ceintures, quelques tendances émergent. Un nombre important de ceintures ([figure 48](#)) définit une relation linéaire entre le ratio « felsique / UM » et le contenu en Or (relation également valable si l'on considère le tonnage total de minerais, tous produits minéraux confondus). Parmi les exceptions les plus évidentes à cette relation notons le point (x:y) : (1.21 : 7 901 439) de la figure 48a, lequel correspond à la mégaceinture d'Abitibi ; le point (x :y) : (186 : 17 700), lequel correspond à la ceinture de Eastmain Centre-Ouest et le point (x :y) : (29.97 : 12 581) identifiant la ceinture de Separation lake - Bernic Lake. Si, pour la ceinture d'Abitibi, nous ne considérons que la zone volcanique sud, alors le ratio felsique / UM diminue, ce qui accentue sa divergence par rapport à la tendance principale. Toutefois, la relation devient beaucoup plus évidente si nous pondérons la charge métal en or par la superficie de la ceinture. De la sorte, nous parvenons à définir un groupe de ceinture ayant un bon coefficient de corrélation, c.-à-d. que les trois points encadrés de la figure 48a rejoignent la distribution principale. De façon surprenante, la relation mise en relief aux figures 48a et 48b indique qu'en présence de roches UM, lorsque le ratio « felsique / UM » augmente, la charge métal augmente proportionnellement. Donc, au-delà de la présence de roches UM, la présence conjointe de roches felsiques en proportion appréciable représente un indicateur de fertilité accrue.

La [figure 49](#) donne une relation tout aussi intéressante, c.-à-d. qu'il existe une relation très évidente entre le contenu en or (figure 49a) de même que le tonnage (figure 49b) en fonction du ratio inter-lithologique « UM / Sédiment ». En présence de roche UM, l'accroissement du contenu en roches sédimentaires apparaît comme étant un facteur de fertilité accrue. À la figure 49a, cinq ceintures semblent dévier de la tendance principale et offrir un plus grand contenu aurifère par km². Il s'agit – en ordre décroissant du contenu aurifère par km² – des ceintures d'Eastmain-Est, Red Lake, Gamitagama, Sturgeon et Abitibi. Deux possibilités peuvent expliquer cette situation : 1) la relation est fortuite et causée à la fois par une déficience de la base de données et un échantillon trop restreint ou 2) la relation est robuste et la déviation des cinq ceintures reflète un ratio UM/Sédiment erroné causé par l'utilisation de cartes géologiques déficientes. La première possibilité est impossible à valider dans l'état actuel de la base de données. La seconde possibilité peut être évaluée de façon qualitative par la revue de la qualité des données utilisées. Les ceintures de Red lake, Sturgeon et Gamitagama ont possiblement un ratio « UM / Sédiment » que l'on peut qualifier de préliminaire. Pour la ceinture de Eastmain-Est, il aurait peut-être été opportun de considérer toute la ceinture – laquelle contient beaucoup de

roches sédimentaires – et non pas seulement la section Est (secteur de la mine Eastmain), enfin la ceinture d'Abitibi est bien connue et présente un ratio anormalement élevé. Notons toutefois que pour cette dernière la notion de ceinture devient ambiguë ; si l'on considère toute la ceinture (c.-à-d. la Sous-province d'Abitibi) le ratio UM/Sédiment est de 0.63, si l'on considère la Zone Volcanique Sud seulement, le ratio UM/Sédiment devient égale à 1.3 et si l'on considère les zones de déformation de Destor-Porcupine et de Cadillac-Larder lake comme délimitant une ceinture, alors le ratio devient égale à 0.07. En conclusion, la relation mise en relief à la [figure 49](#) est probablement réaliste et représentative du craton du Supérieur.

Le graphique de la figure 49 indique potentiellement des aires de fertilité ou de favorabilité. Ainsi, une ceinture ayant un ratio inter-lithologique UM/Sédiment de 0.01 devrait avoir un potentiel d'environ 100 kg Au par km² ou 20,000 tonnes par km².

Les deux ratios présentés aux [figures 48](#) et [49](#) utilisent les roches UM et indiquent qu'en leur présence, l'accroissement de la proportion de roches sédimentaires ou de roches felsiques est favorable à l'accroissement de la charge métal. Lorsque l'on considère le ratio roches « Felsiques / roches Sédimentaires », aucune relation n'émerge, suggérant que les deux lithologies sont également importantes. En considérant un groupe de ceintures pour lesquelles il y a des roches sédimentaires et des roches felsiques mais absence de roches UM, alors seulement 5 ceintures sur un total de vingt contiennent des minéralisations et, de ces cinq, seule celle de Manitouwadge est une représentante d'envergure (valeur métal totale de plus d'un milliard de dollars). Comparativement à celles du groupe précédent – ceintures ayant à la fois des roches sédimentaires, des roches felsiques et des roches UM – 24 ceintures sur 35 sont hôtes de minéralisations et parmi celles-ci 11 ont une valeur métal total de plus d'un milliard de dollars (US\$). La présence de roches UM (conjointement aux roches felsiques et sédimentaires) fait donc progresser de 5% à 30% la proportion de ceintures dites « milliardaires ».

Plusieurs tentatives d'analyse des ceintures appartenant au Supérieur ont été faites en utilisant des approches statistiques multivariées (AF, AFD, ACP). Certains tests ont été élaborés en utilisant les proportions (%) des diverses lithologies, d'autres ont été élaborés en fonction de ratios inter-lithologies (par exemple la superficie des roches felsiques divisée par celle des roches UM). La conclusion d'ensemble de ces tests est que la différence entre les barycentres des groupes n'est pas significative.

À noter également que la CAH ci-haut présentée est également impuissante à reconnaître des différences entre les sous-provinces du Supérieur, ce qui tend à infirmer les classifications proposées aux [figures 44](#) et [45](#). Ces différences émergent seulement si l'on utilise des moyennes par sous-provinces, ce qui indique que les populations ne sont pas homogènes, elles ont de grands écarts-types et il existe des valeurs extrêmes. Ces observations mettent un sérieux bémol sur la généralisation des résultats obtenus.

6 ANALYSE DE LA BASE DE DONNÉES CONSOREM : APPROCHE EMPIRIQUE

L'approche empirique consiste à considérer la base de données comme étant représentative de l'ensemble des ceintures archéennes de la planète. Dans cette optique toutes caractéristiques ayant un degré d'occurrence anormalement élevé constituent un indicateur empirique. Ces caractéristiques, quelles que soient les causes physiques de leur présence connues ou inconnues, sont empiriquement associées à la « fertilité » relative d'une ceinture.

Les outils de prédilection pour la mise en œuvre de cette approche sont les méthodes statistiques et tout particulièrement les méthodes multivariées (Analyse Factorielle, Analyse Discriminante). Ces dernières permettent une introspection dans des systèmes à n -dimensions où les représentations graphiques traditionnelles à 2 et 3 dimensions sont obsolètes. Toutefois, ces méthodes ont également leur cortège de conditions qui limitent considérablement leur champ d'application (type de distribution, valeurs extrêmes et valeurs manquantes, type de variable, etc.). Pour ces raisons, et après plusieurs tentatives de traitement, il s'avère que le niveau de développement de la base de données ne permet pas la mise en œuvre de ces

méthodologies (abondance de valeurs extrêmes). Afin de minimiser cette difficulté, une alternative demeure, c'est-à-dire l'utilisation de l'approche par réseaux neuronaux.

Les réseaux neuronaux (RN) représentent une technique d'analyse entièrement différente de l'ensemble des autres méthodes d'analyse multivariées. L'approche des RN diffère à la fois par la structure des mathématiques sous-jacentes et les processus de classement. La caractéristique majeure de cette approche est l'apprentissage sur des cas connus. Ainsi, l'erreur sur la classification sert à ajuster la fonction de classement par un processus de rétroaction.

6.1 Test RN⁶ #1 - Assemblage lithologique vs Minéralisation

Un premier test appliquant la méthode des réseaux neuronaux vise à vérifier la présence d'éventuelles relations entre la complexité lithologique d'une ceinture et son contenu en minéralisations. Dans ce test, les lithologies ne sont pas pondérées en fonction de leurs importances (c.-à-d. pourcentage relatif de chacun des types lithologiques). Ici, chaque lithologie est représentée par une valeur binaire (présence ou absence) sans égard à la quantité.

Trois tests de RN ont été élaborés en considérant différentes combinaisons de lithologies. Les résultats de ces tests montrent une très faible efficacité de classification. Le degré de classification erronée varie de 80 à 100%.

6.2 Test RN #2 - Surface lithologique vs Minéralisation

Le second test est similaire au précédent sauf que les assemblages lithologiques ne sont pas considérés de façon binaire (présente ou absente) mais quantifiés par leur superficie (en km²). Près de 80 ceintures ont servi à entraîner et tester le RN. Après sept essais, il s'avère que les résultats sont très variables, passant d'excellents à médiocres⁷. Parmi les bons résultats, trois essais ont reconnu de 80 à 100% des ceintures stériles et de 62 à 73% des ceintures fertiles (**tableau 19**). Trois autres essais ont complètement échoué (100% des classifications dans un seul type). Le septième essai a eu un taux de réussite de près de 50%. On en déduit qu'il n'existe pas de solution pouvant être généralisée.

Tableau 19 : Résultats des tests de classification (surface lithologique vs minéralisation) par RN.

	Taux de réussite de la classification	
	Stérile	Fertile
Test 1	80 %	73 %
Test 2	0 %	100 %
Test 3	0 %	73 %
Test 4	80 %	67 %
Test 5	100 %	62 %
Test 6	50 %	69 %
Test 7	0 %	100 %

⁶ RN : Réseaux Neuronaux

⁷ Les tests 1 à 3 ont été faits en modifiant les populations d'entraînement, de validation et de test. Les tests 4 à 7 sont similaires aux trois premiers, mais suite à une ré-affectation des groupes de façon aléatoire.

A noter que ce test nécessite une bonne connaissance des cartes géologiques des ceintures à l'étude. Pour ces tests, l'absence d'un type lithologique a été fixée à 0 km², alors que dans la réalité la valeur zéro est vraisemblablement rare. Il demeure donc possible que la génération de profils plus fidèles des ceintures puissent mettre en relief des relations insoupçonnées.

6.3 Test RN #3 - Proportion lithologique vs Minéralisation :

Un troisième test similaire au précédent a été réalisé à partir des proportions surfaciques occupées par les assemblages lithologiques. Cette approche permet de pondérer les lithologies non pas par rapport à la dimension des ceintures, mais par rapport aux proportions relatives. Les cinq tests du RN exécutés sur ce fichier indiquent systématiquement l'incapacité du réseau à associer un état « Fertile/Stérile » en utilisant les proportions lithologiques comme indicateurs.

6.4 Test RN #4 - Géométrie vs Minéralisation :

Un quatrième test d'apprentissage de la reconnaissance de la fertilité a été fait en utilisant la classification « a priori » du [tableau 6](#). Le test vise à faire ressortir une relation entre la géométrie des ceintures et les minéralisations (sans égard à une substance particulière). Les variables explicatives utilisées sont : 1) la superficie totale de la ceinture ; 2) le périmètre ; 3) la longueur ; 4) le facteur largeur (il représente le quotient de la largeur estimée sur la largeur pondérée. Le facteur de la largeur se caractérise par deux variables : soit la *largeur pondérée* qui correspond à la superficie divisée par la longueur et, la *largeur estimée* qui correspond à l'appréciation visuelle de la largeur moyenne. Ce facteur permet de mettre en relief une géométrie qui diverge de l'ellipse et qui contient des protubérances ou résorptions locales). Le dernier paramètre est 5) le facteur d'arrondi qui considère trois variables soient : 1) la superficie comme étant la superficie totale d'une ceinture, 2) le périmètre réel comme étant le périmètre d'une ceinture et 3) le périmètre minimum comme étant la circonférence d'un cercle dont la surface est égale à celle de la ceinture. Le facteur d'arrondi correspond donc au quotient entre le périmètre réel et le périmètre minimum. Ce facteur documente le niveau de complexité de la surface de la ceinture.

De façon très étonnante, cinq des six tests mis de l'avant montrent clairement une corrélation entre les éléments géométriques des ceintures et les minéralisations qui y sont associées. Tel que montré au [tableau 20](#), le taux de réussite de la classification est plus que satisfaisant. Afin de contre-vérifier ce test, les résultats du « test 6 » ont été utilisés pour proposer une classification des autres ceintures de la base de données. Rappelons que la classification a été faite à partir des ceintures du [tableau 6](#), lequel contient environ 80 enregistrements. Les autres ceintures (environ 230) ne possèdent pas de classification « a priori » clairement définie. Le « test 6 » a été choisi pour son efficacité apparente à discriminer les ceintures stériles, ce qui diminue l'ambiguïté pour les ceintures dites fertiles.

Les résultats du test 6 sont présentés à l'annexe II. Dans cette annexe, on observe que l'analyse neuronale propose une classification à l'aide d'une variable continue s'échelonnant de 0 à 1, établissant les états relatifs stériles et fertiles. Il existe donc une zone d'ambiguïté de la classification lorsque la valeur est près de 0.5. Pour faciliter l'analyse des résultats, nous considérons une valeur supérieure à 0.7 comme étant potentiellement très fertile, de 0.6 à 0.7 modérément fertile, de 0.4 à 0.6 ambiguë, de 0.3 à 0.4 défavorable et inférieur à 0.3 potentiellement non-minéralisée. Il en résulte que des 231 ceintures analysées, 52 sont très fertiles, 28 modérément fertiles, 42 ambiguës, 60 défavorables et 49 potentiellement non-minéralisées.

Tableau 20 : Résultats des tests de classification (géométrie vs minéralisation) par RN.

Taux de réussite de la classification		
	Stérile	Fertile
Test 1	80 %	57 %
Test 2	0 %	100 %
Test 3	67 %	47 %
Test 4	75 %	67 %
Test 5	75 %	73 %
Test 6	100 %	53 %

Pour chacune des ceintures, une appréciation qualitative du résultat a été faite afin de valider la classification proposée. Cette appréciation consiste à vérifier les données de la base de données, à vérifier la qualité de la carte géologique et à faire une recherche internet (en utilisant Google). Ce dernier point avait pour objectif de vérifier l'état de l'activité minière (tel que communiqués de presse). Il en ressort que :

1. des 52 ceintures dites très fertiles, 42 contiennent effectivement des mines en production pour lesquelles les données de tonnage et de teneur n'ont pas été répertoriées, 5 autres n'ont pas de mines mais contiennent de nombreux indices, les 5 dernières sont des ceintures pour lesquelles il y a peu de documentation (cartes incomplètes, conflits politiques, absence d'activité minière) ;
2. des 28 modérément fertiles, 17 ont une production minière avérée dont les données de tonnage et de teneur n'ont pas été répertoriées, 3 ont une bonne activité minière avec la présence de projets avancés et les 8 dernières représentent des ceintures pour lesquelles il y a peu d'information ;
3. des 42 ceintures dont la classification est ambiguë, 18 contiennent des indices de minéralisation diverse mais aucune production à ce jour, 11 contiennent au moins une mine et les 13 dernières ne contiennent aucune minéralisation à ce jour et présentent peu ou pas d'activité sur le WEB ;
4. des 60 ceintures à caractère légèrement défavorable, 23 contiennent au moins un dépôt, 8 contiennent des indices, les 29 dernières ne présentent aucune minéralisation connue et ne présentent pas d'activité d'exploration minière sur le WEB ;
5. et enfin, des 49 ceintures potentiellement non-minéralisées, 16 contiennent des mines dont les tonnages et teneurs ne sont pas répertoriés, 11 contiennent différents types d'indice et 22 ne présentent aucune minéralisation connue et aucune activité d'exploration minière n'est répertoriée sur le WEB.

En résumé, tel que montré à la [figure 50](#), la méthode permet de reconnaître de façon relativement efficace l'état de fertilité apparente d'une ceinture. Toutefois, si l'on poursuit l'investigation en considérant la sensibilité des paramètres géométriques utilisés, on remarque que le paramètre le plus sensible pour la classification est la superficie des ceintures. Cette relation apparaît surprenante et va à l'encontre des conclusions selon lesquelles la superficie n'a pas d'incidence sur la fertilité. L'explication de cette relation réside dans le fait qu'il s'agit d'une demi-vérité. Le réseau neuronal met en relief que toutes les grandes ceintures contiennent des minéralisations, alors que les petites sont parfois stériles. En ne considérant que les plus grandes ceintures, le réseau s'assure de 100% de chance d'une classification juste. En classifiant les petites ceintures comme étant stériles, le réseau est dans l'erreur une fois sur deux.

D'une part, ce test confirme les conclusions préliminaires (Phase 1 du projet, 2003) selon lesquelles les ceintures de petite dimension possèdent le même potentiel que leurs grandes sœurs! D'autre part, il permet une introspection sur la nature de la distribution des minéralisations. En fait, si l'on considère les assertions suivantes :

- toutes les grandes ceintures sont minéralisées ;
- les petites ceintures sont localement minéralisées ;
- toutes les ceintures de classe mondiale (définie à la section 4.2) contiennent au moins un dépôt portant cet épithète ;
- aucune ceinture de classe mondiale n'acquiert ce statut par la présence d'une multitude de petits dépôts.

Alors, il est permis de conclure que la distribution des dépôts est affectée par un effet similaire à un « effet de pépète » et que l'augmentation de la superficie d'une ceinture augmente proportionnellement la probabilité d'inclure une telle « pépète ». De plus, cela semble impliquer que si l'on associe la grandeur d'une ceinture à un taux de préservation, alors le niveau d'érosion n'affecte pas de façon substantielle le potentiel métallifère.

7 SEPTA VOLCANO-SÉDIMENTAIRES

Les septa représentent des unités de roches supracrustales de petites dimensions (moins de 70 km² individuellement). Ces septa se retrouvent généralement en essaim et peuvent représenter les vestiges fortement érodés, déformés et communément métamorphisés de ceintures de plus grande dimension. L'étude de ces septa et de leurs métallogénies respectives est difficile pour des raisons dépendantes de leur degré de connaissance. L'absence de gisement peut être le reflet de leur sous-documentation et entraîne par le fait même un faible intérêt pour justifier l'acquisition de connaissance et les activités d'exploration.

Un exemple type de domaine archéen ayant des septa volcano-sédimentaires se retrouve dans le craton de l'Afrique de l'ouest (Guinea Rise). Ce secteur est caractérisé par un socle ancien gneissique à migmatites recoupé de nombreux plutons (Egal et al., 2002) dont les plissements complexes exhibent des septa de roches supracrustales (3.0-2.8 Ma). Deux orogénies majeures ont affectées ce segment archéen (Feybesse et al., 1998).

Un second exemple de croûte archéenne polydéformée et métamorphisée est représenté par le Reguibat Rise de l'Afrique de l'ouest. Ce secteur contient des vestiges archéens (3.0-2.5 Ma). Les roches supracrustales sont définies par Foster et Piper (1993) sous l'appellation de « greenstone-belt like stratigraphy », laquelle définit des régions contenant des lambeaux enclavés dans les gneiss fortement foliés.

7.1 Les septa de la ceinture de Thompson

La Ceinture de Thompson au centre du Manitoba représente une ceinture de plus de 250 km de longueur et de 8 à 40 km de largeur avec une superficie totale d'environ 7000 km². Cette superficie est répartie entre quatre types lithologiques (les plus importantes seulement) dont 4580 km² de gneiss, 1420 km² d'intrusions felsiques, 675 km² de roches sédimentaires diverses et seulement 300 km² de volcanites et d'intrusions mafiques à ultra-mafiques. Ce dernier élément lithologique est constitué d'un ensemble important de fragments non continus dont les superficies individuelles varient de quelques km² à près de 80 km² ([figure 51a](#)).

Si on fait abstraction des gneiss et des intrusions felsiques, nous retrouvons une ceinture caractérisée par un mince lambeau de roches mafiques à ultramafiques et quelques fragments de roches sédimentaires ([figure 51b](#)). Faire abstraction des gneiss et intrusions felsiques ne constitue pas un vice de procédure puisque ces roches sont présentes dans l'environnement de la majorité des ceintures et qu'il est souvent difficile de situer la limite au-delà de laquelle ces gneiss n'ont plus de relation avec la ceinture. Dans le cas spécifique de la ceinture de Thompson, les limites Est et Ouest sont clairement définies par les provinces du Supérieur et du Hearne (c.-à-d. le Trans-Hudson). N'eut été de ce contexte particulier, la ceinture aurait été définie telle qu'à la figure 51b.

Cette ceinture contient près d'une trentaine de producteurs ayant produit un total de 2 225 000 tonnes de nickel et 115 700 tonnes de cuivre. Ces dépôts marquent la frontière entre les provinces de Hearne et du Supérieur et sont caractérisés par des creux gravimétriques adjacents à une série d'intrusions UM (haut gravimétrique). Les intrusions sont de type Alpin et représentent possiblement les racines d'une ancienne chaîne de montagnes.

Comparativement et d'un point de vue purement géométrique, il est intéressant de constater que les ceintures de Kogaluk et Qalluviartuuq ([figure 52](#)), ici représentées à la même échelle sont comparables à la ceinture de Thompson, même que le degré de préservation des lithologies supracrustales est supérieur et que parmi les lithologies présentes se retrouvent des roches sédimentaires et des roches ultramafiques.

7.2 Les septa de la ceinture de Kuhmo-Suomussalmi

La ceinture de Kuhmo-Suomussalmi appartenant au craton Fenno-Scandinave est un exemple type de ceinture ayant dans son voisinage immédiat un grand nombre de septa volcano-sédimentaires ([figure 53](#)). Dans la documentation des ceintures, il est exceptionnel d'avoir accès à une cartographie détaillée incluant les roches encaissantes. Dans le cas présent on perçoit une relation évidente entre la ceinture principale d'extension Nord-Sud et les septa environnants. Particulièrement au niveau de Palovaara, où la ceinture s'élargit et forme des ré-entrant Est-Ouest, on retrouve un groupe de septa auxquels est associé un site de minéralisation zincifère (Kylmapüro).

Cette ceinture met bien en relief les conclusions de l'analyse par réseaux neuronnaires selon lesquelles les dimensions d'une ceinture ont une importance toute relative si l'on considère que les minéralisations associées ont une distribution affectée d'un « effet de pépite ». Compte tenu des superficies relatives entre la ceinture principale et l'ensemble des septa, alors une distribution aléatoire des dépôts augmentera la probabilité de minéralisation dans la ceinture principale, de même que l'augmentation de la probabilité de non-minéralisation pour plusieurs septa.

8 CONCLUSION ET AVENUES DE RECHERCHE

8.1 Conclusions

Le développement d'une base de données a constitué le fer de lance de ce projet, par lequel il a été possible de sonder les relations entre les minéralisations, les lithologies et les dimensions des ceintures de roches vertes.

Le présent rapport contient l'analyse d'un mince échantillonnage des tests qui ont été mis de l'avant. Puisque nombre d'entre eux n'ont pas permis d'établir de relations claires, seules les analyses les plus probantes ont été incluses. À noter qu'un nombre important de tests de premier ordre peuvent être exécutés en utilisant la base de données MS-Access à l'aide des requêtes paramétrées (base de données : PCRV / Menu Principal / Éléments d'Analyse / Requêtes Paramétrées). Des analyses plus approfondies ont été exécutées en utilisant des outils mathématiques à variables multiples.

8.1.1 Définition d'une petite ceinture de roches vertes

Sur la base de la distribution log-normale de la superficie des ceintures de roches vertes ($n = 316$), de même qu'en considérant les quartiles Q1 et Q3 pour assurer la représentativité des groupes, il a été établi que les ceintures de moins de 70 km^2 représentent des septa volcano-sédimentaires. Le corpus des ceintures se situe entre 70 et $30,000 \text{ km}^2$ de superficie, établissant les limites de la population des « petites ceintures », ce qui représentent 95.6% de l'échantillon. Au-delà de $30,000 \text{ km}^2$, nous retrouvons les ceintures de grandes dimensions. Pour les besoins de l'analyse de la population centrale en fonction de paramètres spécifiques, les petites ceintures ont été divisées en trois groupes sur la base des premier et troisième quartiles, établissant ainsi les groupes de $70-600 \text{ km}^2$, $600-4,500 \text{ km}^2$ et $4,500-30,000 \text{ km}^2$.

8.1.2 Analyse des superficies lithologiques

L'analyse des superficies (km^2) des lithologies par l'analyse en composante principale (ACP) indique qu'il n'existe aucune relation entre les superficies préservées et le potentiel minéral.

Lorsque l'on considère la superficie totale des ceintures, deux conclusions importantes émergent. Premièrement, les petites ceintures de roches vertes montrent un potentiel minéral tout aussi important que les grandes ceintures. Deuxièmement, les dimensions des systèmes d'altérations hydrothermales de même que les tonnages de minerais que l'on y retrouve sont entièrement comparables, ce qui indiquent que le volume de roches préservé est sans incidence sur le potentiel, l'ampleur et la charge métal des ceintures.

Toujours en considération de la superficie totale des ceintures, cette analyse ne permet pas d'apporter une conclusion sur la fertilité relative des septa volcano-sédimentaires. Ces derniers sont peu documentés, difficiles à répertoriés et ne présentent pas de cas types associés à une minéralisation économique [sic]. Cet état des connaissances ne peut conduire qu'à une évaluation ou à un commentaire prospectif de leur fertilité relative. Dans ces conditions et à l'égard des conclusions relatives aux petites ceintures, il semble raisonnable de croire que les septa ont un potentiel métallifère comparable à ces dernières. La limite du raisonnement est que plus le septa est petit plus on devra composer avec un « effet de pépité » de la distribution des mines en considérant qu'une mine représente un volume de roche donné. Statistiquement, il y aura donc plus de chance qu'un grand nombre de septa soient stériles (non-économique). Un deuxième commentaire est à l'effet que la grande majorité des septa volcano-sédimentaires sont affectées d'un métamorphisme amphibolitique. Dans ce contexte, une attention particulière devrait être portée sur la possibilité de remobilisation dans les gneiss environnants et incidemment, de relations indépendantes de la genèse de la ceinture.

8.1.3 Analyse des relations lithologiques

Analyses des proportions (%) AFD : les ceintures aurifères ont des assemblages lithologiques plus élaborés où les roches mafiques occupent moins de 50% de la superficie et les roches felsiques en atteignent près de 20%. La présence des roches UM est similaire pour les deux groupes. En utilisant les cinq principaux assemblages lithologiques d'une ceinture (roches mafiques, felsiques, UM, roches sédimentaires silico-clastiques et chimiques), l'analyse factorielle discriminante a reclassé avec succès plus de 80% des candidats ($n=24$).

Les roches ultramafiques sont d'une importance capitale pour la métallogénie du cuivre et du nickel (ce qui en soit n'est pas une découverte). Toutefois, aucune méthode de traitement n'a permis de mettre en relief une relation entre les roches ultramafiques et l'or. De façon globale, il n'existe aucune différence entre la productivité aurifère des ceintures ayant des roches UM et celles qui en sont dépourvues. L'association communément citée entre les roches UM et l'or en est une que l'on pourrait qualifier de « vecteur de proximité » et non pas de « potentiel rehaussé ». En d'autres mots, sur la base de la présence/absence de roches UM, toutes les ceintures ont approximativement la même probabilité d'occurrence d'un gisement, mais en la présence de roche UM, il y a une grande probabilité que cette occurrence soit près de cette lithologie. Notons que la seule

possibilité qu'il existe une relation Au/UM réside dans la pétrogenèse spécifique de certaines roches UM, tel par exemple les suites riches et pauvres en aluminium.

Une conclusion importante relative à la relation entre la productivité minérale et les lithologies d'une ceinture, est qu'aucune lithologie particulière ou combinaison de lithologies ne semble définir un facteur rehaussant le potentiel de productivité. Les différentes approches suggèrent plutôt qu'au-delà de la présence d'une certaine lithologie, le facteur le plus important est la diversité des lithologies. Ainsi, plus une ceinture montre une stratigraphie complexe et diversifiée, plus elle a de chance d'être associée à des minéralisations. Parallèlement à cette conclusion, notons que cette diversité lithostratigraphique ne montre pas une distribution homogène entre les divers cratons.

8.1.4 Ratios inter-lithologiques

L'analyse des ratios inter-lithologiques par analyse factorielle (AFC et AFD) a permis d'établir un contenu aurifère rehaussé pour les ceintures ayant une composante majeure en roches sédimentaires, en volcanites felsiques et en roches UM. Pour ce dernier type de roches (UM), il se dégage que la quantité n'est pas l'élément important, mais bien la seule « présence ».

8.1.5 Analyse phylogénique

Les approches phylogéniques de la classification des ceintures montrent qu'il existe des différences marquées entre les principaux cratons archéens et paléoprotérozoïques. Certains d'entre eux ont une composante sédimentaire dominante (Leo Rise, Fennoscandinave et Esclave) ou sont riches en roches volcaniques felsiques (Tanzanie et Pilbara), alors que d'autres sont caractérisés par la présence de roches UM (Zimbabwe, Kaapvaal). Tout comme pour l'analyse des lithologies, il apparaît que les cratons ayant la plus grande productivité sont ceux contenant la plus grande diversité lithologique. Puisque l'on retrouve cette tendance à l'échelle de l'analyse des cratons, la conclusion est que la diversité des ceintures ne montre pas une distribution homogène et que certains types de ceintures forment des clans et appartiennent à des cratons spécifiques.

8.1.6 Analyse du craton de supérieur

L'analyse spécifique de la Province de Supérieur a permis de mettre en relief trois groupes de sous-provinces. Tout comme pour l'analyse des lithologies, les groupes de sous-provinces se distinguent sur la base de trois lithologies dont les roches sédimentaires, les volcanites felsiques et les roches UM. La prépondérance de ces lithologies rehausse le potentiel aurifère.

8.2 Avenues de recherche

Certains éléments de la base de données sont encore à un stade préliminaire et pourraient être mieux étoffés. Par exemple :

Séquences stratigraphiques :

Sans que ne soit numérisé le détail des cartes géologiques des ceintures, ce qui demande un temps considérable, il pourrait être avantageux d'inclure un fichier décrivant la colonne stratigraphique générale d'une ceinture. Ce type d'information est généralement disponible dans les publications et permettrait de faire l'étude des « séquences » stratigraphiques en fonction de la métallogénie.

Métamorphisme :

Pour l'instant, ce fichier est très fragmentaire mais pourrait être rehaussée par l'ajout de certains champs de description pouvant rendre l'étude du métamorphisme plus factuelle :

- type de métamorphisme (régional ou auréole)
- nature prograde ou rétrograde
- distribution (principale, secondaire)

Failles :

Ce fichier est incomplet et pourrait avantageusement être rehaussé afin de permettre l'étude des relations géométriques entre les lithologies (contrastes rhéologiques), les structures (porosité secondaire) et les minéralisations aurifères.

De façon générale, il est possible de dire que la base de données contient beaucoup plus d'informations factuelles que vectorielles. Le seul fait de compléter ces dernières permettrait de mettre en valeur le fichier graphique (MapInfo) des ceintures.

REMERCIEMENTS

La base de données associée à ce travail a été documentée à partir de la littérature toutefois la documentation relative à la localisation des ceintures de roches vertes pour le Québec constitue un apport multipartite incluant Soquem (région du Moyen Nord, M. Francis Chartrand), Virginia (Moyen et Grand Nord, M. Paul Archer) et le MRNF (Grand Nord Québécois, M. Jean-Yves Labbé). Un travail colossal de mise en forme de l'information a été fait avec le concours de Mme Julie Larouche. Des remerciements sont également adressés aux représentants du comité de gestion scientifique du CONSOREM pour leurs commentaires et suggestions. Finalement, mesdames Marie-Line Tremblay et Isabelle Lapointe sont remerciées pour la revue du manuscrit.

RÉFÉRENCES

(N.B. cette liste inclut les références utilisées pour l'élaboration de la base de données)

Abbott, D. and Isley, A. 2001. Oceanic upwelling and mantle-plume activity: Paleomagnetic tests of ideas on the source of the Fe in Early Precambrian. In: Ernst, R. E. and Buchan, K. L. eds. Mantle plumes: Their identification through time. Spec. Pap. AfricWest Gold NL 1999. Annual report 1999.

Abbott, D. and Isley, A. 2002. The intensity, occurrence, and duration of superplume events and eras over geological time. *J. Geodynamics*, 34, pp. 265-307.

AGS - Geological map of Australia. National Geoscience Datasets GIS.

Althoff, F., Barbey, P. et Boullier, A. -M. 2004. 2,8-3,0 Ga plutonism and deformation in the SE Amazonian craton: the archaean granitoids of Marajoara (Carajas mineral province, Brazil). *Prec. Res.*, vol. 104, pp. 187-206.

Anderson, A. J. 2004. Petrogenesis of the Cross lake pegmatite field, Central Manitoba. 2004 Denver Annual Meeting. Abstract from Conference.

Andrews, A. J. and Wallace, H. 1983. Alteration, Metamorphism and structural patterns associated with Archean gold deposits - Preliminary observations in the Red Lake Area. In: Colvine, A. C. eds. *The Geology of Gold in Ontario*. Misc. Pap. 110. Min. Nat.

Andrews, A. J., Hugon, H., Durocher, M., Corfu, F. and Lavigne, M. J. 1986. The anatomy of a gold-bearing greenstone belt: Red Lake, Northwestern Ontario, Canada. In: Macdonald, A. J. eds. *GOLD '86: An international symposium on the geology of gold deposits*. Proceedings Volume. Geol. Ass. Can. -Soc. Eco. Geol. -Ont. Geol. Surv. -TGDG.

Anhaeusser, C. R. and Viljoen, M. J. 1986. Archaean metallogeny of Southern Africa. In: Anhaeusser, C. R. and Maske, S. eds. *Minerals deposits of Southern Africa*. Vols. I & II. Geological Society of South Africa.

Anonyme 2002. The Troy Report. Page Web: www.try.com.au/asx/pdf/try20020611.pdf

Anonyme 2003. MiningPro File: Guyana (edition of 03/2003). Page Web: <http://www.miningprofiles.com>

Anonyme 2004. Farenza Maria Preta Mine. Page Web: <http://www.oricaminingservices.com/files/filelist/427/1/Fazenda%20Brasiliro.pdf>

Anonyme. Page Web: www.barrick.com

Anonyme. SAMINDABA Concil of Geoscience. Page Web: www.geoscience.org.za/samindaba/index.htm

Anonyme. Secteur mines Madagascar. Page Web: http://www.madagascar-contacts.com/fasp/Sec_Mines/BDSMines_Plan.htm

Appiah, H., Norman, D. I. and Boadi, I. 1991. The geology of the Prestea and Ashanti goldfields: A comparative study. In: Ladeira, E. A. eds. *Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Balkema Rotterdam.

Araujo, M. N. C., Da Silva, F. C. A., De Sa, E. F. J. et Holcombe, R. J. 2002. Geometry and structural control of gold vein mineralizations in the Serido Belt, northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 15, pp. 337-348.

- ASX Company 2003. Information Release Upgrade of Cosmic Boy and Digger Rocks Resource. Press Release.
- Austrade São Paulo 1998. Geojag Brazil. Page Web: [http://www. ga. gov. au/geojag/jagonly/braz. html#](http://www.ga.gov.au/geojag/jagonly/braz.html#)
- Ayer, J. A. 1998. Petrogenesis and tectonic evolution of the Lake of the Woods greenstone belt, western Wabigoon Subprovince, Ontario, Canada Thèse de doctorat.
- Bache, J. -J. 1982. Les gisements d'or dans le monde: Essai de typologie quantitative. B. R. G. M., Mémoire No. 118.
- Bagai, Z., Armstrong, R. and Kampunzu, A. B. 2002. U-Pb single zircon geochronology of granitoids in the Vumba granite-greenstone terrain (NnE Botswana): Implications for the evolution of the Archaean Zimbabwe. *Prec. Res.*, vol. 118, pp. 149-168.
- Bagas, L. 2001. Stratigraphic revision of the Warrawoona and Gorge Creek Groups in the Kelly greenstone belt, Pilbara Craton, Western Australia. 2001-2002 Annual review.
- Baker, D. E., Secombe, K. P. and Collins, W. J. 2002. Structural history and timing of gold mineralization in the northern East Strelly belt, Pilbara craton, Western Australia. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 775-785.
- Baker, R. S. 2000. A virtual field trip to the North Pilbara. AGSO Record 2000/45. Mineral Division.
- Balagansky, V. V., Timmerman, M. J., Kozlova, N. Ye., et Kislitsyn, R. V. 2001. A 2. 44 Ga syn-tectonic mafic dyke swarm in the Kolvitsa belt, Kola Peninsula, Russia: implications for early Palaeoproterozoic tectonics in the north-eastern Fennoscandian shield. *Prec. Res.*, vol. 105, pp. 269-287.
- Ball, T. T., et Lang Farmer, G. 1991. Identification of 2. 0 to 2. 4 Ga Nd model age crustal material in the Cheyenne belt, southeastern Wyoming: Implications for Proterozoic accretionary tectonics at the southern margin of the Wyoming craton *Geology*, vol. 19,
- Bandyopadhyay, B. K., Roy, A. and Huin, A. K. 1995. Structure and tectonics of a part of the central indian shield. *Memoir Geological Society of India*, vol. 31, pp. 433-467.
- Bandyopadhyay, B. K., Roy, A., et Huin, A. K. 1995. Structure and tectonics of a part of the central Indian shield *Geological society of India Memoir*, vol. 31, pp. 433-467.
- Baragar, W. R. A., Mader, U. and LeCheminant, G. M. 2000. Paleoproterozoic carbonatitic ultrabasic volcanic rocks (meimechites?) of Cape Smith Belt, Quebec. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 38, pp. 1313-1334.
- Barbosa, J. S. F. and Sabaté, P. 2002. Geological features and the Paleoproterozoic collision of four Archean crustal segments of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil. A synthesis. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, vol. 74, pp. 343-359.
- Barbosa, J. S. F. et Sabaté, P. 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the Sao Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Prec. Res.*, vol. 133, pp. 1-27.
- Barbosa, J. S. F., Correa-Gomes, L. C., Marinho, M. M. et Da Silva, F. C. A. 2003. Geologia do segmento sul do orogênio Itabuna-Salvador-Curaca *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 33, pp. 33-47.
- Barley, M. E. and Pickard, A. L. 1999. An extensive crustally-derived, 3325 to 3310 Ma silicic volcanoplutonic suite on the Eastern Pilbara craton: evidence from the Kelly, McPhee Dome and Corunna Downs Batholith. *Prec. Res.*, vol. 96, pp. 41-62.
- Barley, M. E., Loader, S. E. and McNoughton, N. J. 1998. 3430 to 3417 calc-alkaline volcanism in the McPhee dome and Kelly belt and growth of the Eastern Pilbara craton. *Prec. Res.*, vol. 88, pp. 3-23.

- Barton Jr, J. M., Blaine, J. L., Doig, R. et Byron, C. L. 1994. The geological setting and style of copper mineralization at the Bushman group of deposits, northeastern Botswana. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 18, pp. 87-97.
- Barton, J. M. Jr. 1981. The pattern of Archaean crustal evolution in southern Africa as deduces from the evolution of the Lompopo mobile belt and the Barberton granite-greenstone terrain. In: Glover, J. E. and Groves, D. I. eds. *Archaean geology. Second International Symposium, Perth 1980. Spec. Publ. 7. Geol. Soc. Austr.*
- Bashkar Rao, Y. J., et Naqvi, S. M. 1977. Geochemistry of metavolcanics from the Bababudan schist belt: a late Archaean/early Proterozoic volcano-sedimentary pile from India. In: B. F. Windley and S. M. Naqvi eds. *Archaean geochemistry. 1. Elsevier.*
- Bassot, J. P. et Caen-Vachette, M. 1984. Données géochronologiques et géochimiques nouvelles sur les granitoïdes de l'Est du Sénégal: implications sur l'histoire géologique du Birimien de cette région African *Geology*. pp. 196-209.
- Beaumont-Smith, C. J., Anderson, S. D. et Böhm, Ch. O. 2001. Structural analysis and investigations of shear-hosted gold mineralization in the southern Lynn lake greennstone belt (parts of NTS 64C/11, /12, /15, /16) *Reports of activities 2001*, vol. 2001, pp.
- Beaumont-Smith, C. J., Lentz, D. R. and Tweed, E. A. 2000. Structural analysis and gold metallogeny of the Farley Lake gold deposit, LynnLake greenstone belt (NTS 64C/16); in *Report of Activities 2000*.
- Bédard, J. H., Brouillette, p., Madore, L., et Berclaz, A. 2003. Archean cratonization and deformation in the northern Superior Province, Canada: an evaluation of plate tectonic versus vertical tectonic models. *Prec. Res.*, vol. 127, pp. 61-87.
- Berman, R. G., Davis, W. J., Aspler, I. B. and Chiarenzelli, r. 2002. SHRIMP U-Pb ages of multiple metamorphic events in the Angikuni lake area, western Churchill province, Nunavut, *Current Ressearch*, vol. 2002-F3, pp. 9.
- Berman, R. G., Davis, W. J., Ryan, J. J., Tella, S., et Brown, N. 2002. In situ SHRIMP U-Pb geochronology of Barrovian facies-series metasedimentary rocks in the Happy lake and Josephine River supracrustal belts: implications for the Paleoproterozoic architecture of the northern Hearne domain, Nunavut *Geological survey of Canada, Current Research*, vol. 2002-F4, pp. 14.
- Bernasconi, A. 1987. The major precambrian terranes of Eastern South America: a study of their regional and chronological evolution. *Prec. Res.*, vol. 37, pp. 107-124.
- Bernier, L. R. and MacLean, W. H. 1989. Auriferous chert, banded iron formation and related volcanogenic hydrothermal alteration, Atik Lake, Manitoba. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 26, pp. 2676-2690.
- Bethume, K. M. and Scammell, R. J. 2003. Geology, geochronology and geochemistry of Archean rocks in the Ege Bay area, north-central Baffin island, Canada: constraints on the depositional and tectonic history of the Mary river Group of northeastern Rae Province. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 40, pp. 1137-1167.
- Bettencourt, J. S., Borges, W. R. and Koritiake, M. 1991. The Cachoeira fold deposit, Gurupi belt, Para, Brazil: geological setting, structure and mineralization - A preliminary report. In: Ladeira, E. A. eds. *Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Balkema Rotterdam.*
- Béziat, D., Bourges, F., Debat, P., Lompo, M., Martin, F. and Tollon, F. 2000. A paleoproterozoic ultramafic assemblage and associates volcanic rocks of the Boromo greenstone belt: fractionates originating from asland-arc volcanic activity in the West African craton. *Prec. Res.*, vol. 101, pp. 25-47.

- Bhowmik, S. K. and Roy, A. 2003. Garnetiferous micaschists from the Sausar mobile belt: P-T path and implications for the tectonothermal evolution of the central Indian tectonic zone. *Jour. Of Petrol.*, vol. 44, pp. 387-420.
- Bickle, M. J., et Nisbet, E. G. 1993. The geology of the Belingwe greenstone belt, Zimbabwe: A study of the evolution of Archaean continental crust *Geol. Soc. Zimbabwe Spec. Pub.*, vol. 2, pp. 13-37.
- Bickle, M. J., Nisbet, E. G. and Martin, A. 1994. Archaean greenstone belts are not oceanic crust. *Jour. Geol.*, vol. 102, pp. 121-138.
- Bierwirth, P., Huston, D and Blewett, R. 2002. Hyperspectral mapping of mineral assemblages associated with gold mineralization in the central Pilbara, Western Australia. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 819-826.
- Binns, R. A., Gunthorpe, R. J. and Groves, D. I. 1976. Metamorphic patterns and development of greenstone belts in the eastern Yilgarn blocks, Western Australia. In: Windley, B. F. eds. *The early history of the earth*. J. Wiley and sons, New York.
- Blackburn, C. E., Johns, G. W., Ayer, J. and Davis, D. W. 1991. Wabigoon Subprovince. In: Thurston, P. C., Williams, H. R., Sutcliffe, R. H. and Scott, G. M. eds. *Geology of Ontario*. Spec. Vol. 4, Part 1. Ontario Geological Survey.
- Bleeker, W. 2003. The late Archaean record: a puzzle in ca. 35 pieces. *Lithos*, vol. 71, pp.99-134.
- Blenkinsop, T. G., Fedo, C. M., Bickle, M. J., Enriksson, K. A, Martin, A., Nisbet, E. G. et Wilson, J. F. 1993. Ensilic origin for the Ngezi Group, Belingwe greenstone belt, Zimbabwe *Geology*, vol. 21, pp. 1135-1138.
- Blenkinsop, T. G., Oberthur, T. and Mapeto, O. 2000. Gold mineralization in the Mazowe area, Harare-Bindura-Shamva greenstone belt, Zimbabwe: 1. Tectonic controls on mineralization. *Mineralium Deposita*, vol. 35, pp. 126-137.
- Blewett, R. S., Huston, D. L., Mernagh, T. P. and Kamprad, J. 2002. The diverse structure of Archaean lode gold deposits of the Southwest Mosquito creek belt, East Pilbara craton, Western Australia. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 787-800.
- Boily, M., et Dion, C. 2002. Geochemistry of boninite-type volcanic rocks in the Frotet-Evans greenstone belt, Opatica subprovince, Quebec: implication for the evolution of Archaean greenstone belts. *Prec. Res.*, vol. 115, pp. 349-371.
- Boily, M., Lacoste, P. et Labbé, J.-Y. 2002. Géochimie des ceintures et lambeaux volcano-sédimentaires du domaine de Goudalie, Bloc de Minto, Province du Supérieur, Québec. *MB 2002-03, Min. Ress. Nat. Qué.*, 50 p.
- Bolhar, B., Woodhead, J. D. and Hergt, J. M. 2003. Continental setting inferred for emplacement of the 2.9-2.7 Ga Belingwe Greenstone Belt, Zimbabwe *Geology*, vol. 31,
- Borg, G. et Krogh, T 1999. Isotopic age data of single zircons from the Archaean Sukumaland Greenstone Belt, Tanzania *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 29, pp. 301-312.
- Bouhallier, H., Chardon, D. and Choukroune, P. 1995. Strain patterns in the Archaean dome and basin structures: The Dharwar craton (Karnataka, South India). *Earth Planet. Sci. Let.*, vol. 135, pp. 57-75.
- Bow, C. S. 1986. Structural and lithologic controls on Archaean, Grewacke-hosted gold mineralization within the Sweetwater district, Wyoming, USA. In: Keppie, J., D, Boyle, R. W. and Haynes, S. J. eds. *Turbidite-hosted gold deposits*. Spec. Pap. 32. *Geol. Ass.*

- Boyle, R. W. 1979. The geochemistry of gold and its deposits.
- Brandl, G. et De Wit, M. 1996. The Kaapvaal craton. Clarendon Press. pp. 581-607.
- Brauhart, C. W., Huston, D. L. and Andrew, A. S. 2000. Oxygen isotope mapping in the Panorama VMS district, Pilbara craton. Western Australia: applications to estimating temperatures of alteration and to exploration. *Mineralium Deposita*, vol. 35, pp.
- Brenner, T. L., Teixeira, N. A., Oliveira, J. A. L., Franke, N. D. et Thompson, J. F. H. 1990. The O'Toole nickel deposit, Morro do Ferro greenstone belt, Brazil. *Eco. Geol. Res. Inst.*, vol. 85, pp. 904-920.
- Breakhouse, G.P. 1991. Winnipeg River Subprovince. In: Thurston, P.C., Williams, H.R., Sutcliffe, R.H. and Scott, G.M. eds., *Geology of Ontario, Ont. Geol. Surv., Spec. Vol. 4, Part 1*, pp.279-301.
- Breaks, F.W. 1991. English River Province. In: Thurston, P.C., Williams, H.R., Sutcliffe, R.H. and Scott, G.M. eds., *Geology of Ontario, Ont. Geol. Surv., Spec. Vol. 4, Part 1*, pp.239-278.
- Brito, R. S. C., Nilson, A. A. and Laflame, G. 2005. PGM and Complex Ni-Fe-Cu-Co Arsenide-Sulfide Paragenesis Associated with Fe-Ti-VOxides of the Gulçari Magnetite Pod, Rio Jacaré Sill, Bahia, Brazil. Page Web: http://www.env.duke.edu/people/faculty/boudreau/9thPtSymposium/Brito_Abstract.pdf
- Buco Tallarico, F. H., McNaughton, N. J., Groves, D. I., Fletcher, I. R., Figueiredo, B. R., Carvvalho, J. B., Rego, J. L. and Nunes, A. R. 2004. Geological and SHRIMP II U-Pb constraints on the age and origin of the Breves Cu-Au (W-Bi-Sn) deposit, Carajas, Brazil. *Mineralium Deposita*, vol. 39, pp. 68-86.
- Buick, R., Brauhart, C. W., Morant, P., Thornett, J. R., Maniw, J. G., Archibald, N. J., Doepel, M. G., Fletcher, I. R., Pickard, A. L., Smith, J. B., Barley, M. E., McNaughton, N. J. and Groves, D. I. 2002. Geochronology and stratigraphic relationships of the sulphur springs group and strelley granite: a temporally distinct igneous province in the Archean Pilbara craton, Australia. *Prec. Res.*, vol. 114, pp. 87-120.
- Burke, K. 1997. Foreword. In: de Wit, M.J. and Ashwal, L.D. eds., *Greenstone Belt. Oxford monographs on geology and geophysics*, No. 35, pp.V-VII.
- Butt, C. R. M. and Sergeev, N. B. 2003. Dalgara base metal prospect, Mt. Magnet district, Western Australia. *CRC LEME - SCIRO*. pp. 3.
- Cahen, L. et Snelling, N. J. 1984. In: Clarendon eds. *The geochronology and evolution of Africa*. Oxford.
- Caledonia Mining Corporation.
- Campos, J. C. S., Carneiro, M. A. et Basei, M. A. S. 2003. U-Pb evidence for Late Neoproterozoic crustal reworking in the southern Sao Francisco Craton (Minas Gerais, Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, vol. 75, pp. 497-511.
- CanMet 1999. Narrow vein mining research project.
- Carpenter, R. 2002. An overview of world-class gold districts in Canada's Newest territory- Nunavut. *The Gangue*, vol. 74, pp. 5-6.
- Carvalho, D. (1999). *Exploration Strategies in the Iberian Pyrite Belt: A Young, Mature, or Senile Mineral Exploration Province ?*. Mining Development Strategies With a Focus on the Case of the Iberian Pyrite Belt. Technical Journey 25th September 1998 Lisbon, Portugal.

- Carpenter, R. L., Sherlock, R. L., Quang, C., Kleespies, P., et McLoed, R. 2003. Geology of the Doris North gold deposits, northern Hope Bay volcanic belt, Slave Structural Province, Nunavut Geological survey of Canada, Current Research, vol. 2003-C6, pp. 10.
- Central African Gold Inc. 2004. Central African Gold to Acquire 53% Stake in Golden Tau Mining Ltd; Fillyaboots Articles. Issued on behalf of Central African Gold Plc by St Brides Media & Finance Ltd, 46 Bedford Row, London WC1R 4LR. Page Web: #http://www.fillyaboots.com/_fybArc1/00000335.htm
- Chadwick, B., Ramakrishnan, M., et Viswanatha, M. N. 1981. The stratigraphy and structure of the Chitradurga region: an illustration of cover-basement interaction in the late Archean evolution of the Karnataka Craton, Southern India. *Prec. Res.*, vol. 16, pp.
- Chadwick, B., Vasudec, V. N. and Hegde, G. V. 2000. The Dharwar craton, southern India, interpreted as the result of late Archean oblique convergence. *Prec. Res.*, vol. 99, pp.
- Chardon, D., Choukroune, P., et Jayananda, M. 1998. Sinking of the Dhawar Basin (South India): implications for Archean tectonics. *Prec. Res.*, vol. 91, pp. 15-39.
- Chauvet, A., Da Silva, F. C. A., Faure, M. et Guerrot, C. 1997. Structural evolution of the Paleoproterozoic Rio Itapicuru granite-greenstone belt (Bahia, Brazil): the role of synkinematic plutons in the regional tectonics. *Prec. Res.*, vol. 84, pp. 139-162.
- Chiarini, A. P., et Schorscher, H. D. 2002. The Piumhi supergroup, SW-Sao Francisco craton, MG-Brazil *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, vol. 74, pp. 542-543.
- Choukroune, P., Ludden, J.N., Chardon, D., Calvert, A.J. and Bouhallier, H. 1997. Archean crustal growth and tectonic processes: a comparison of the Superior province, Canada and the Dharwar craton, India. In: Burg, J.-P. and Ford, M. eds.: *Orogeny through time*. Geol. Soc., Spec. Publ. No. 121, pp. 63-98.
- Chown, E.H., N'dah, E., Mueller, W.U. 2000. The relation between iron-formation and low temperature hydrothermal alteration in an Archean volcanic environment. *Pre. Res.*, vol. 101, pp. 263-275.
- Coakley, G. J. 1999. The mineral industry of Ghana. Page Web: #<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/1999/9213099.pdf>
- Committee Bay Resources. Technical report
- Condie, K.C. 2001. *Mantle plumes and their record in the earth history*. Cambridge Univ. Press. 306 p.
- Condie, K.C. 2004. Precambrian Superplume events. In: Erickson, P.G, Altermann, W., Nelson, D.R., Mueller, W.U. and Catuneanu, O. eds. *The Precambrian Earth: Tempos and events*. Developments in Precambrian geology, vol. 12. Elsevier., pp. 163-173.
- Condie, K. C., et Nuter, J. A. 1981. Geochemistry of the Dubois greenstone succession: an early proterozoic bimodal volcanic association in West-central Colorado. *Prec. Res.*, vol. 15, pp. 131-155.
- Coomer, P. G., Coward, M. P. et Lintern, B. C 1977. Stratigraphy, structure and geochronology of ore leads in the Matsitama schist belt of northern Botswana. *Prec. Res.* ,
- Corcoran, P. L. 2000. Recognizing distinct portions of seamounts using volcanic facies analysis: examples from the Archean Slave province, NWT, Canada. *Prec. Res.*, vol. 101,
- Cordani, U. G., Sato, K., et Marinho, M. M. 1985. The geologic evolution oh the ancient granite-greenstone terrane of central-southern Bahia, Brazil. *Prec. Res.*, vol. 27, pp.

- Corfu, F. and Lin, S. 2000. Geology and U-Pb geochronology of the Island Lake greenstone belt, Northwestern Superior province, Manitoba. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol.
- Corfu, F., Davis, D. W., Stone, D., et Moore, M. L. 1998. Chronostratigraphic constraints on the genesis of Archean greenstone belts, northwestern Superior Province, Ontario, Canada. *Prec. Res.*, vol. 92, pp. 277-295.
- Corfu, F., et Grunsky, E. C. 1987. Igneous and tectonic evolution of the Batchawana greenstone belt, Superior province: a U-Pb zircon and titanite study. *Jour. Geol.*, vol. 95,
- Corkery, M. T., Cameron, H. D. M., Lin, S., Skulski, T., Whalen, J. B., et Stern, R. A. 2000. Geological investigations in the Knee Lake Belt (Parts of NTS 53L) Report of activities, vol. 2000, pp. 129-136.
- Corkery, M. T., Davis, D. W., et Lenton, P. G. 1992. Geochronological constraints on the development of the Cross Lake greenstone belt northwest Superior Province, Manitoba. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 29, pp. 2171-2185.
- Corrigan, D. Evolutionary tectonic development of the Trans-Hudson orogen - a tale of three cratons, a large ocean, accretionary and collisional tectonics. Page Web: www.lithoprobe.ca/contributed%20Abstracts/Oral%20Presentation/Corrigan-EvolutionaryTectonicDevelopment.pdf
- Coursen, B. 2002. Geochemistry of late Archean Banting Group, Yellowknife greenstone belt, Slave province, Canada: Simultaneous melting of the upper mantle and juvenile mafic crust. *Gangue*, vol. 75, pp. 1-4.
- Coward, M. P. et James, P. R. 1974. The deformation patterns of two archaean greenstone belts in Rhodesia and Botswana. *Prec. Res.*, vol. 1, pp. 235-258.
- Da Cruz, E. L. C. C. et Kuyumjian, R. M. 1998. The geology and tectonic evolution of the Tocantins granite-greenstone terrane: Almas-Dianopolis region, Tocantins State, Central Brazil I *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 28, pp. 173-182.
- Da Cruz, E. L. C. C. et Kuyumjian, R. M. 1999. Mineralizacoes auríferas filoneas do terreno granito-greenstone do Tocantins *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 29, pp.
- Da Cruz, E. L. C. C., Kuyumjian, R. M., Hagemann, S. and McNaughton, N. J. 2003. Metamorphic evolution and Ar-Ar geochronology an Corrego Paiol gold mine host amphibolites, Tocantins State: Implications to mineralization timing.
- Da Fonseca, E., Lobato, L. M. et Baars, F. J. 1997. The petrochemistry of the auriferous, volcanosedimentary Riacho dos Machados Group, Central-Eastern Brazil: Geotectonic implications for shear-hosted gold mineralization. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 10, pp. 423-443.
- Da Fonseca, E., Lobato, L. M., et Baars, F. J. 1997. The petrochemistry of the auriferous, volcanosedimentary Riacho dos Machados Group, Central-eastern Brazil: geotectonic implications for shear-hosted gold mineralization. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 10, pp. 423-443.
- Daigneault, R., Mueller, W.U. and Chown, E.H. 2004. Abitibi greenstone belt plate tectonics: The diachronous history of arc development, accretion and collision. In: Ericksson, P.G, Altermann, W., Nelson, D.R., Mueller, W.U. and Catuneanu, O. eds. *The Precambrian Earth: Tempos and events. Developments in Precambrian geology*, vol. 12. Elsevier., pp. 88-103.
- Davids, C., Wijbrans, J. R. and White, S. H. 1997. ⁴⁰Ar/³⁹Ar laserprobe ages of metamorphic hornblendes from the Coongan belt, Pilbara, Western Australia. *Prec. Res.*,

- Davidson, I., Teixeira, J. B. G., Silva, M. G., Rocha Neto, M. B. and Vieira Matos, F. M. 1988. The Rio Itapicuru greenstone belt, Bahia, Brazil: Structure and stratigraphical outline. *Prec. Res.*, vol. 42, pp. 1-17.
- Davies, G. F. 1992. Plates and plumes : dynamos of the Earth's mantle. *Science*, 257, pp. 493-494.
- Davis, D. W., Hirdes, W., Schaltegger, U. and Nunoo, E. A. 1994. U-Pb age constraints on deposition and provenance of Birimian and gold-bearing Tarkwaian sediments an Ghana, West Africa. *Prec. Res.*, vol. 67, pp. 89-107.
- Davis, W. J., Fryer, B. J., et King, J. E. 1994. Geochemistry and evolution of late Archaean plutonism and its significance to the tectonic development of the Slave craton. *Prec. Res.*, vol. 67, pp. 207-241.
- Davis, W. J., Hanmer, S., et Sandeman, H. A. 2004. Temporal evolution of the Neoproterozoic Central Hearne supracrustal belt: rapid generation of juvenile crust in a supra subduction zone setting. *Prec. Res.*, vol. in press, pp.
- Davis, W., Hanmer, S., Aspler, L., Sandeman, H., Tella, S., Zaleski, E., Relf, C., Ryan, J., Berman, R. and MacLachlan, K. 2000. Regional differences in the neoproterozoic crustal evolution of the Western Churchill province: can we make a sense of it?
- De Ronde, C. E. J. and De Wit, M. J. 1994. Tectonic history of the Barberton greenstone belt, South Africa: 490 million years of Archean crustal history. *Tectonics*, vol. 13, pp. 938-1005.
- De Saboia, L. A. et Teixeira, N. A. 1983. Ultramafic flows of the Crixas greenstone belt, Goias-Brazil. *Prec. Res.*, vol. 22, pp. 23-40.
- De Souza, A. S., Dall'Agnol, R., De Oliveira, C. G. et Huhn, S. R. B. 1997. Geochemistry and petrogenesis of metavolcanic rocks from archaean greenstone belts: Rio Maria region (Southeast Para, Brazil) *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 27, pp. 169-180.
- De Souza, Z. S., Potrel, A., Lafon, J. -M., Althoff, F. J., Pimentel, M. M., Dall'Agnol, R. et De Oliveira, C. G. 2001. Nd, Pb and Sr isotopes in the Identidade Belt, an archaean greenstone belt of the Rio Maria region (Carajas Province, Brazil): implications for the archaean geodynamic evolution of the Amazonian Craton. *Prec. Res.*, vol. 109, pp.
- De Wit, M. J. and Ashwal, L. D. 1997. Foreword. In: de Wit, M. J. and Ashwal, L. D. eds. *Greenstone Belts*. Oxford Monographs on geology and geophysics No. 35. Clarendon Press, Oxford.
- De Wit, M. J. 1998. On Archean, greenstones, cratons and tectonics: does the evidence demand a verdict? *Prec. Res.*, vol. 91, pp. 181-226.
- De Wit, M. J. 2003. Madagascar: Heads it's a continent, tails it's an island. *Ann. Rev Earth Planet. Sci.*, vol. 31, pp. 213-248.
- Deb, M. 1990. Proterozoic tectonic evolution and metallogenesis in the Aravalli-Delhi orogenic complex, Northwestern India. *Prec. Res.*, vol. 46, pp. 115-137.
- Deb, M., Thorpe, R. I., Cumming, G. L. and Wagner, P. A. 1989. Age, source and stratigraphic implications of Pb isotope data for comfortable, sediment-hosted, base metal deposits in the proterozoic Aravalli-Delhi orogenic belt, Northwestern India. *Prec.*
- Deccan Gold Mine Ltée. 2004. Exploration project: Dharwar-Shimoga Basin, Karnataka State. Page Web: http://www.deccangoldmines.com/dharwar_shimoga.asp
- Deccan Gold Mines. Page Web: www.deccangoldmines.com

- Deutsch, A., Grieve, R. A. F., Avermann, M., Bischoff, L., Brockmeyer, P., Buhl, D., Lakomy, R., Mueller-Mohr, V., Ostermann, M. and Stoffler, D. 1995. The Sudbury structure (Ontario, Canada): A tectonically deformed multi-ring impact basin. *Geol. Rundschau*, vol. 84, pp. 697-709.
- Devaney, J. R. 2004. Archean Geology of the Eastern Melchett Lake Belt, Eastern English River Subprovince. Page Web:
- Dewey, J.F. and Windley, B.F. 1981. Growth and differentiation of continental crust. *Philos. Tans. Roy. Soc. London Ser. A*. 301, pp.189-206.
- Dia, A. 1988. Caractères et signification des complexes magmatiques et métamorphiques du secteur de Sandikounda-Laminia (nord de la boutonnière de Kédougou; Est du Sénégal): un modèle géodynamique du Birimien de l'Afrique de
- Dia, A., Van Schmus, W. R. et Kröner, A. 1997. Isotopic constraints on the age and formation of a paleoproterozoic volcanic arc complex in the Kedougou Inlier, eastern Senegal, West Africa. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 24, pp. 197-213.
- Dirks, P. H. G. M., Jelsma, H. A., et Hofmann, A. 2002. Thrust-related accretion of an Archaean greenstone belt in the Midlands of Zimbabwe. *Jour. Of Structural Geology*, vol. 24, pp. 1707-1727.
- Dobretsov, N. L., Konnikov, E. G., et Dobretsov, N. N. 1992. Precambrian ophiolite belts of southern Siberia, Russia, and their metallogeny. *Prec. Res.*, vol. 58, pp. 427-446.
- Dommanget, A, Milési, J. P. and Diallo, M. 1993. The Lobo gold and tourmaline-bearing deposit: a polymorph type in the early Proterozoic of Mali, West Africa. *Mineralium Deposita*, vol. 28, pp. 253-263.
- Drury, S. A. 1981. Geochemistry of Archaean metavolcanic rocks from the Kudremukh area, Karnataka. *Journal of Geological Society of India*, vol. 22, pp. 405-416.
- du Plessis, G., Jonck, G. J. et Kruger, R. 1997. Potential low-grade iron ore deposits in metamorphosed banded iron formations, Northern Province, South Africa. *Mineralium Deposita*, vol. 32, pp. 362-370.
- Duebendorfer, E. M., et Houston, R. S. 1990. Structural analysis of a ductile-brittle Precambrian shear zone in the Sierra Madre, Wyoming: western extension of the Cheyenne belt?. *Prec. Res.*, vol. 48, pp. 21-39.
- Dzigbodi-Adjimah, K. 1993. Geology and geochemical patterns of the Birimian gold deposits, Ghana, West Africa. *Jour. Geochemical Exploration*, vol. 47, pp. 305-320.
- Dzigbodi-Adjimah, K. and Bansah, S. 1995. Current development in placer gold exploration in Ghana: Time and financial considerations. *Explor. Mining Geol.*, vol. 4, pp.
- Dziggel, A. D., Stevens, G., Poujol, M., Anhaeusser, C. R. and Armstrong, R. A. 2002. Metamorphism of the Granite-Greenstone terrane south of the Barberton greenstone belt, South Africa: An insight into the tectono-thermal evolution of the "lower" portions of the Onverwacht Group. *Prec. Res.*, vol. 114, pp. 221-247.
- Egal, E., Thiéblemont, D., Lahondière, D., Guerrot, C., Adi Costea, C., Iliescu, D., Delor, C., Goujou, J. -C., Lafon, J. M., Tegye, M., Diaby, S. and Kolié, P. 2002. Late Eburnean granitization and tectonics along the western and northwestern margin of the Archean Kékéma-Man domain (Guinea, West African Craton). *Prec. Res.*, vol. 117, pp. 57-84.
- Eilu, P., Sorjonen-Ward, P., Nurmi, P. and Niiranen, T. 2003. A review of gold mineralization styles in Finland. *Economic Geology*, vol. 98, pp. 1329-1353.

- Eisenlohr, B. 1987. Structural geology of the Kathleen Valley-Lawlers region, western Australia and some implications for Archaean gold mineralization. In: Ho, S. E. and Groves, D. I. eds. Recent advances in understanding Precambrian gold deposits. Publ. 11. IGCP and Univ. Western Australia.
- Eisenlohr, B. N. and Hirdes, W. 1992. The structural development of the early Proterozoic Birimian and Tarkwaian rocks of southwest Ghana, West Africa. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 14, pp. 313-325.
- Eldorado Gold Corporation. Page Web: www.eldoradogold.com#<http://www.eldoradogold.com>#
- Elliott-Meadows, S. R., Froese, E. and Appleyard, E. C. 2000. Cordierite - Anthophyllite -Cummingtonite rocks from the Lar deposit, Laurie Lake, Manitoba. *Can. Miner.*, vol. 38, pp. 545-550.
- Equigold ressources 1998. Quarterly Report. Page Web: www.equigold.com.au/PDFs/sept98.PDF
- Evans, T. J. and Markart, K. Mining Information Sheet - Potential Metallic Mining Development in Northern Wisconsin
- Fabiani, W. M. B. 1984. Archean gold copper mineralization in the Athens mine, Mvuma, Zimbabwe. In: Foster, R. P. eds. GOLD'82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Spec. Pap. 1. Geological Society of Zimbabwe.
- Fedo, C. M., et Eriksson, K. A 1996. Stratigraphic framework of the ~3.0 Ga Buhwa greenstone belt: a unique stable-shelf succession in the Zimbabwe Archaean craton. *Prec. Res.*, vol. 77, pp. 161-178.
- Ferrari, M. A. D. and Choudhuri, A. 2004. Structural controls on gold mineralisation and the nature of related fluids in the Paiol gold deposit, Almas greenstone belt, Brazil. *Ore Geol. Rev.*, vol. 24, pp. 173-197.
- Feybesse, J.L., Johan, V., Triboulet, C., Guerrot, C., Mayaga-Mikolo, F., Bouchot, V., Eko N'dong, J. 1998. The West Central African belt: a model of 2.5–2.0 Ga accretion and two-phase orogenic evolution. *Prec. Res.*, vol. 87, pp. 161-216.
- Fiorentini, M. L., Stone, W. E., Beresford, S. W. and Barley, M. E. 2004. Platinum-group element alloy inclusions in chromites from Archean mafic-Ultramafic units: evidence from the Abitibi and Agnew-Wiluma Greenstone belts. *Miner. and Petrol.*, vol. 82, pp.
- Fischer, L. E., et Hay, E. 1979. Low-grade iron ore for high-quality steel: India's Kudremukh iron ore project. *CIM Bulletin*, vol. 72, pp. 46-58.
- Fonseca, E., Guimaraes, P. J. Dutra Leal, E. and Silva, H. M. 1991. The Ouro Fino gold deposit, Minas Gerais, Brazil. In: Ladeira, E. A. eds. Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Balkema Rotterdam.
- FORSTER, H., KNITTEL, U. and KOENEMANN, F. H. 1996. REGIONAL FRAMEWORK FOR GOLD DEPOSITS OF THE ODZI-MUTARE-MANICA GREENSTONE-BELT, ZIMBABWE-MOZAMBIQUE. *Trans. Inst. Mining Metal. Sect.*
- Foster, J. G. 2003. The Pechenga ore deposits: Russia.
- Foster, R. P. 1988. Archaean gold mineralization in Zimbabwe : implications for metallogenesis and exploration. In: Goode, A. D. T. and Bosma, L. I. eds. Bicentennial Gold 88. Extended abstracts oral programme. *Abstr. Ser. Nb. 22. Geol. Soc. Austr.*
- Foster, R. P. et Piper, D. P. 1993. Archaean lode gold deposits in Africa: Crustal setting. Metallogenesis and cratonization. *Ore Geol. Rev.*, vol. 8, pp. 303-347.

- Foster, R. P., Fisher, N. J., Porter, C. W., Fabiani, W. M. B. and Carter, A. H. 1991. The tectonic and magmatic framework of Archaean lode-gold mineralization in the Midlands greenstone belt, Zimbabwe. In: Ladeira, E. A. eds. Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Balkema Rotterdam.
- Foster, R. P., Furber, F. M. W., Gilligan, J. M. and Green, D. 1986. Shamva gold mine, Zimbabwe: A product of Calc-Alcaline-linked exhalative, volcanoclastic, and epiclastic sedimentation in the late Archean. In: Keppie, J., D, Boyle, R. W. and Haynes, S. J. eds. Turbidite-hosted gold deposits. Spec. Pap. 32. Geol. Ass. Can.
- Foster, R.P. and Wilson, J.F. 1984. Geological setting of Archaean gold deposits in Zimbabwe. In: Foster, R.P. ed., Gold 82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Proceeding of the symposium gold '82, Univ. of Zimbabwe. Geol. Soc. Zim., Spec. Publ. No. 1., pp. 521-555.
- Franklin, J. M. and Thorpe, R. I. 1982. Comparative metallogeny of the Superior, Slave and Churchill provinces. In: R. W. Hutchinson, C. D. Spence and J. M. Franklin eds. Precambrian sulfide deposits. Spec. Pap. 25. Geol. Ass. Can.
- Friessen, R. G., Pierce, G. A. and Weeks, R. M. 1982. Geology of the Geco base metal deposit. In: R. W. Hutchinson, C. D. Spence and J. M. Franklin eds. Precambrian sulfide deposits. Spec. Pap. 25. Geol. Ass. Can.
- Frost, C. D., chamberlain, K. R., et Frost, B. R. 2001. An example of precambrian crustal growth by lateral accretion: the South Pass supracrustal belt, Wyoming. GSA Annual Meeting, vol. nov. 5-8, pp. Paper No 165-0.
- Futen, F. 1992. Tectonic interpretations of systematic variations in quartz c-axis fabrics across the Thompson belt. Jour. Of Structural Geology, vol. 14, pp. 775-789.
- Galer, S. J. G. and Mezger, K. 1998. Metamorphism, denudation and sea level in the Archean and cooling of the Earth. Prec. Res., Vol.92, pp.389-412.
- Gallery gold Limited 1999. Botswana gold project ressources statement. Page Web: <http://members.iinet.net.au/>
- Galley, A. G., et Bailes, A. H. 2001. Flin flon targeted geoscience initiative. Report of activities, vol. 2001, pp. 9-17.
- Gallon, A. C. 2004. An initial appraisal of the Cupixi mineral claims of Braz Gold Ltda, Amapa state, Brazil. Report, vol. March 2004, pp. 6-15.
- Gateway Mining 2003. Page Web: www.gatewaymining.com.au/Gidgee.html#mtg
- Geol. Surv. Finland. FINGOLD Database. Page Web: www.gsf.fi
- Geological Survey Manitoba 2004. Saskatchewan Mineral Deposits Index Search
- Geological survey of Finland. Page Web: maps.gtk.fi/gtk/eexpert.asp
- Gibbins, W. A., Padgham, W. A., Atkinson, D., Brophy, J. A. and Gault, C. D. 1991. The central Iron Formation zone, Slave structural province, Northwest territories, Canada - A Gold-rich Archean metalotect. In: Ladeira, E. A. eds. Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Balkema Rotterdam.
- Gibbs, A. S., et Olszewski, W. J. Jr 1982. Zircon U-Pb ages of Guyana greenstone-gneiss terrane. Prec. Res., vol. 17, pp. 199-214.

- Gibson, H. and Watkinson, D. H. 1990. Volcanogenic massive sulfide deposits of the Noranda cauldron and shield volcano, Quebec. In: Rive, M., Verpaelst, P., Gagnon, Y., Lulin, J. -M., Riverin, G. and Simard, A. eds. The NorthWestern Quebec polymetallic Belt: A summary of 60 years of mining exploration. Spec. Vol. 43. Can. Inst. Min.
- Giralia Ressources 2004. Snake Well project. Page Web: #<http://www.giralia.com.au/activities/snakewell.htm>#
- Giuliani, G., Olivo, G. R., Marini, O. J. et Michel, D. 1993. The Santa Rita gold deposit in the Proterozoic Paranoa Group, Goias, Brazil: An example of fluid mixing during ore deposition. *Ore Geol. Rev.*, vol. 8, pp. 503-523.
- Glikson, A.Y. 1976. Stratigraphy and evolution of primary and secondary greenstones: Significance of data from shields of the southern hemisphere. . In: The early history of the Earth: based on the proceedings of a NATO advances study institute held at the university of Leicester, 1975. John Wiley and Son, pp. 257-278.
- Gnaneshwar Rao, T., Naqvi, S. M. 1995. Geochemistry, depositional environment and tectonic setting of the BIF's of the Late Archaean Chitradurga schist belt, India. *Chemical Geology*, vol. 121, pp. 217-243.
- Goldcrest resources 2004. Goldcrest Continues Phase 2 RC Drilling on Youanmi Project In Western Australia. Press Release.
- Golden Star Resources Ltd. 2004. SOUTH AMERICAN EXPLORATION UPDATE MARCH 2004: Yaou and Dorlin - French Guiana. Page Web:
- Goncalves, P., Nicolleta, C. and Lardeaux, J-M. 2003. Finite strain pattern in Andriamena unit (north-central Madagascar): evidence for late Neoproterozoic–Cambrian thrusting during continental convergence. *Prec. Res.*, vol.
- Goodwin, A. M. 1996. *Principles of Precambrian Geology*. Academic Press, London, 327 pp.
- Gorokhovskiy, B. M., Ovchinnikova, G. V., Bogomolova, L. M. and Smelov, A. P. 1993. Late Archaean intrusive complexes in the Olekma granite greenstone terrain (eastern Siberia): geochemical and isotopic study. *Prec. Res.*, vol. 62, pp. 453-472.
- Green, D.H. 1972. Archaean greenstone belts may include terrestrial equivalents of lunar maria. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 15., pp. 263-270.
- Green, D.H. 1981. Petrogenesis of Archaean ultramafic magmas and implications for Archaean tectonics. In: A. Kröner ed., *Precambrian tectonics. Developments in Precambrian geology*, No 4., Elsevier , pp.469-489.
- Griffin, A. C. 1981. Structure and iron-ore deposition in the Archaean Koolyanobbing greenstone belt, western Australia. In: Glover, J. E. and Groves, D. I. eds. *Archaean geology. Second International Symposium, Perth 1980. Spec. Publ. 7. Australian*
- Gruau, G., Martin, H., Leveque, B., et Capdevila, R. 1985. Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of lower proterozoic granite-greenstone terrains in French Guiana, South America. *Prec. Res.*, vol. 30, pp. 63-80.
- Groves, D.I. 1982. The Archaean and earliest Proterozoic evolution and metallogeny of Australia. In: *Revista Brasileira de geociencias. International symposium an Archaean and early Proterozoic geologic evolution and metallogenesis*, Salvador, Bahia, Brasil. Vol. 12, Sociedade Brasileira de Geologia, pp. 135-148.
- Groves, D.I., Phillips, G.N., Falconer, L.J., Houstoun, S.M., Ho, S.E., Browning, P., Dahl, N. and McNaughton, N.J. 1987. Evidence for an epigenetic origin for BIF-hosted fold deposits in greenstone belts of the Yilgarn block, Western Australia. In: Ho, S.E. and Groves, D.I. eds. *Recent advances in understanding Precambrian gold deposits. IGCP Project 247. Univ. of Western Australia, Publ. No. 11*, pp.167-179

GSC-Gold Database. Geological Survey of Canada, Gold Database

GSC-Slave Geology. Slave Geology (CD-ROM). Open File 2559.

GSC-World Map 1995. Generalized geological Map of the World and linked Databases. In: Natural Resources of Canada eds. Open File 2915d. Geological Survey

GSM - Geographic Information System.

GSM - OnLine GIS. Fiche de Gîte: MDS_No. M64B05-001

GSS - Online GIS 2003. Geological Atlas of Saskatchewan

Guiliani, G., Olivo, G. R., Marini, O. J. and Michel, D. 1993. The Santa Rita gold deposit in the Proterozoic Paranoa Group, Goias, Brazil: An example of fluid mixing during ore deposition. *Ore Geol. Rev.*, vol. 8, pp. 503-523.

Guo-Wei, Z., Yu-Bao, B., Yong, S., An-Lin, G., Ding-Wu, Z., et Tao-Hong, L. 1985. Composition and evolution of the Archaean crust in Central Henan, China. *Prec. Res.*, vol. 27, pp. 7-35.

Hall, R. S. and Rigg, D. M. 1986. Geology of the West anticline zone, Musselwhite prospect, Opapimiskan lake, Ontario, Canada. In: Macdonald, A. J. eds. *GOLD '86: An international symposium on the geology of gold deposits*. Proceedings Volume. Geol. Ass. Can. -Soc. Eco. Geol. -Ont. Geol. Surv. -TGDG.

Hallager, W. S. 1984. Geology of gold-bearing metasediments near Jardine, Montana. In: Foster, R. P. eds. *GOLD'82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Spec. Pap. 1. Geological Society of Zimbabwe.

Hamilton, P. J., O'nions, R. K. et Evenson, N. M. 1977. Sm-Nd dating of Archean basic and ultrabasic volcanic rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 36, pp. 263-268.

Hannington, M. D., Kjarsgaard, I. M., Galley, A. G., et Taylor, B. 2003. Mineral-chemical studies of metamorphosed hydrothermal alteration in the Kristineberg volcanogenic massive sulfide district, Sweden. *Mineralium Deposita*, vol. 38, pp. 423-442.

Harmann, L. A., Campal, N., Santos, J. O. S., McNaughton, N. J., Bossi, J., Schipilov, A. et Lafon, J. -M. 2001. Archean crust in the Rio de la Plata Craton, Uruguay-SHRIMP U-Pb zircon reconnaissance geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, vol.

Harris, J. R., Wilkinson, L., Grunsky, E., Heather, K., et Ayer, J. 1999. Techniques for analysis and visualization of litho-geochemical data with applications to the Swayze greenstone belt, Ontario. *Jour. Geochemical Exploration*, vol. 67, pp. 301-334.

Hartmann, L. A., Pineyro, D., Bossi, J., Leite, J. A. D., MaNaughton, N. J. 2000. Zircon U-Pb SHRIMP dating of Paleoproterozoic Isla Mala granitic magmatism in the Rio de la Plata Craton, Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 13, pp. 105-113.

Hartmann, L. A., Santos, J. O. S., Bossi, J., Campal, N., Schipilov, A., et McNaughton, N. J. 2002. Zircon and titanite U-Pb SHRIMP geochronology of Neoproterozoic felsic magmatism on the eastern border of the Rio de la Plata Craton, Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 15, pp. 229-236.

Hausel, W. D., et Hull, J. 1990. In: Geological survey Wyoming eds. *Guide to gold mineralization and archean geology of the South Pass greenstone belt, Wind River Range, Wyoming*. Info. Circular No. 29. Geological Survey Wyoming.

- Hearn, P., Hare, T. Jr., Schruben, P., Sherrill, D., LaMar, C. and Tsushima, P. 2003. Global GIS Database: A Digital atlas of Planet Earth.
- Heather, K. B., Shore, G. T., et wabigoonan Breemen, O. 1996. Geological investigations in the Swayze greenstone belt, southern Superior Province, Ontario: a final field update. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 1996-C, pp. 125-136.
- Hebel, M. U. 1999. U-Pb geochronology and lithogeochemistry of the Hope bay greenstone belt, Slave structural province, Northwestern territories, Canada. In: University of British Columbia eds.
- Henderson, J. B., McGrath, P. H., James, D. T., et Macfie, R. 1987. An interpreted geological gravity and magnetic study of the Artillery Lake area and the Thelon tectonic zone, District of Mackenzie. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 87-1A,
- Henderson, J. R., Henderson, M. N., et Kerwill, J. A. 1994. Geology and mineral occurrences of the central part of High Lake greenstone belt, Archaean Slave Province, Northwest Territories: a preliminary account of an unconformity between two volcanic sequences. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 1994-C, pp. 81-90.
- Herrington, R. J., Evans, D. M. and Buchanan, D. L. 1997. Metallogenic aspects. In: de Wit, M. J. and Ashwal, L. D. eds. Greenstone Belts. Clarendon Press, Oxford.
- Hirdes, W. and Davis, D. W. 1998. First U-Pb zircon age of extrusive volcanism in the Birimian Supergroup of Ghana/West Africa. Jour. Afri. Earth Sci., vol. 27, pp. 291-294.
- Herzberg, C. 1995. Generation of plume magmas through time, an experimental approach. Chem. Geol., vol. 126, pp. 1-16.
- Hoatson, d. M. and Sun, S. -S. 2002. Archean layered mafic-ultramafic intrusions in the West Pilbara craton, Western Australia: A synthesis of some of the oldest orthomagmatic mineralizing systems in the world. Economic Geology, vol. 97, pp.
- Hocq, M, Verpaelst, P, Clark, T, Lamothe, D, Brisebois, D, Brun, J, Martineau, G 1994. Géologie du Québec.
- Hofmann, A., Dirks, P. H. G. M., et Jelsma, H. A. 2002. Late Archaean clastic sedimentary rocks (Shamvaian Group) of the Zimbabwe craton: first observations from the Bindura-Shamva greenstone belt. Can. Jour. Earth Sci., vol. 39, pp. 1689-1708.
- Holdsworth, R. E. 1997. The structure of the Carajas N-4 ironstone deposit and associated rocks: relationship to Archean strike-slip tectonics and basement reactivation in the Amazon region, Brazil. Journal of South American Earth Sciences, vol. 10, pp.
- Hollings, P., et Wyman, D. 1999. Trace element and Sm-Nd systematics of volcanic and intrusive rocks from the 3 Ga Lumby Lake greenstone belt, Superior province: evidence for Archaean plume-arc interaction. Lithos, vol. 46, pp. 189-213.
- Hoshihara, A. and Hamano, Y. 2004. Paleomagnetic constraints on the Archean geomagnetic field intensity obtained from komatiites of the Barberton and Belingwe greenstone belts, South Africa and Zimbabwe. Prec. Res., vol. 131, pp. 111-142.
- Hrabi, R. B., Barclay, W. A., Fleming, D., et Alexander, R. B. 2003. Structural evolution of the Woodburn Lake group in the area of the Meadowbank gold deposit, Nunavut. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 2003-C27, pp. 10.

- Hussain, S. M. and Naqvi, S. M. 1982. Geological, Geophysical, and Geochemistry studies over the Holenarasipur schist belt, Dharwar craton, India. *Precambrian of South India*, vol. 4, pp. 73-95.
- Huston, D. L., Blewett, R. S., Keillor, B., Standing, J., Smithies, R. H., Marshall, A., Mernagh, T. P. and Kamprad, J. 2002. Lode gold epithermal deposits of the Mallina basin, North Pilbara Basin, Western Australia. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 801-818.
- Huston, D. L., Smithies, R. H. and Sun, S. -S. 2000. Correlation of the Archaean Mallina - Whim Creek basin: implications for base-metal potential of the central part of the Pilbara granite-greenstone terrane. *Austr. Jour. Earth Sci.*, vol. 47, pp. 217-230.
- Huston, D. L., Sun, S. -S., Blewett, R., Hickman, A. H., Van Kranendonk, M., Phillips, D., Baker, D. and Brauhart, C. 2002. The timing of mineralization on the Archean North Pilbara terrain, Western Australia. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 733-755.
- Hutchinson, R.W. 1981. Metallogenic evolution and Precambrian tectonics. In: A. Kröner ed., *Precambrian tectonics. Developments in Precambrian geology*, No 4., Elsevier, pp.733-759
- Hutchinson, R.W. 2002. An evolving understanding between mineral deposits and global tectonics. Society of Economic Geologists Special Session: The Global Tectonic Setting of Ore Deposits—Present Understanding and New Advances I. SEG 2002 Denver Annual Meeting (October 27-30, 2002). Abstract with program.
- Ichang, D. W. and MacLean, W. H. 1991. The Archean volcanic facies in the Migori segment, Nyanza greenstone belt, Kenya: stratigraphy, geochemistry and mineralisation. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 13, pp. 277-290.
- International Congress on Applied Mineralogy 2004. Page Web: [www. icam2004. org/main. htm](http://www.icam2004.org/main.htm)[http://www. icam2004. org/main. htm](http://www.icam2004.org/main.htm)#
- International Goldfield 2004. Page Web: [http://www. internationalgoldfields. com/index. php?id=13](http://www.internationalgoldfields.com/index.php?id=13)#
- Isachsen, C. E. and Bowring, S. A. 1997. The Bell lake Group and Anton complex: a basement-cover sequence beneath the Archean Yellowknife greenstone belt revealed and implicated in greenstone belt formation. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 34, pp. 169-189.
- Isnard, H. and Gariépy, C. 2004. Sm-Nd, Lu-Hf and Pb-Pb signatures of gneisses and granitoids from the La Grande belt: Extend of late Archean crustal recycling in the northeastern Superior Province, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 68, pp.
- Jackson, S.L. and Fyon, J.A. 1991. The western Abitibi Subprovince in Ontario. In: Thurston, P.C., Williams, H.R., Sutcliffe, R.H. and Scott, G.M. eds., *Geology of Ontario, Ont. Geol. Surv., Spec. Vol. 4, Part 1*, pp.405-482.
- Jafri, S. H., Khan, S. H., Ahmed, S. M. and Saxena, R. 1982. Geology and geochemistry of Nuggihalli schist belt, Dharwar craton, Karnataka, India. *Precambrian of South India*, vol. 4, pp. 110-120.
- Jahn, B. -M., et Schrank, A. 1983. REE geochemistry of komatiites and associated rocks from Piumhi, southeastern Brazil. *Prec. Res.*, vol. 21, pp. 1-20.
- Jahn, B. -M., Gruau, G., Capdevila, R., Cornichet, J., Nemchin, A., Pidgeon, R., et Rudnick, V. A. 1998. Archean crustal evolution of the Aldan shield, Siberia: geochemical and isotopic constraints. *Prec. Res.*, vol. 91, pp. 333-363.

- James, D. T., Kamo, S., et Krogh, T. 2002. Evolution of 3.1 and 3.0 Ga volcanic belts and a new thermotectonic model for the Hopedale Block, North Atlantic craton (Canada) *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 39, pp. 687-710.
- Jayananda, M., Moyen, J.-F., Martin, H., Peucat, J.-J., Auvray, B. and Mahabaleswar, B. 2000. Late Archaean (2550-2520 Ma) juvenile magmatism in the Eastern Dharwar craton, southern India: constraints from geochronology, Nd-Sr isotopes and whole rock geochemistry. *Prec. Res.*, vol. 99, pp. 225-254.
- Jenner, G. A., Shirey, S. B., Hyde, D., Elkins, L. J., Kjarsgaard, B. A., et Kerswill, J. 2002. Late Archean komatiites and BIFs, Woodburn Lake Group, Churchill Province, Nunavut. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 66, pp. 365.
- John, T., Klemb, R., Hirdes, W. and Loh, G. 1999. The metamorphic evolution of the paleoproterozoic (Birimian) volcanic Ashanti belt (Ghana, West Africa). *Prec. Res.*, vol. 98, pp. 11-30.
- John, T., Klemd, R., Hirdes, W. and Loh, G. 1999. The metamorphic evolution of the paleoproterozoic (Birimian) volcanic Ashanti belt (Ghana, West Africa). *Prec. Res.*, vol. 98, pp. 11-30.
- Johnson, R. A., Karlstrom, K. E., Smithson, S. B., et Houston, R. S. 1984. Gravity profiles across the Cheyenne belt, a Precambrian crustal suture in Southeastern Wyoming. *Jour. of Geodynamics*, vol. 1, pp. 445-472.
- Jones, L. R., Beaumont-Smith, C. J and Lafrance B. 2000. Preliminary structural and gold metallogenic studies at the Burnt Timber mine and surrounding area, Lynn Lake greenstone belt (NTS 64C/10); in Report of Activities 2000, Manitoba Industry, Trade
- Jost, H. et De Oliveira, A. M. 1991. Stratigraphy of the greenstone belts, Crixas region, Goias, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 4, pp. 201-214.
- Jost, H., de Tarso Ferro de Oliveira Fortes, P. 2001. Gold deposits and occurrences of the Craias goldfield, central Brazil. *Mineralium Deposita*, vol. 36, pp. 358-376.
- Juopperi, H., Karvinen, A., et Rossi, S. 2000. The Oijarvi gold prospects in Northern Finland. Technical Report, vol. CM06/3521/2000/1, pp. 5 p.
- Kahkonen, Y. 1987. Geochemistry and tectonomagmatic affinities of the metavolcanic rocks of the early Proterozoic Tampere schist belt, southern Finland. *Prec. Res.*, vol. 35,
- Kakegawa, T. and Ohmoto, H. 1999. Sulfur isotope evidence for the origin of 3.4 to 3.1 Ga pyrite at the Princeton gold mine, Barberton greenstone belt, South Africa. *Prec. Res.*, vol. 96, pp. 209-224.
- Kalbkopf, S. and Nutt, T. 2003. Lithological contrasts and constraints on gold mineralisation in granitoids in the Zimbabwe craton: Structural controls and implications for exploration. *Eco. Geol. Res. Inst.* pp. 27.
- Karlstrom, K. E., et Houston, R. S. 1984. The Cheyenne belt: analysis of a proterozoic suture in southern Wyoming. *Prec. Res.*, vol. 25, pp. 415-446.
- Kato, Y. and Nakamura K. 2003. Origin and global tectonic significance of Early Archean cherts from the Marble Bar greenstone belt, Pilbara Craton, Western Australia. *Prec. Res.*, vol. 125, pp. 191-243.
- Kayryak, A., et Morozov, S. A. 1985. The Ni area of the Vetreny belt of Karelia. *Geol. Survey of Finland Bulletin*, vol. 333, pp. 109-121.
- Kesse, G. O. 1984. The occurrence of Gold in Ghana. In: Foster, R. P. eds. *GOLD'82: Thegeology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Spec. Pap. 1. Geological Society of Zimbabwe.

- Kishida, A., Sena, F. O. and da Silva, F. C. A. 1991. Rio Itapicuru greenstone belt: Geology and gold mineralization. In: Ladeira, E. A. eds. Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Balkema Rotterdam.
- Klemd, R. and Hirdes, W. 1997. Origin of an unusual fluid composition in early proterozoic paleoplacer and lode gold deposits in Birimian greenstone terrane of West Africa. *South Afri. Jour. Geol.*, vol. 100, pp. 405-415.
- Klemd, R., Hunken, U. and Olesch, M. 2002. Metamorphism of the country rocks hosting gold-sulfide-bearing quartz veins in the paleoproterozoic southern Kibi-Winneba belt (SE-Ghana). *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 35, pp. 199-211.
- Klemd, R., Oberthur, T. and Ouedrago, A. 1997. Gold-Telluride mineralization in the Birimian at Diabatou, Burkina Faso: the role of CO₂-N₂ fluids. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 35, pp. 199-211.
- Klemm, D. D. and Krautner 2000. Hydrothermal alteration and associated mineralization in the Freda-Rebecca gold deposit, Bindura district, Zimbabwe. *Mineralium Deposita*, vol. 35, pp. 90-108.
- Kloppenburg, A., White, S. H. and Zegers, T. E. 2001. Structural evolution of the Warrawoona greenstone belt and adjoining complexes. Pilbara craton, Australia: implications for Archaean tectonic processes. *Prec. Res.*, vol. 112, pp. 107-147.
- Kohler, E. A. and Anhaeusser, C. R. 2002. Geology and geodynamic setting of Archean silicic metavolcaniclastic rocks of the Bien Venu Formation, Fig Tree Group, Northeast Barberton greenstone belt, South Africa. *Prec. Res.*, vol. 116, pp. 199-235.
- Kolb, J. J., Hellmans, A., Rogers, A., Sindern, S., Vennemann, T., Böttcher, M. E., et Meyer, F. M. 2004. The role of a transcrustal shear zone in orogenic gold mineralization at the Ajjanahalli mine, Dhawar Craton, South India. *Economic Geology*, vol. 99, pp. 107-147.
- Kolb, J., Meyer, F. M. and Hellmann, A. 2003. Lode gold mineralization in a first-order shear zone: the Ajjanahalli gold mine, Dharwar craton, South India. In: G. Jenkin eds. Mineral deposits studies group annual meeting, Leicester, January 2003: Abstracts. Mineral Deposits Studies Group.
- Kramers, J. D., Kreissig, K. and Jones, Q. W. 2001. Crustal heat production and style of metamorphism: a comparison between two Archean high grade provinces in the Limpopo belt, Southern Africa. *Prec. Res.*, vol. 112, pp. 149-163.
- Kreissig, K., Nagler, T. F., Kramers, J. D., van Reenen, D. D. and Smit, C. A. 2000. An isotopic and geochemical study of the Northern Kaapvaal craton and the Southern marginal zone of the Limpopo belt: are they juxtaposed terranes? *Lithos*, vol. 50, pp. 109-139.
- Krogstad, E. J., Fedo, C. M., et Eriksson, K. A. 2004. Provenance ages and alteration histories of shale from the Middle Archean Buhwa greenstone belt, Zimbabwe: Nd and Pb isotopic evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 68, pp. 319-332.
- Kröner, A. et Tegtmeier, A. 1994. Gneiss-greenstone relationships in the Ancient gneiss complex of southwestern Swaziland, southern Africa, and implications for early crustal evolution. *Prec. Res.*, vol. 67, pp. 109-139.
- Kröner, A., Jaeckel, P. et Brandl, G. 2000. Single zircon ages for felsic to intermediate rocks from the Pietersburg and Giyani greenstone belts and bordering granitoid orthogneisses, northern Kaapvaal Craton, South Africa. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 30, pp. 109-139.

- Kröner, A., Jaeckel, P., Brandl, G., Nemchin, A. A. et Pidgeon, R. T. 1999. Single zircon ages for granitoid genesis in the Central Zone of the Limpopo belt, Southern Africa and geodynamic significance. *Prec. Res.*, vol. 93, pp. 299-337.
- Kröner, A., Wilde, S. A., Li, J. H., Wang, K. Y. 2004. Age and evolution of a late Archean to Paleoproterozoic upper to lower crustal section in the Wtaishan/Hengshan/Fuping terrain of northern China. *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. In press, pp.
- Kudryashov, N., Gavrilenko, B., et Apanasevich, E. 2003. Geochronology of the Archean Kolmozero-Voronya greenstone belt. *Geophysical Research Abstracts*, vol. 5, pp. 00398.
- Kuehn, S., Ogola, J. and Sango, P. 1990. Regional setting and nature of gold mineralization in Tanzania and Southwest Kenya. *Prec. Res.*, vol. 46, pp. 71-82.
- Kuehn, S., Ogola, J. et Sango, P. 1990. Regional setting and nature of gold mineralisation in Tanzania and southwest Kenya. *Prec. Res.*, vol. 46, pp. 71-82.
- Kunugiza, K., Kato, Y., Kano, T., Takaba, Y., Kuruma, I. and Sohma, T. 1996. An archaeotectonic model of the Dharwar craton, southern India: the origin of the Holenarasipur greenstone belt (Hussan district, Karnataka) and reinterpretation of the Sargur-Dharwar relationship. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, vol. 14, pp. 149-160.
- Kunugiza, K., Kato, Y., Kano, T., Takaba, Y., Kuruma, I., et Sohma, T. 1996. An Archean tectonic model of the Dharwar craton, southern India: the origin of the Holenarasipur greenstone belt (Hussan district, Karnataka) and reinterpretation of the Sargur-Dharwar relationship. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, vol. 14, pp. 149-160.
- Kusky, T. M. 1990. Evidence for archaean ocean opening and closing in the southern Slave Province. *Tectonics*, vol. 9, pp. 1533-1563.
- Kusky, T. M. 1997. Principles of Precambrian Geology (book review). *GSA Today*, 7(5), pp. 29-34.
- Kusky, T. M. and Vearncombe, J. R. 1997. Structural aspects. In: De Wit, M. J. and Ashwal, L. D. eds., *Greenstone belts*. Oxford monograph on geology and geophysics No.35. Clarendon Press. Oxford., pp. 91-124.
- Lacerda, H. 1991. Gold on central Brazil: types of deposits, their economic significance and regional distribution. In: Ladeira, E. A. eds. *Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Balkema Rotterdam.
- Ladeira, E. A. 1991. Genesis of gold Quadrilátero Ferrífero: A remarkable case of permanency recycling and inheritance - A tribute to Djalma Guimarães, Pierre Routhier and Hans Ramberg. In: Ladeira, E. A. eds. *Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Balkema Rotterdam.
- Lafrance, B., DeWolfe, J. C., et Stott, G. M. 2004. A structural reappraisal of the Beardmore-Geraldton belt at the southern boundary of the Wabigoon subprovince, Ontario, and implications for gold mineralization. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 41, pp.
- Lana, C., Gibson, R. L., Reimold, W. U., et Minnitt, R. C. A. 2003. Geology and geochemistry of a granite-greenstone association in the southeastern Vredefort dome, South Africa. *South Afr. Jour. Geol.*, vol. 106, pp. 291-314.
- Larbi, Y., Stevenson, R., Breaks, F., Machado, N., et Gariépy, C. 1999. Age and isotopic composition of late Archean leucogranites: implications for continental collision in the western Superior Province. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 36, pp. 495-510.

- Lavreau, J. 1984. Vein and stratabound gold deposits of Northern Zaire. *Mineralium Deposita*, vol. 19, pp. 158-165.
- Leal, L. R. B., Cunha, J. C., Cordani, U. G., Teixeira, W., Nutman, A. P., Leal, A. B. M. et Macambira, M. J. B. 2003. SHRIMP U-Pb, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zircon dating, and Nd isotopic signature of the Umburanas greenstone belt, northern Sao Francisco craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 15, pp. 775-785.
- Ledru, P., Milési, J. P., Johan, V., Sabaté, P. et Maluski, H. 1997. Foreland basins and gold-bearing conglomerates: a new model for the Jacobina Basin (Sao Francisco province, Brazil). *Prec. Res.*, vol. 86, pp. 155-176.
- Ledru, P., Pons, J., Milési, J. P., Feybesse, J. L. et Johan, V. 1991. Transcurrent tectonics and polycyclic evolution in the lower proterozoic of Senegal-Mali. *Prec. Res.*, vol. 50, pp.
- Lehtonen, M., Airo, M. -L., Eilu, P., Hanski, E., Kortelainen, V., Lanne, E., Manninen, T., Rastas, P., Rasanen, J., et Virransalo, P. 1998. Geology of the Kittilä greenstone area, northern Finland. Report of investigation, vol. 140, pp. 144 p.
- Lenaz, D., Andreozzi, G. B., Mitra, S. and Bidyananda, M. and F. Princivale¹ 2004. Crystal chemical and ^{57}Fe Moessbauer study of chromite from the Nuggihalli schist belt (India). *Miner. and Petrol.*, vol. 80, pp. 45-57.
- Lerouge, C., Milési, J. -P., et Fouillac, A. -M. 1999. The Paleoproterozoic Dorlin gold deposit, French Guiana: genetic constraints of the stable isotope geochemistry. *Chemical Geology*, vol. 155, pp. 131-149.
- Leshner, C. M. and Thurston, P. C. 2002. A special issue devoted to the mineral deposits of the Sudbury basin - Preface. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 1373-1375.
- Leube, A., Hirdes, W., Mauer, R., Kesse, G. O. 1990. The early proterozoic Birimian supergroup of Ghana and some aspects of its associated gold mineralization. *Prec. Res.*, vol. 46, pp. 139-165.
- Leveille, R. A. and Marschik, R. 2003. Iron oxide copper-gold deposits in South Lightfoot, P. C. and Farrow, C. E. G. 2002. Geology, geochemistry and mineralogy of the Worthington offset dike: A genetic model for offset dyke mineralisation in the Sudbury Igneous Complex. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 1419-1446.
- Lin, S., Percival, J. A., Skulski, T. 1996. Structural constraints on the tectonic evolution of a late Archean greenstone belt in the southeastern Superior Province, northern Quebec (Canada). *Tectonophysics*, vol. 265, pp. 151-167.
- Lindblom, S., Broman, C., et Martinsson, O. 1996. Magmatic-hydrothermal fluids in the Pahtohavare Cu-Au deposit in greenstone at Kiruna, Sweden. *Mineralium Deposita*, vol. 31, pp. 307-318.
- Lintern, J. M. Bounty gold deposit, Forrestania Greenstone belt, Western Australia. CRCLEME - SCIRO.
- Lion Selection Group Limited 1998. Lion invest in Gallery Gold NL: Advanced exploration/gold projects in Botswana. ASX Release.
- Liu, S., Pan, Y., Xie, Q., Zhang, J., et Li, Q. 2004. Archean geodynamics in the Central Zone, North China Craton: constraints from geochemistry of two contrasting series of granitoids in the Fuping and Wutai complexes. *Prec. Res.*, vol. 130, pp. 229-249.
- Lobato, L. M., Ribiero-Rodrigues, L. C., Wallace, F. and Vieira, R. 2001. Brazil's premiergold province. Part II: Geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilatero Ferrifero. *Mineralium Deposita*, vol. 36, pp.

- Lobato, L. M., Ribiero-Rodrigues, L. C., Zucchetti, M., Noce, C. M., Baltazar, O. F., da Silva, J. C. and Pinto, C. P. 2001. Brazil's premier gold province. Part I: the tectonic, magmatic and structural setting of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilatero Ferrifero. *Mineralium Deposita*, vol. 36, pp. 228-248.
- Lowe, D.R. 1982. Comparative sedimentology of the principal volcanic sequences of Archean greenstone belts in South Africa, Western Australia and Canada: Implications for crustal evolution. *Prec. Res.*, vol. 17, pp. 1-29.
- MacGregor, A.M. 1951. Some milestones in the Precambrian of the Southern Rhodesia. *Geol. Soc. S. Afri. Proc.*, vol. 54, pp. 27-71.
- MacHattie, T. 2002. Physical volcanology of komatiite in the Laughland and Walker areas, committee Bay belt, Nunavut. *Current Ressearch*, vol. 2002-C14, pp. 9.
- MacLachlan, K. 2000. U/Pb geochronological constraints on structures controlling distribution of tectonothermal domains, Yathkyed Lake area, Western Churchill Province. *Résumé de conférence*.
- MacLachlan, K. and Davis, W. J. 2002. Uranium-Lead ages of the Defeat granitoid rocks near the Con mine, Yellowknife, Northwest Territories. *Current Ressearch*, vol.
- Maier, W.D. 2003. The potential for Ni sulfide ores in South African komatiites: a review. *South African Jour. Geol.*, vol. 106, pp.35-40.
- Maier, W. D, Barnes, S. -J., Gartz, V. and Andrews, G. 2003. PT-PD REEFS IN MAGNETITITES OF THE STELLA LAYERED INTRUSION, SOUTH AFRICA: A WORLD OF NEW PGE EXPLORATION OPPORTUNITIES. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, Vol. 35, No. 6, September 2003, p. 100.
- Majaule, T. and Hall, R. P. 1997. Geochemistry of ultramafic igneous rocks of the Matsitama supracrustal belt, northeastern Botswana—Provenance and implications. *South Afri. Jour. Geol.*, vol. 100, pp. 169-180.
- Majaule, T., Hanson, R. E., Key, R. M., Singletary, S. J., Martin, M. W., et Bowring, S. A. 2001. The Magondi belt in northeast Botswana: regional relations and new geochronological data from the Sua Pan area. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 32, pp. 257-267.
- Manikyamba, C., Kerrich, R., Naqvi, S. M. and Mohan, M. R. 2004. Geochemical systematics of tholeiitic basalts from th 2. 7 Ga Ramagiri-Hungund composite greenstone belt, Dharwar craton. *Prec. Res.*, vol. xxx, pp. xxx-xxx.
- Manikyamba, C., Naqvi, S. M., Mohan, M. R. and Gnaneshwar Rao, T. 2004. Gold mineralization and alteration in Penakacherla schist belt, India, constraints on Archaean subduction and fluid processes. *Ore Geol. Rev.*, vol. 24, pp. 199-227.
- Manitoba Industry, Economic, Development and Mines 2004. Page Web: <http://www.gov.mb.ca/itm/index.html#>
- Mano River Resources Inc. 2004. Yirisen Project (North Pampana EPL). Page Web: http://www.manoriver.com/s/SL_Pampana.asp#
- Manya, S. 2004. Geochemistry and petrogenesis of volcanic rocks of the Neoproterozoic Sukumaland greenstone belt, northwestern Tanzania. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 40, pp.
- Manya, S. and Maboko, M. A. H. 2003. Dating basaltic volcanism in the neoproterozoic Sukumaland greenstone belt of the Tanzania craton using the Sm-Nd method: implications for the geological evolution of the Tanzania Craton. *Prec. Res.*, vol. 121, pp.

- Maple Mineral Corp. 2004. LANG LAKE COPPER-GOLD EXPLORATION STARTED. Page Web: #<http://www.mapleminerals.com/database/04-09-08.pdf#>
- Markwell, T. S. 1998. Cornishman gold deposit, Southern Cross mining district, WA.
- Marschik, R. 2001. Iron-Oxyde Cu-Au deposits in South America: Candelaria, Chile and Sossego, Brazil. GSA annual meeting, november 5-8 2001. Session No. 1: SEG special session I: Iron-oxyde(-copper-gold) Systems - Deposits studies to global context.
- Martel, E., Lin, S. and Bleeker, W. 2002. Kinematic observations in the Yellowknife river fault zone and structures in the Jackson lake formation, Yellowknife greenstone belt, Northwest territories. Current Ressearch, vol. 2002-E4, pp. 10.
- Martinsson, O. 1997. Tectonic setting and metallogeny of the Kiruna greenstones. Ph. D. Thesis Abstract. pp. 2.
- Matiasek, M. 2004. An Overview of the Lynn Lake Greenstone Belt. Lynn Lake,
- Maurice, C., Francis, D., et Madore, L. 2003. Constraints on early Archean crustal extraction and tholeiitic-komatiitic volcanism in greenstone belts of the Northern Superior Province. Can. Jour. Earth Sci., vol. 40, pp. 431-445.
- McCandlish, K. and Craven, A. L. 2001. Qualifying Report on the Bogoso-Prestea Project, Ghana. Prepared for Golden Star Resources Ltd. Denver, Colorado, USA. Associated Mining Consultants Ltd. Calgary, Alberta, Canada. Page Web: #<http://www.gsr.com/PDFs/NI43-101QualifyingReport.pdf#>
- McCourt, S. et Van Reenen, D. 1992. Structural geology and tectonic setting of the Sutherland Greenstone Belt. Kaapavaal Craton, South Africa. Prec. Res., vol. 55, pp.
- McCuaig, T. C., Behn, M., Stein, H., Hageman, S. G., McNaughton, N. J. Cassidy, K. F., champion, D. and Wyborn, W. 2001. The Boddington gold mine: A new style of Archaean Au-Cu deposit. AGSO - Geoscience Australia. pp. 453-456.
- MDI 2000. Mineral Deposit Inventory. (CD-ROM)
- Melezhik, V. A., Fallick, A. E., et Grillo, S. M. 2004. Subaerial exposure surfaces in a Palaeoproterozoic ^{13}C -rich dolostone sequence from the Pachenga Greenstone Belt: palaeoenvironmental and isotopic implications for the 2330-2060 Ma global isotop excursion of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Prec. Res., vol. 133, pp. 75-103.
- Melling, D. R., Watkinson, D. H., Poulsen, K. H., Cholton, L. B. and Hunter, A. D. 1986. The Cameron lake gold deposit, Northwestern Ontario, Canada: Geological setting, structure and alteration. In: Macdonald, A. J. eds. GOLD '86: An international symposium on the geology of gold deposits. Prodeedings Volume.
- MERQ-OGS 1983. Lithostratigraphic map of the Abitibi Subprovince. Ontario Geological Survey / Ministère de l'énergie et des ressources du Québec. 1:500 000.
- Mhlanga, G. 2002. Data driven predictive modelling for Archaean lode gold potential, Bubi greenstone belt, Southwest Zimbabwe. MsC Thesis. pp. 15-22.
- Milési, J. -P., Ledru, P., Feybesse, J. -L., Dommaget, A. et Marcoux, E. 1992. Early Proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian belts, West Africa. Prec. Res., vol.
- Miller, A. R., et Armitage, A. E. 2000. Metallogeny of the Churchill Province, North of 60 degrees, Nunavut: 1. 7 billion years of crustal evolution reflected through multiple and overlapping ore deposit-related processe. Résumé de conférence.

- mining-technology. com ; The web site for the mining industry 2004. PALABORA COPPER MINE, SOUTH AFRICA. Page Web:
- mining-technology. com; the web site for the mining industry 2004. OBUASI GOLD MINE, GHANA. Home / Industry Projects / Africa and the Middle East / Obuasi. Page Web: #<http://www.mining-technology.com/projects/obuasi/#>
- Ministry of Northern Development and mines 2004. ODM Annual report Vol. 48, pt. 8, p. 43 (Bateman 1939)
- Miramar Mining Corp. 2004. Miramar Significantly Increases Resource Estimate for 100% Owned Hope Bay Project.
- Mishra T., Jose B., Deepa K. K., Sreehari S. M. S., Venkatesh A. S. 2001. Auriferous mineralization in the Sakoli Group, central India, with particular reference to sulphide-bound gold. *Applied Earth Sci.*, vol. 110, pp. 103-109.
- Mishra, B. and Panigrahi, M. K. 1999. Fluid evolution in the Kolar gold field: Evidence from fluid inclusion studies. *Mineralium Deposita*, vol. 34, pp. 173-181.
- MNDM 2005. Geology of the Thunder Bay South District. Page Index: Economic Geology. Page Web: www.mndm.gov.on.ca/mndm/mines/resgeol/northwest/tbs/geo_e.asp - 50k #<http://www.mndm.gov.on.ca/mndm/>
- Modeland, S., Francis, D., et Hynes, A. 2003. Enriched mantle components in Proterozoic continental-flood basalts of the Cape Smith fold belt, northern
- Monti, R. 1987. The Boddington lateritic gold deposit, Western Australia: A product of supergene enrichment processes. In: Ho, S. E. and Groves, D. I. eds. *Recent advances in understanding Precambrian gold deposits*. Publ. 11. IGCP and Univ. Western Australia.
- Moorbarth, S., Taylor, P. N., Orpen, J. L., Treloar, P. et Wilson, J. F. 1987. First direct radiometric dating of Archaean stromatolitic limestone. *Nature*, vol. 326, pp. 865-867.
- Moroni, M., Giraldi, V. A. V. and Ferrario, A. 2001. The Serra Pelada Au-EGP deposit, Serra dos Carajas (Para state, Brazil): Geological and geochemical indications for a composite mineralising process. *Mineralium Deposita*, vol. 36, pp. 768-785.
- Mosigi, B. 1991. Gold mineralization in relation to metamorphism in the Vumba schist belt, NE-Botswana. In: Ladeira, E. A. eds. *Brazil Gold'91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Balkema Rotterdam.
- MRNFP 2000. Géologie du Québec. CD-ROM
- Mucke, A., Dzigbodi-Adjimah, and Annor, A. 1999. Mineralogy, petrography, geochemistry and genesis of the paleoproterozoic Birimian manganese-formation of Nsuta, Ghana. *Mineralium Deposita*, vol. 34, pp. 297-311.
- Mueller, W. U., Daigneault, R., Mortensen, J. K., et Chown, E. H. 1996. Archean terrane docking: upper crust collision tectonics, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Tectonophysics*, vol. 265, pp. 127-150.
- Muir, T. L. 2003. Structural evolution of the Hemlo greenstone belt in the vicinity of the world-class Hemlo gold deposit. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 40, pp. 395-430.
- Mukhopadhyay, D. 1993. The structural anatomy of the Sandur schist belt - a greenstone belt in the Dharwar craton of South India. *Journal of Structural Geology*, vol. 15, pp.

- Munyanyiwa, H., et Maaskant, P. 1998. Metamorphism of the Palaeoproterozoic Magondi mobile belt north of Karoi, Zimbabwe. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 27, pp.
- Myers, J. S. and Swager, C. 1997. The Yilgarn Craton. In: de Wit, M. J. and Ashwal, L. D. eds. *Greenstone Belts*. Clarendon Press, Oxford.
- Nair, K. K. K., Jain, S. C. and Yedekar, D. B. 1995. Stratigraphy, structure and geochemistry of the Mahakoshal greenstone belt. *Memoir Geological Society of India*,
- Nair, K. K. K., Jain, S. C., et Yedekar, D. B. 1995. Stratigraphy, structure and geochemistry of the Mahakoshal greenstone belt. *Geological society of India Memoir*, vol. 31, pp.
- Naqvi, S. M., Raj, B. U., Rao, D. V. S., Manikyamba, C., Charan, S. N., Balaram, V. and Sarma, D. S. 2002. Geology and geochemistry of arenite-quartzwacke from the late archaean Sandur schist belt - implications for provenance and accretion processes. *Prec. Res.*, vol. 114, pp. 177-197.
- Naqvi, S. M., Sawkar, R. H., Subba Rao, D. V. Govil, P. K. and Gnaneswar Rao, T. 1988. Geology, geochemistry and tectonic setting of Archaean grewackes from Karnataka nucleus, India. *Prec. Res.*, vol. 39, pp. 193-216.
- Naqvi, S. M., Uday Raj, B., Subba Rao, D. V., Manikyamba, C., Nirmal Charan, S., Balaram, V., et Srinivasa Sarma, D. 2002. Geology and geochemistry of arenite-quartzwacke from the late archaean Sandur schist belt-implications for provenance and accretion processes. *Prec. Res.*, vol. 114, pp. 177-197.
- Naqvi, S. M., Viswanathan, S. and Viswanatha, M. N. 1978. Geology and geochemistry of the Holenarasipur schist belt and its place in the evolutionary history of the Indian peninsula. In: B. F. Windley and S. M. Naqvi eds. *Archaean geochemistry*. 1. Elsevier.
- Narayana, B. L., Naqvi, S. M., Rao, P. R., Raj, B. U. and Ahmad, S. M. 1982. Geology and geochemistry of Javanahalli schist belt, Karnataka, India. *Precambrian of South India*, vol. 4, pp. 143-157.
- Nedimovic, M. R., et West, G. F. 2002. Shallow three-dimensional structure from two-dimensional crooked line seismic reflection data over the Sturgeon Lake volcanic complex. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 1779-1794.
- Neogi, S., Miura, H. and Hariya, Y. 1996. Geochemistry of the Dongargarh volcanic rocks, Central India: implications for the Precambrian mantle. *Prec. Res.*, vol. 76, pp.
- Neumayr, P., Ridley, J. R., McNaughton, N. J., Kinny, P. D., Barley, M. E. and Groves, D. I. 1998. Timing of mineralization in the Mt York district, Pilgangoora greenstone belt, and implications for the tectonic and metamorphic evolution of an area linking the western and eastern Pilbara craton. *Prec. Res.*, vol. 88, pp. 249-265.
- Neymark, L. A., Kovach, V. P., Nemchin, A. A., Morozova, I. M., Kotov, A. B., Vinogradov, D. P.,
- Nijman, W., Bruijne de, K. C. H. and Valkering, M. E. 1999. Growth fault control of early Archaean cherts, barite mounds and chert-barite veins, North Pole dome, Eastern Pilbara, Western Australia. *Prec. Res.*, vol. 95, pp. 247-274.
- Nijman, W., Willigers, B. J. A and Krikke, A. 1998. Tensile and compressive structures: relationships between sedimentation, deformation and granite intrusion in the Archaean Coppin Gap greenstone belt, eastern Pilbara, Western Australia. *Prec. Res.*, vol. 88, pp.
- Nironen, M. 1989. The Tampere Schist Belt: Structural style within an early Proterozoic volcanic arc system in southern Finland. *Prec. Res.*, vol. 43, pp. 23-40.

- Nomade, S., Chen, Y., Féraud, G., Pouclet, A., et Thiéveniaut, H. 2001. First paleomagnetic and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ study of paleoproterozoic rocks from the French Guyana (Camopi and Oyapok rivers), northeastern Guyana shield. *Prec. Res.*, vol. 109, pp.
- Norman, D. L. and Sawkins, F. J. 1985. The Tribag breccia pipes: Precambrian Cu-Mo deposits, Batchawana Bay, Ontario. *Economic Geology*, vol. 80, pp. 1593-1621.
- North American Palladium Ltd. Page Web: www.napalladium.com#<http://www.napalladium.com>#
- Northair-Sherwood. Page Web: www.northair.com/sherwood#<http://www.northair.com/sherwood>#
- Northrup, C. J., Isachsen, C., et Bowring, S. A. 1998. Field relations, U-Pb geochronology, and Sm-Nd isotope geochemistry of the Point Lake greenstone belt and adjacent gneisses, central Slave craton, N. W. T., Canada. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 36, pp. 1043-1059.
- Nutt, T. C. H. 1984. Archean gold mineralization in the Nando and Pinkun mines, kadoma district, Zimbabwe. In: Foster, R. P. eds. *GOLD'82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Spec. Pap. 1. Geological Society of Zimbabwe.
- Nutt, T. H. C. 2000. Special Report: Mineral exploration in Tanzania. *SEG Newsletter*, vol. Oct 2000, No. 43, pp. 33-36.
- Nuttman, A. P. et Cordani, U. G. 1993. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of Archaean granitoids from the Contendas-Mirante area of the Sao Fransisco Craton, Bahia, Brazil. *Prec. Res.*, vol. 63, pp. 179-188.
- Oberthur, T., Vetter, U., Davis, D. W. and Amanor, J. A. 1998. Age constraints on gold mineralization and paleoproterozoic crustal evolution in the Ashanti belt in Southern Ghana. *Prec. Res.*, vol. 89, pp. 129-143.
- Oberthur, T., Weiser, T., Amanor, J. A. and Chryssoulis, S. L. 1997. Mineralogical sitting and distribution of gold in quartz veins and sulfide ores of the Ashanti mine and other deposits in the Ashanti belt of Ghana: genetic implications. *Mineralium Deposita*, vol.
- OGS 2000. *Bedrock Geology of Ontario*. (CD-ROM)
- Oliveira, E. P., Windley, B. F., McNaughton, N. J., Pimentel, M. et Fletcher, I. R. 2004. Contrasting copper and chromium metallogenic evolution of terranes in the Palaeoproterozoic Itabuna-Salvador-Curaca orogen, Sao Francisco craton, Brazil: new zircon (SHRIMP) and Sm-Nd (model) ages and their significance for orogen-parallel escape tectonic. *Prec. Res.*, vol. 128, pp. 143-165.
- Olivo, G. R., Gauthier, M., Gariépy, C. et Carignan, J. 1996. Transamazonian tectonism and Au-Pd mineralization at the Caue Mine, Itabira District, Brazil: Pb isotopic evidence. *Journal of American Earth Sciences*, vol. 9, pp. 273. In: 279 eds. Elsevier.
- Olivo, G. R., Gauthier, M., Williams-Jones, A. E. et Levesque, M. 2001. The Au-Pd mineralization at the Conceicao Iron mine, Itabira District, Southern Sao Francisco Craton, Brazil: an example of a Jacutinga-type deposit. *Eco. Geol. Res. Inst.*, vol. 96, pp.
- Oostindier, J., Vriend, S. P., Huisjmsans, J. P. P. and Taufen, P. M. 1990. Weathered, Ni-sulfide ore-hosting and barren derpentinites in the Forteleza de minas greenstone belt, Minas Gerais, Brazil: A rock geochemical study. *Chemical Geology*, vol. 81, pp.
- Ootes, L. ,Lentz, D. and Falck, H. 2003. The Crestaurum Gold Mine. Page Web: http://www.nrcan.gc.ca/gsc/mrd/extech3/abstracts/ootes_01_abstract_e.html#

- Ootes, L. and Lentz, D. R. 2002. Occurrence of bleached mafic flows and their association with stowork sulphides and banded iron formation in the Crestaurum Formation of the late Archean Yellowknife greenstone belt, Northwest
- Padgham, W. A. 1986. Turbidite-hosted gold-quartz veins in the Slave structural Province, TNW. In: Keppie, J., D, Boyle, R. W. and Haynes, S. J. eds. Turbidite-hosted gold deposits. Spec. Pap. 32. Geol. Ass. Can.
- Padgham, W. A. 1992. Mineral deposits in the Archean Slave structural province: lithological and tectonic setting. *Prec. Res.*, vol. 58, pp. 1-24.
- Paktunç, A. D. 1984. Metamorphism of the ultramafic rocks of the Thompson mine, Thompson Nickel belt, northern Manitoba. *Can. Miner.*, vol. 22, pp. 77-91.
- Paktunç, A. D. 1984. Petrogenesis of ultramafic and mafic rocks of the Thompson Nickel Belt, Manitoba. *Contrib. Mineral. Petrol.*, vol. 88, pp. 348-353.
- Pal, N and Mishra, B. 2002. Alteration geochemistry and fluid inclusion characteristics of the greenstone-hosted gold deposit of Hutti, eastern Dharwar craton, India. *Mineralium Deposita*, vol. 37, pp. 722-736.
- Pankaa, H. S., et Vanhanen, E. J. 1992. Early Proterozoic Au-Co-U mineralization in the Kuusamo district, northeastern Finland. *Prec. Res.*, vol. 58, pp. 387-400.
- Parks, J., Lin, S., Corkery, M. T. and Davis, D. W. 2001. Geology and geochronology an the Island lake greenstone belt, Northwestern Superior province. Report of Activities
- Passchier, C. W. et al. 2002. Tectonic evolution of the southern Kaoko belt, Namibia. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 35, pp. 61-75.
- Passeraub, M., Wuest, T., Kreissig, K., Smit, C. A. et Kramers, J. D. 1999. Structure, metamorphism and geochronology of the Rhenosterkoppies greenstone belt, South Africa. *South Afri. Jour. Geol.*, vol. 102, pp. 323-334.
- Pehrsson, S. J., et Villeneuve, M. E. 1998. Deposition and imbrications of a 2670-2629 Ma supracrustal sequence in the Indin Lake area, southwestern Slave Province, Canada. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 36, pp. 1149-1168.
- Percival, J. A., et Skulski, T. 2000. Tectonothermal evolution of the northern Minto block, Superior Province, Quebec, Canada. *Can. Miner.*, vol. 38, pp. 345-378.
- Perring, C. S., Barnes, S. J. and Hill, R. E. T. 1995. The physical volcanology of Archaean komatiite sequences from Forrestania, Southern Cross Province, Western Australia. *Lithos*, vol. 34, pp. 189-209.
- Peterson, V. L., et Zaleski, E. 1994. Structure and tectonics of the Manitouwadge greenstone belt and Wawa-Quetico subprovince boundary, Superior Province, northwestern Ontario. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 1994-C, pp.
- Peucat, J. J., Mascarenhas, J. F., Barbosa, J. S. F., De Souza, S. L., Marinho, M. M., Fanning, C. M. et Leite, C. M. M. 2002. 3 Ga SHRIMP U-Pb zircon age of a felsic metavolcanic rock from the Mundo Novo greenstone belt in the Sao Francisco craton, Bahia (NE Brazil) *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 15, pp. 363-373.
- Pike, G., Cas, R and Smithies, R. H. 2002. Geologic constraints on base metal mineralization of the Whim Creek greenstone belt, Pilbara craton, Western Australia. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 827-845.

- Pimentel, M. M., Jost, H., Armstrong, R., Fuck, R. A., Luizjunges, S. et Resende, M. G. 2000. Re-appraisal of the Santa Rita greenschist belt stratigraphy central Brazil, based on new U-Pb shrimp age and Sm-Nd data of felsic metavolcanic rocks *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 30, pp. 157-160.
- Pinheiro, R. V. L. et Holdsworth, R. E. 1997. The structure of the Carajas Ni-Cu ironstone deposit and associated rocks: relationship to archaean strike-slip tectonics and basement reactivation in the Amazon region, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 10 Nos 3-4, pp. 305-319.
- PINHEIRO, S. O. 1988. GEOLOGIA E PETROLOGIA DOS DEPÓSITOS DE CROMITA DE PIUMHI, MINAS GERAIS. M. Sc. A.
- Placer Dome Operation 2004. North Mara Overview. Page Web: <http://www.placerdome.com/operations/northmara/#>
- Polat, A. 1999. Convergent margin magmatism in the 2.7 Ga Schreiber-Hemlo greenstone belt, Superior Province, Canada. *Journal of conference Abstracts. Symposium A03In: Froitzheim, N. and Milnes, A. G. eds. The Europe-Africa collision: From sedimentary basins to mountain chains. Cambridge publication.*
- Pons, J., Barbey, P., Dupuis, D and Léger, J. M. 1995. Mechanisms of pluton emplacement and structural evolution of a 2.1 Ga juvenile crust: the Birimian of southwestern Niger. *Prec. Res.*, vol. 70, pp. 281-301.
- Porter Geoconsultancy 1990. Coppin Gap Western Australia, WA, Australia. Main commodities: Cu Mo.
- Porter GeoConsultancy 1998. Zinc '98. Zinc Deposits of Europe & North America. 16th July to 17th August, 1998 - In Three Separate Modules. Page Web: <http://www.portergeo.com.au/tours/zinc98/zinc98dep3.asp#>
- Poujol, M., Anhaeusser, C. R. and Armstrong, R. A. 2002. Episodic granitoid emplacement in the Archaean Amalia-Kraaipan terrane, South Africa: confirmation from single zircon U-Pb geochronology. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 35, pp. 147-161.
- Poutiainen, M. and Partamies, S. 2003. Fluid evolution of the late Archaean Ramepuro gold deposit in the Ilomantsi greenstone belt in Eastern Finland. *Mineralium Deposita*, vol. 38, pp. 196-207.
- Poutiainen, M. and Partamies, S. 2003. Fluid inclusion characteristics of auriferous quartz veins in Archaean and paleoproterozoic greenstone belts in eastern and southern Finland. *Economic Geology*, vol. 98, pp. 1355-1369.
- Powar, K. B. and Patwardhan, A. M. 1984. Tectonic evolution and base-metal mineralisation in the Aravalli-Delhi belt, India. *Prec. Res.*, vol. 25, pp. 309-323.
- Prendergast, M. D. 2003. The nickeliferous late Archaean Reliance komatiitic event in the Zimbabwe craton - Magmatic architecture, physical volcanology and ore genesis. *Economic Geology*, vol. 98, pp. 865-891.
- Puchtel, I. S., Hofman, A. W., Mezger, K., Jochum, K. P., Shchipansky, A. A., et Samsonov, A. V. 1998. Oceanic plateau model for continental crustal growth in the Archaean: a case study from the Kostomuksha greenstone belt, NW Baltic shield. *Earth Planet. Sci. Lett.*,
- Puchtel, I. S., Hofmann, A. W., Amelin, Y. V., Garbe-Schönberg, C. -D., Samsonov, A. V., et Shchipansky, A. A. 1999. Combined mantle plume-island arc model for the formation of the 2.9 Ga Sumozero-Kenozero greenstone belt, SE Baltic shield: isotope and trace element constraints. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 63, pp. 3579-3595.
- Puchtel, I. S., Zhuravlev, D. Z., Samsonov, A. V., et Arndt, N. T. 1993. Petrology and geochemistry of metamorphosed komatiites and basalts from the Tungurcha greenstone belt, Aldan shield, vol. 399-417, pp.

- Puchtel, L. S., Brüggmann, G. E., Hotmann, A. W., Kulikov, V. S., et Kulikova, V. V. 2001. Os isotope systematics of komatiitic basalts from the Vetreny belt, Baltic shield: evidence for a chondritic source of the 2. 45 Ga plume. *Contrib. Mineral. Petrol.*, vol.
- Puustinen, K. 1991. Gold Deposits of Finland. *Jour. Geochemical Exploration*, vol. 39, pp. 255-272.
- Qiu, Y. M., McNaughton, N. J., Groves, D. I. AND Dalstra, H. J. 1999. Ages of internal granitoids in the Southern Cross region, Yilgarn Craton, Western Australia, and their crustal evolution and tectonic implications. *Austr. Jour. Earth Sci.*, vol. 46, pp. 971-981.
- Quemeneur, J. J. G. and Noce, C. M. 2000. Geochemistry and petrology of felsic and mafic suites related to the paleoproterozoic trans amazonian orogeny in Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 30, pp. 87-90.
- Radford, N. and Boddington, T. 2003. Penny West gold mine, Youanmi, Western Australia. CRC LEME, Curtin Univ. pp. 1-3.
- Rainbird, R.H. and Ernst, R.E. 2001. The sedimentary rock record of mantle plume uplift. In: *Mantle Plumes: their identification through time*, Ernst, R.E. and Buchan, K.L. eds. Geol. Soc. Amer., Boulder Colorado, Spec. Pap. 352, pp. 227-245.
- Rambelison, R. A. 1997. The Malagasy shield. In: de Wit, M. J. and Ashwal, L. D. eds. *Greenstone Belts*. Clarendon Press, Oxford.
- Rao, D. V. S. and Naqvi, S. M. 1997. Geological setting, mineralogy, geochemistry and genesis of the middle archaean Kalyadi copper deposit, western Dharwar craton, southern India. *Mineralium Deposita*, vol. 32, pp. 230-242.
- Rao, T. G. and Naqvi, S. M. 1995. Geochemistry, depositional environment and tectonic setting of the BIF's of the late archaean Chitradurga schist belt, India. *Chemical Geology*, vol. 121, pp. 217-243.
- Rao, V. D., Rao, P. R., Govil, P. K. and Balaram, V. 1982. Geology and geochemistry of the Krishnarajpet schist belt, a greenstone belt of the Dharwar craton, India. *Precambrian of South India*, vol. 4, pp. 293-305.
- Rayner, N. and Corrigan, D. 2004. Uranium-Lead geochronological results from the Churchill river - Southern Indian Lake transect, Northern Manitoba. *Current Research*, vol. 2004-F1, pp. 1-14.
- Relf, C., Chouinard, A., Sandeman, H. and Villeneuve, M. 1994. Contact relationships between the Anialik River volcanic belt and the Kangguyak gneiss belt, northwestern Slave province, NWT. *Current Research*, vol. 1994-C, pp. 49-59.
- Relf, C., Sandeman, H. A., et Villeneuve, M. E. 1999. Tectonic and thermal history of the Anialik River area, northwestern Slave Province, Canada. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 36, pp. 1207-1226.
- Renaud, J., MacLachlan, K. and Cairns, S. 2002. Stratigraphy and structure of the Aylmerlake volcanic belt and surrounding metasedimentary rocks, Northwest territories. *Current Research*, vol. 2002-C2, pp. 13.
- Requia, K. and Fontboté, L. 1999. Hydrothermal alkali metasomatism in the Salobo iron oxide Cu-Au deposit, Carajas mineral province, Northern Brazil. In: Stanley, C. J. et al. eds. *Mineral deposits: Processes to processing*. Balkema, Amsterdam.
- Resource Growth Supports Continued Aggressive Exploration & Expands Development options. Press Release.
- Riganti, A. and Wilson, A. H. 1995. Geochemistry of the mafic ultramafic volcanic associations of the Nondweni greenstone belt, South Africa, and constraints on their petrogenesis. *Lithos*, vol. 34, pp. 235-252.

- RIOS, F. J., VILLAS, R. N., FUZIKAWA, K., SIAL, A. N. & MARIANO, G. a partir da atual superfície de erosão. 1998. ISÓTOPOS DE OXIGÊNIO E TEMPERATURA DE FORMAÇÃO DOS VEIOS MINERALIZADOS COM WOLFRAMITA DA JAZIDA PEDRA PRETA, SUL DO PARÁ. *Revista Brasileira de*
- Romer, R. L., et Boundy, T. M. 1988. Interpretation of lead isotope data from the uraniferous Cu-Fe-sulfide mineralizations in the Proterozoic greenstone belt at Kopparasen, northern Sweden. *Mineralium Deposita*, vol. 23, pp. 256-261.
- Ryan, J. J., Hanmer, H. A., et Tella, S. 2000. Archean and Paleoproterozoic fault history of the Big Lakes areas, Nunavut. *Geological survey of Canada, Current Research*, vol.
- Saager, R. et Oberthür, T. 1989. Geochemistry and mineralogy of banded iron-formation-hosted gold mineralization in the Gwanda greenstone belt, Zimbabwe- A reply. *Economic Geology*, vol. 84, pp. 197-198.
- Sabaté, P., Marinho, M. M., Vidal, P. et Caen-Vachette, M. 1990. The 2-Ga peraluminous magmatism of the Jacobina-Contendas Mirante belts (Bahia, Brazil): Geologic and isotopic constraints on the sources. *Chemical Geology*, vol. 83, pp. 325-338.
- Saha, I. and Venkatesh. A. S. 2002. Invisible gold within sulfides from the Archean Hutti-Maski schist belt, Southern India. *Jour. Asian Earth Sci.*, vol. 20, pp. 449-457.
- Salah, I. A., Liegeois, J. -P. et Pouclet, A. 1996. Évolution d'un arc insulaire océanique birimien précoce au Liptako nigérien (Sirba): géologie, géochronologie et géochimie. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 22, pp. 235-254.
- Sanborn-Barrie, M., Skulski, T., Sanderman, H., Berman, R., Johnstone, S., MacHattie, T. and Hyde, D. 2002. Structural and metamorphic geology of the Walker lake Arrowsmith river area, Committee Bay belt. *Current Ressearch*, vol. 2002-C11, pp.
- Sandeman, H. A., Studnicki-Gizbert, C., Brown, J. and Johnstone, S. 2001. Regional structural and metamorphic geology of the committee Bay belt, Laughland area, central mainland, Nunavut. *Current Ressearch*, vol. 2001-C13, pp. 27.
- Santos, M. D., Leonardos, O. H., Foster, R. P. et Fallick, A. E. 1998. The lode-prophyry model as deduced from the Cumaru mesothermal granitoid-hosted gold deposit, Southern Para, Brazil. *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 28, pp. 327-338.
- Saskatchewan Industry and Resources 2003. *Geological atlas of Saskatchewan - version 6. CD-ROM*
- Sasseville, C., et Tomlinson, K. Y. 2000. Tectonostratigraphy, structure, and geochemistry of the Mesoarchean Wallace Lake greenstone belt, southeastern Manitoba. *Current Research*, vol. 2000-C14, pp.
- Schmidt, A., Oberthur, T., Vetter, U. and Blenkinsop, T. G. 1997. High CO₂ content of fluid inclusions in gold mineralisations in the Ashanti belt, Ghana: a new category of ore forming fluids? *Mineralium Deposita*, vol. 32, pp. 107-118.
- Schwartz, M. O. and Melcher, F. 2003. The Perkoa Zinc deposit, Burkina Faso. *Economic Geology*, vol. 98, pp. 1463-1485.
- Scott, G. M. and Corfu, F. 1991. Uchi subprovince. In: Thurston, P. C., Williams, H. R., Sutcliffe, R. H. and Scott, G. M. eds. *Geology of Ontario. Spec. Vol. 4, Part 1. Ontario*
- Seabridge Gold inc. 2004. *Technical Review of the Courageous Lake Property Northwest Territories, Canada. Page Web: #http://www.seabridgegold.net/images2/43-101_Tech_Rep_Jan05.pdf#*

- Seccombe, P. K., Frater, K. M. 1981. A preliminary study of sulphur isotopes and ore genesis at the Golden Grove copper deposit, Western Australia. In: Glover, J. E. and Groves, D. I. eds. Archaean geology. Second International Symposium, Perth 1980. Spec. Publ. 7. Geol. Soc. Austr.
- Sharkov, E. V., et Smolkin, V. F. 1997. The early Proterozoic Pechenga-Varzuga belt: a case of Precambrian back-arc spreading. *Prec. Res.*, vol. 82, pp. 133-151.
- Sherlock, R. L. and Lindsay, D. W. 2002. Volcanic stratigraphy of the QSP area, Hope bay volcanic belt, Nunavut. *Current Research*, vol. 2002-C8, pp. 11.
- Sherlock, R. L., Alexander, R. B., March, R., Kellner, J., et Barclay, W. A. 2001. Geological setting of the Meadowbank iron-formation-hosted gold deposits, Nunavut. *Geological survey of Canada, Current Research*, vol. 2001-C11, pp. 16.
- Siegesmund, S., Jelsma, H., Becker, J., Davies, G., Layer, P., Van Dijk, E., Kater, L. et Vinyu, M. 2002. Constraints on the timing of granite emplacement, deformation and metamorphism in the Shamva area, Zimbabwe. *Int. J. Earth Sciences*, vol. 91, pp. 20-34.
- Sigéom 2004.
- Silva, A. M., Chemale, F. Jr., Kutumjian, R. M., and Heaman, L. 1995. Mafic dike swarms of Quadrilatero Ferrifero and Southern Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 25, pp. 124-137.
- Silva, M. G. 1922. O greenstone belt do Itapicuru: uma bacia do tipo back-arc fossil. *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 22, pp. 157-166.
- Silva, M. G., Silva Coelho, C. E. S., Teixeira, J. B. G., Silva, F. C. A, Silva, R. A. and Souza, J. A. B. 2001. The Rio Itapicuru greenstone belt, Bahia, Brazil: geologic evolution and review of gold mineralisation. *Mineralium Deposita*, vol. 36, pp. 345-357.
- Skulski, T., et Percival, J. A. 1996. Allochthonous 2. 78 Ga oceanic plateau slivers in a 2. 72 Ga continental arc sequence: Vizion greenstone belt, northeastern Superior Province, Canada. *Lithos*, vol. 37, pp. 163-179.
- Smith, J. B. 2003. The episodic development of intermediate to silicic volcano-plutonic suites in the Archaean west Pilbara, Australia. *Chemical Geology*, vol. 194, pp. 275-295.
- Smith, R. E. 2003. Gossan hill Cu-Zn-Au deposit, Golden Grove, Western Australia. Page Web: [http://leme.anu.edu.au/Pubs/#In: C. R. M. Butt, M. Cornelius, K. M. Scott and I. D. M. Robertson eds. REGOLITH EXPRESSION OF AUSTRALIAN ORE SYSTEMS: A compilation of geochemical case histories and conceptual models. CRC LEME](http://leme.anu.edu.au/Pubs/#In:C.R.M.Butt,M.Cornelius,K.M.ScottandI.D.M.Robertsoneds.REGOLITHEXPRESSIONOFAUSTRALIANORESYSTEMS:Acompilationofgeochemicalcasehistoriesandconceptualmodels.CRCLEME)
- Smith, T. E., Choudhry, A. G., et Huang, C. H. 1983. The geochemistry and petrogenesis of the archaean Gamitagama lake igneous complex, southern Superior province. *Prec. Res.*, vol. 22, pp. 219-244.
- Smithies, R. H., Hickman, A. H. and Nelson, D. R. 1999. New constrain on the evolution of the Mallina basin, and their bearing on relationships between the contrasting eastern and western granite-greenstone terranes of the Archaean Pilbara craton. Western Australia. *Prec. Res.*, vol. 94, pp. 11-28.
- Souza, C. S. 1999. GENESIS AND CONTROL OF THE GOLD DEPOSIT OF LAGOA SECA, ANDORINHAS GREENSTONE BELT, RIO MARIA-PARÁ STATE, BRAZIL. UNIVERSITY OF BRASILIA- INSTITUTE OF GEOSCIENCES

- SOUZA, Z. S., DALL'AGNOL, R., DE OLIVEIRA, C. G., HUHN, S. R. B. 1997. GEOCHEMISTRY AND PETROGENESIS OF METAVOLCANIC ROCKS FROM ARCHAEOAN GREENSTONE BELTS: RIO MARIA REGION (SOUTHEAST PARÁ, BRAZIL). *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 27, pp. 169-180.
- Souza, Z. S., Luiz, J. G., Cruz, J. C. R. and Paiva, R. N. 1992. Geometrica de greenstone belts arqueanos da regio de Rio Maria (sudeste do para, Brazil), a partir de interpretaca o gravimetrica. *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 22, pp. 198-203.
- Spier, C. A., et Filho, C. F. F. 1999. Geologia, estratigrafia depositos minerais do projeto Vila Nova, escudo das Guinanas, Amapa, Brasil. *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 29, pp. 173-178.
- Spier, C. A., et Filho, C. F. F. 2001. The chromite deposits of the Bacuri mafic-ultramafic layered complex, Guyana shield, Amapa state, Brazil. *Economic Geology*, vol. 96, pp.
- Srinivasan, R. and Navqi, S. M. 1990. Some distinctive trends in the evolution of the earlyprecambrian (archaeoan) dharwar craton, South India. In: Navqi, S. M. eds. *Precambrian continental crust and its economic resources*. Devlp. In *Precambrian Geology* No. 8.
- Stern, R. A., Syme, E. C. and Lucas, S. B. 1995. Geochemistry of 1.9 Ga MORB- and OIB-like basalts from the Amisk collage, Flin Flon Belt, Canada: Evidence for an intra-oceanic origin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 59, pp. 3131-3154.
- St-Onge, M. R., Wodicka, N., Lucas, S. B. 2000. Granulite-and amphibolitic-facies metamorphism in a convergent-plate-margin setting: synthesis of the Quebec-Baffin segment of the Trans-Hudson orogen. *Can. Miner.*, vol. 38, pp. 379-398.
- Subba, D. V. and Navqi, S. M. 1997. Geological setting, mineralogy and genesis of the middle Archaean Kalyadi copper deposit, western Dharwar craton, southern India. *Mineralium Deposita*, vol. 32, pp. 230-242.
- Sundblad, K. 2003. Metallogeny of fold in the precanbrian of northern Europe. *Economic Geology*, vol. 98, pp. 1271-1290.
- Sutcliffe, R. H. 1989. Magma mixing in late archean tonalitic and mafic rocks of the Lac des Iles area, Western Superior province. *Prec. Res.*, vol. 44, pp. 81-101.
- Svetov, S., et Svetova, S. A. 2004. The REE systematics of Upper Archean sedimentary assemblages in central Karelia. *Doklady Earth Sciences*, vol. 394, pp. 104-108.
- Talusani, R. V. R. 2001. Possible Carlin-Type disseminated gold mineralization in the Mahakoshal fold belt, Central India. *Ore Geol. Rev.*, vol. 17, pp. 241-247.
- Tantalum Australia 2004. Dalgaranga Project. Page Web: <http://www.tantalumaustralia.com/projects/dalgaranga/dalgaranga.html#>
- Tarney, J., Dalziel, I.W.D. and de Wit, M.J. 1976. Marginal basen "Rocas Verdes" complex from S.Chile: A model for Archaean greenstone belt formation. In: *The early history of the Earth: based on the proceedings of a NATO advances study institute held at the university of Leicester, 1975*. John Wiley and Son, pp. 131-146.
- Teixeira, J. B. G., de Souza, B. J. G., da Silva, M. G., Leti, C. M. M., Barbosa, J. S. F., Coelho, C. E. S., Abram, M. B., Filho, V. M. C. and Iyer, S. S. S. 2001. Gold mineralization in the Serra de Jacobina region, Bahia Brazil: tectonic framework and metallogenesis. *Mineralium Deposita*, vol. 36, pp. 332-344.
- Thiéblemont, D., Delor, C., Cocherie, A., Lafon, J. -M., Goujou, J. -C., Baldé, A., Bah, M., Sané, H. and Fanning, C. M. 2001. A 3.5 Ga granite-gneiss basement in guinea: further evidence for early archean accretion within the West African Craton. *Prec. Res.*, vol.

- Thompson, P. H. 2001. Metamorphism and the origin of gold deposits in the Yellowknife greenstone belt, Phase 3 - from belt scale metamorphic zones and thin sections to exploration targets.
- Thompson, P. H., Culshaw, N., Thompson, D. L., et Buchanan, J. R. 1985. Geology across the western boundary of the Thelon Tectonic zone in the Tinney Hills-Overby Lake (westhalf) map area, District of Mackenzie. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 85-1A, pp. 555-571.
- Thurston, P.C. 1991. Archean geology of Ontario: Introduction. In: Thurston, P.C., Williams, H.R., Sutcliffe, R.H. and Scott, G.M. eds., *Geology of Ontario, Ont. Geol. Surv., Spec. Vol. 4, Part 1*, pp.73-78.
- Thurston, P. C. and Kozhevnikov, V. N. 2000. An Archean quartz arenite–andesite association in the eastern Baltic Shield, Russia: Implications for assemblage types and shield history. *Prec. Res.*, vol. 101, pp. 313–340.
- Thurston, P. C., Osmani, I. A. and Stone, D. 1991. Northwestern Superior Province: Review and Terrane analysis. In: Thurston, P. C., Williams, H. R., Sutcliffe, R. H. and Scott, G. M. eds. *Geology of Ontario. Spec. Vol. 4, Part 1*. Ontario Geological Survey.
- Tiwary, M. D. A., et Palmer, M. R. 1997. Tourmaline in proterozoic massive sulfide deposits from Rajasthan, India. *Mineralium Deposita*, vol. 32, pp. 94-99.
- Tomlinson, K. Y. and Condie, K. C. 2001. Archean mantle plumes: evidence from greenstone belt geochemistry. In: R. E. Ernst and K.L. Buchan (Eds.), *Mantle Plumes: Their Identification Through Time*. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, 352, pp. 341-357.
- Tomlinson, K. Y., Davis, D. W., Stone, D., et Hart, T. R. 2003. U-Pb age and Nd isotopic evidence for Archean terrane development and crustal recycling in the south-central Wabigoon, Canada. *Mineralium Deposita*, vol. 144, pp. 684-702.
- Tomlinson, K. Y., Hugues, D. J., Thurston, P. C., et Keays, R. R. The greenstone belts of the central Wabigoon Subprovince: geochemistry, petrogenesis and tectonic setting. Page Web: [http://geol.queensu.ca/litho/docs/97vo](http://geol.queensu.ca/litho/docs/97vol/tomlin197.pdf)
- Tourigny, G. 1995. Structural setting and style of gold-bearing shear zones in the Belleterre district, Témiskamingue, Québec. *Explor. Mining Geol.*, vol. 4, pp. 1-14.
- Treloar, P. J. 1988. The geological evolution of the Magondi mobile belt, Zimbabwe. *Prec. Res.*, vol. 38, pp. 55-73.
- Trenholme, L. S. 1948.
- Troy Resources 2004. Rapport Annuel. Page Web: http://www.try.com.au/asx/pdf/Troy_2001.pdf
- Turchenko, S. I. 1992. Precambrian metallogeny related to tectonics in the eastern part of the Baltic Shield. *Prec. Res.*, vol. 58, pp. 121-141.
- Turek, A., Heather, K. B., Sage, R. P., et Van Schmus, W. R. 1996. U-Pb zircon ages for the Missanabie-Renabie area and their relation to the rest of the Michipicoten greenstone belt, Superior Province, Ontario, Canada. *Prec. Res.*, vol. 76, pp. 191-211.
- Turner, P., Hall, R. P., Hugues, D. J. et Whalley, J. S. 1993. The sediment-dominated Boundiali-Bagoé supracrustal belt and neighbouring granitic rocks, northern Côte d'Ivoire, West Africa: a Tarkwaian connection? *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 17, pp. 1-11.
- University of Saskatchewan. Saskatchewan Centre for Soils Research at the College of Agriculture, University of Saskatchewan, Saskatoon.

USGS 2003. The Global GIS: A digital atlas of planet Earth. (CD-ROM)

Van Breemen, O., Henderson, J. B., Loveridge, W. D., et Thompson, P. H. 1987. U-Pb zircon and monazite geochronology and zircon morphology of granulites from the Thelon Tectonic zone Healey Lake and Artillery Lake map areas, N. W. T. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 87-1A, pp. 783-801.

Van Breemen, O., Henderson, J. R., Jefferson, C. W., Johnston, R. M., et Stern, R. 1994. U-Pb age and Sm-Nd isotopic studies in Archean Hood River and Torp Lake supracrustal belts, northern Slave Province, Northwest Territories. Geological survey of Canada, Current Research, vol. 1994-F, pp. 23-26.

van Breemen, O., Henderson, J. R., Jefferson, C. W., Johnstone, R. M. and Stern, R. 1994. U-Pb age and Sm-Nd isotopic studies in Archean Hood River and Torp Lake supracrustal belts, Northern Slave province, NWT.

van Haafden, W. M. and White, S. H. 1998. Evidence for multiphase deformation in the Archean basal Warrawoona group in the Marble Bar area, East Pilbara, Western Australia. Prec. Res., vol. 88, pp. 53-66.

Van Reenen, D. D., Roering, C., Ashwal, L. D. et de Wit, M. J. 1992. Regional geological setting of the Limpopo Belt. Prec. Res., vol. 55, pp. 1-5.

Van Straaten, H. P. 1984. Gold mineralization in Tanzania - A review. In: Foster, R. P. eds. GOLD'82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Spec. Pap. 1. Geological Society of Zimbabwe.

Vanderhaeghe, O., Ledru, P., Thiéblemont, D., Egal, E., Cocherie, A., Tegye, M. and Milési, J. -P. 1998. Contrasting mechanism of crustal growth geodynamic evolution of the paleoproterozoic granite-greenstone belts of French Guiana. Prec. Res., vol. 92, pp.

Vasudev, V. N. 1982. Geological evolution of archaean and early proterozoic sulphide deposits of the dharwar craton, India. Precambrian of South India, vol. 4, pp. 243-259. Vearncombe and Associates Pty Ltd 2003. Geopatter: The quarterly newsletter of Vearncombe and Associates Issue 2003-2

Vearncombe, J. R. 1991. A possible Archean island arc in the Murchison belt, Kaapvaal craton, South Africa. Jour. Afri. Earth Sci., vol. 13, pp. 299-304.

Vearncombe, S and Kerrich, R. 1999. Geochemistry and geodynamic setting of volcanic and plutonic rocks associated with Early Archaean volcanogenic massive sulphide mineralization. Pilbara Craton. Prec. Res., vol. 98, pp. 243-270.

Vearncombe, S., Vearncombe, J. R. and Barley, M. E. 1998. Fault and stratigraphic controls on volcanogenic massive sulphide deposits in the Strelley belt, Pilbara craton, Western Australia. Prec. Res., vol. 88, pp. 67-82.

Verbeek, J. A. et Hunter, D. R 1993. Mafic to ultramafic sills of the early Archaean Zwartwater Suite, SE Transvaal. Jour. Afri. Earth Sci., vol. 17, pp. 51-64.

Verts, L. A., Chamberlain, K. R., et Frost, C. D. 1996. U-Pb sphene dating of metamorphism: the importance of sphene growth in the contact aureole of the Red Mountain pluton, Laramie Mountains, Wyoming. Contrib. Mineral. Petrol., vol. 125, pp.

Vielreicher, N. M., Ridley, J. R. and Groves, D. I. 2002. Marymia: an Archean, amphibolite-facies-hosted, orogenic lode-gold deposit overprinted by palaeoproterozoic orogenesis and base metal mineralisation, Western Australia. Mineralium Deposita, vol. 37, pp.

Viljoen, M. J., Bernasconi, A., Van Coller, N., Kinloch, E., et Viljoen, R. P. 1976. The geology of the Shangani nickel deposit, Rhodesia. Economic Geology, vol. 71, pp. 76-95.

- Viljoen, R.P., Viljoen, M.J., Grootenboer, J. and Longshaw, T.G. 1975. ERTS-1 imagery: An appraisal of application in geology and mineral exploration. In: Watson, K. and Regan, R.D. eds. Remote Sensing. Geophysic Reprint Series No.3. Soc. Explor. Geophys., pp.58-92.
- Villas, R. N. and Santos, M. D. 2001. Gold deposits of the Carajas mineral province: deposit types and metallogenesis. *Mineralium Deposita*, vol. 36, pp. 300-331.
- Vinyu, M. L., Hanson, R. E., Martin, M. W., Bowring, S. A., Jelsma, H. A., et Dirks, P. H. G. M. 2001. U-Pb zircon ages from a craton-margin Archaean orogenic belt in northern Zimbabwe. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 32, pp. 103-114.
- Voicu, G. 1999. Geology, geochemistry and metallogeny of the Omai gold deposit, Guiana Shield, South America. Ph. D. Thesis. UQAM.
- Voicu, G., Bardoux, M. et Stevenson, R. 2001. Lithostratigraphy, geochronology and gold metallogeny in the northern Guiana Shield, South America: a review. *Ore Geol. Rev.*, vol. 18, pp. 211-236.
- Voicu, G., Bardoux, M., Stevenson, R. et Jébrak, M. 2000. Nd and Sr isotope study of hydrothermal scheelite and host rocks at Omai, Guiana Shield: implications for ore fluid source and flow path during the formation of orogenic gold deposits. *Mineralium Deposita*, vol. 35, pp. 302-314.
- Walraven, F., Pape, J. and Borg, G. 1994. Implications of Pb-isotopic compositions at the Geita gold deposit, Sukumaland greenstone belt, Tanzania. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 19, pp. 103-114.
- Wang, Z., Wilde, S. A., Wang, K., et Yu, L. 2004. A MORB-arc basalt-adakite association in the 2.5 Ga Wutai greenstone belt: late Archean magmatism and crustal growth in the North China Craton. *Prec. Res.*, vol. 133, pp. 1-12. In press, pp.
- Weihed, P., Weihed, J. B. and Sorjonen-Ward, P. 2003. Structural Evolution of the Björkdal Gold Deposit, Skellefte District, Northern Sweden: Implications for Early Proterozoic Mesothermal Gold in the Late Stage of the Svecokarelian Orogen. *Economic Geology*, vol. 98, pp. 1291-1309.
- Weisberger, B. 2004. Origin and evolution of the Kilimafedha greenstone belt, Eastern Tanzania craton: Evidence from field geology and whole rock geochemistry. 2004 Denver Annual Meeting (November 7-10, 2004). In: Collaboration eds. Geological Society of America Abstracts with Programs, Vol. 36, No. 5, p. 224. Geol. Soc.
- Westonia Mines Limited 2003. Page Web: <http://www.lionselection.com.au/westcompany.shtml>
- Whalen, J. B., McNicoll, V. J., Galley, A. G., Longstaffe, F. J. 2004. Tectonic and metallogenic importance of an archaean composite high- and low-Al tonalite suite, Western Superior Province, Canada. *Prec. Res.*, vol. 133, pp. 1-12. In press, pp.
- Williams, D. A. C. 1979. The association of some nickel sulfide deposits with komatiitic volcanism in Rhodesia. *Can. Miner.*, vol. 17, pp. 337-349.
- Williams, D. A., Wilson, A. H. et Greesley, R. Komatiites from the Commondale greenstone belt, South Africa: A potential analog to ionian ultramafics? *Lunar and Planetary Science*.
- Williams, H., Hoffman, P.F., Lewry, J.F., Monger, J.W.H., Rivers, T. 1991. Anatomy of North America: thematic geologic portrayals of the continents. *Tectonophysics*, vol. 187, pp.117-134.
- Williams, H. R. 1978. The Archean of Sierra Leone. *Prec. Res.*, vol. 6, pp. 251-268.

- Williams, H. R. 1990. Subprovince accretion tectonics in the south-central Superior Province. *Can. Jour. Earth Sci.*, vol. 26, pp. 570-581.
- Williams, H. R., Scott, G. M., Heather, K. B., Muir, T. L. and Sage, R. P. 1991. Wawa subprovince. In: Thurston, P. C., Williams, H. R., Sutcliffe, R. H. and Scott, G. M. eds. *Geology of Ontario. Spec. Vol. 4, Part 1.* Ontario Geological Survey.
- Williams, M. C., Shive, P. N., Fountain, D. M., et Frost, B. R. 1985. Magnetic properties of exposed deep crustal rocks from the Superior Province of Manitoba. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 76, pp. 176-184.
- Wilson, A. H., Shirey, S. B. et Carlson, R. W. Earth's most depleted komatiites: hydrous melting and the Archean Kaapvaal mantle keel. Page Web: www.ciw.edu/Shirey/ftp/Publications/WilsonetalNature.pdf
<http://www.ciw.edu/Shirey/ftp/Publications/WilsonetalNature.pdf#>
- Wilson, A. H., Versfeld, J. A. 1994. The early Archaean Nondweni greenstone belt, southern Kaapvaal Craton, South Africa, Part I. Stratigraphy, sedimentology, mineralization and depositional environment. *Prec. Res.*, vol. 67, pp. 243-276.
- Wilson, J. F. and Nutt, T. H. C. 1990. The nature and occurrence of mineralisation in the early precambrian crust of Zimbabwe. In: Naqvi, S. M. eds. *Precambrian continental crust and its economic resources. Devlp. In Precambrian Geology No. 8.* Elsevier.
- Windley, B. F. 1995. *The Evolving Continents*, 3rd edn. John Wiley and Sons, Chichester, 526 pp.
- Windley, B. M. 1993. Uniformitarianism today: plate tectonics is the key to the past. *J. Geol. Soc. London*, 150, pp. 7-19.
- Woakes, M. and Bafor, B. E. 1986. Primary gold mineralization in Nigeria. In: Foster, R. P. eds. *GOLD'82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Spec. Pap. 1.* Geological Society of Zimbabwe.
- Wood, J. 1980. Epiclastic sedimentation and stratigraphy in the North Spirit Lake and Rainy Lake areas: a comparison. *Prec. Res.*, vol. 12, pp. 227-255.
- Wood, J. 1980. Epiclastic sedimentation and stratigraphy in the north spirit lake and rainy lake areas: a comparison. *Prec. Res.*, vol. 12, pp. 227-255.
- Wyche, S., Nelson, D. R., Riganti, A. 2004. 4350–3130 Ma detrital zircons in the Southern Cross Granite–Greenstone Terrane, Western Australia: implications for the early evolution of the Yilgarn Craton. *Austr. Jour. Earth Sci.*, vol. 51, pp. 31-46.
- Xavier, R. P. et Foster, R. P. 1999. Fluid evolution and chemical controls in the Fazenda Maria Preta (FMP) gold deposit, Rio Itapicuru greenstone belt, Bahia, Brazil. *Chemical Geology*, vol. 154, pp. 133-154.
- Zeggars, T. E., Barley, M. E., Groves I. D., McNoughton, N. J. and White, S. H. 2002. Oldest gold: Deformation and hydrothermal alteration in the Early Archean shear zone-hosted Bamboo creek deposit, Pilbara, Western Australia. *Economic Geology*, vol.
- Zucchetti, M., Lobato, L. M., et Baltazar, O. F. 2000. Volcanic and volcanoclastic features in archean rocks and their tectonic environments, Rio Das Velhas greenstone belt, Quadrilatero Ferrifero, MG- Brazil. *Revista Brasileira de Geociencias*, vol. 30, pp.

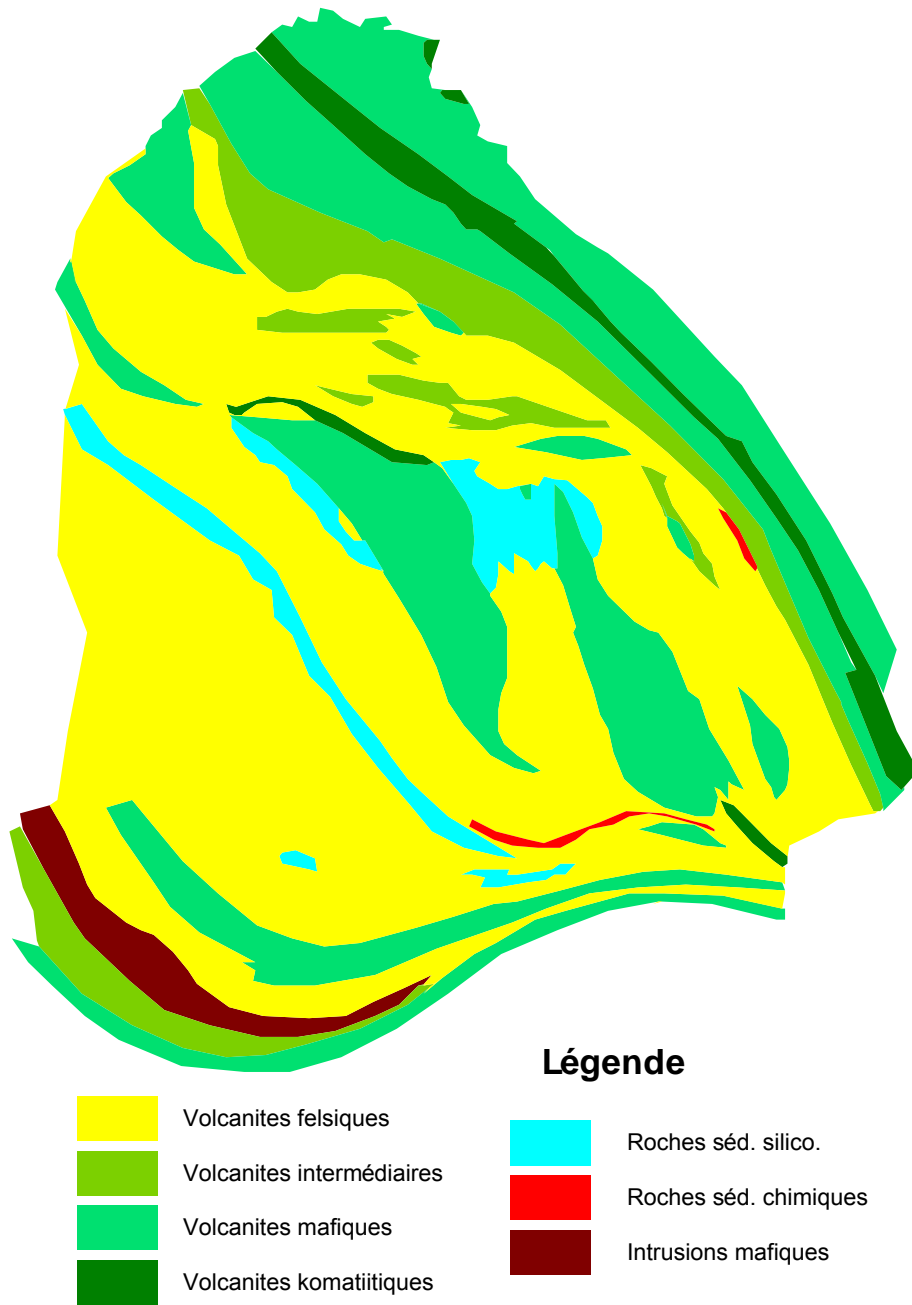


Figure 1 : Ceinture de Hisovaara. [Retour au texte](#)

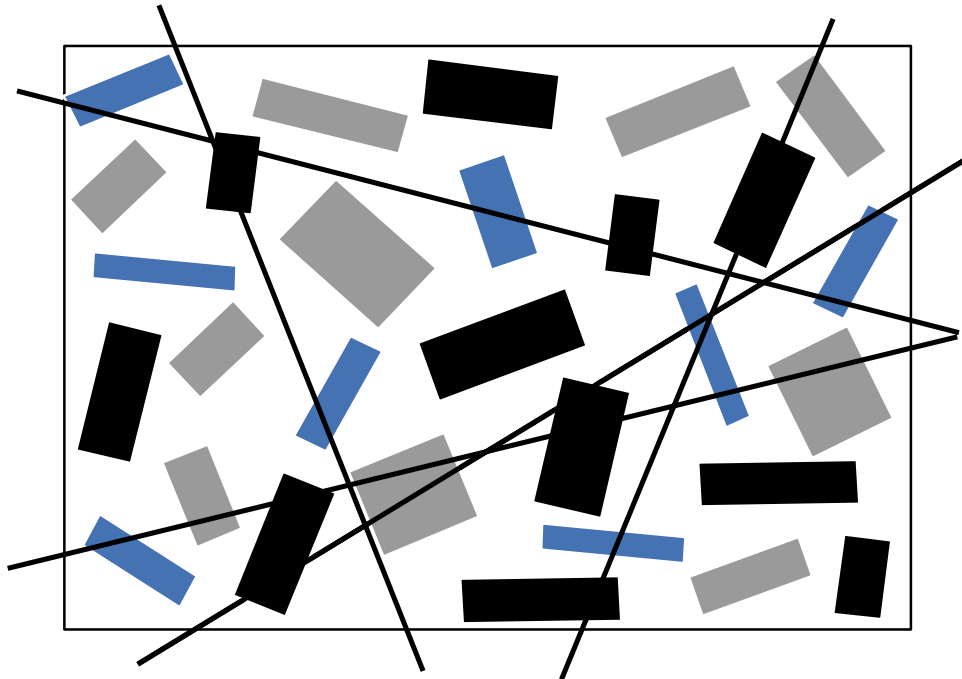


Figure 2 : Section schématique d'une lame mince montrant que les proportions minéralogiques sont indépendantes de la coupe utilisée. [Retour au texte](#)

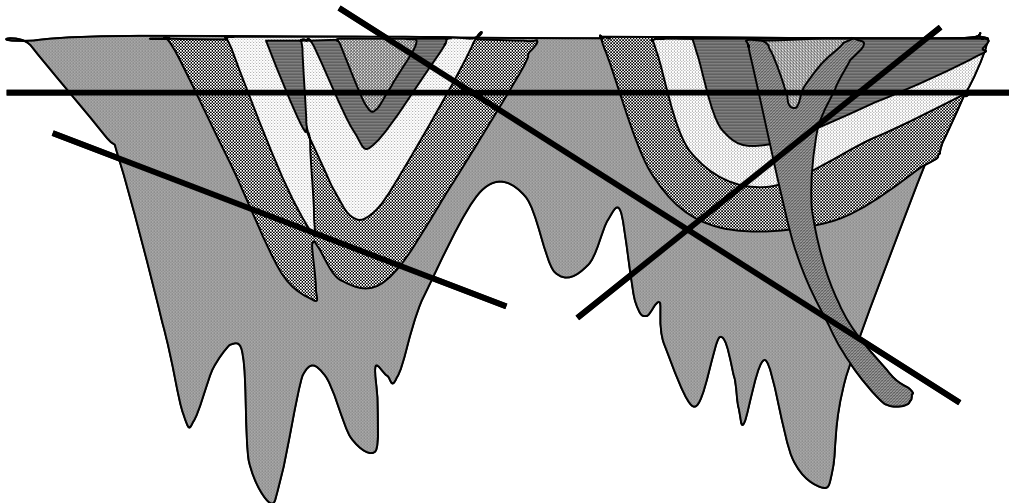


Figure 3 : Section schématique d'une ceinture de roches vertes montrant que les proportions lithologiques sont dépendantes de la coupe (érosion, déformation). [Retour au texte](#)

Classe Morphologique







1.		Ovoïde			
2.		Croissant			
3.		Linéaire			
4.		Oeillée			
5.		Selle			
6.		Flamme			
7.	<input type="checkbox"/> Amiboïde	8.	<input type="checkbox"/> Septa Multiple	9.	<input type="checkbox"/> Autre

Figure 4 : Formulaire de la classification morphologique. [Retour au texte](#) ; [Retour section 5.3](#)

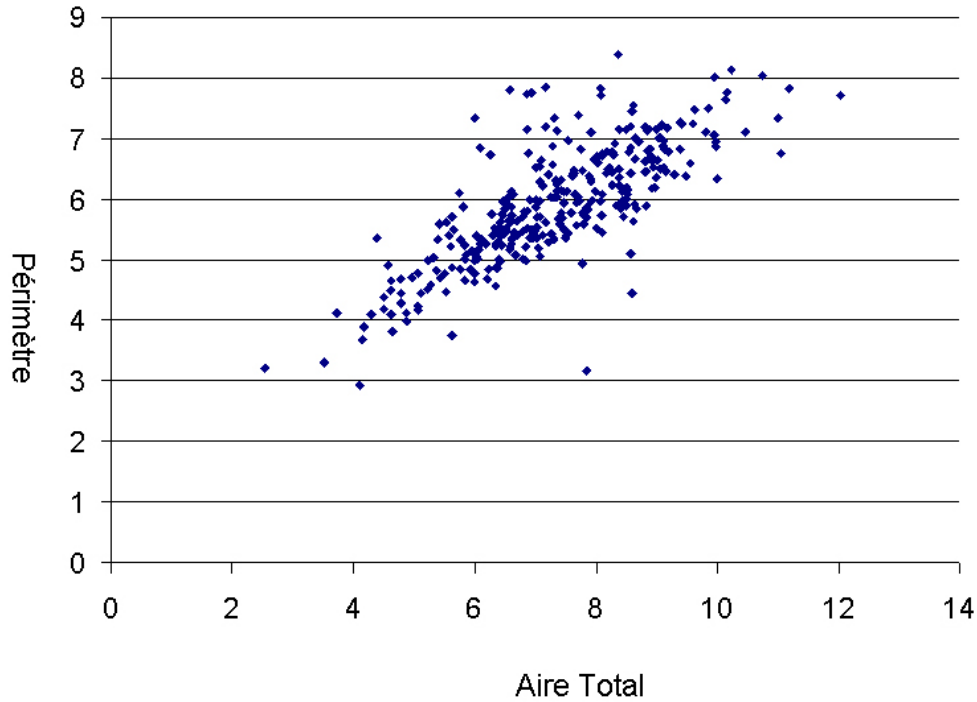


Figure 5 : Relation linéaire entre la superficie et le périmètre des ceintures. La majorité des points montrent une relation linéaire indiquant une uniformité permettant la comparaison. Les points en deçà de la suite principale indiquent une faible définition, alors que les points au delà de la suite principale indiquent une plus forte définition. N=314. [Retour au texte](#)

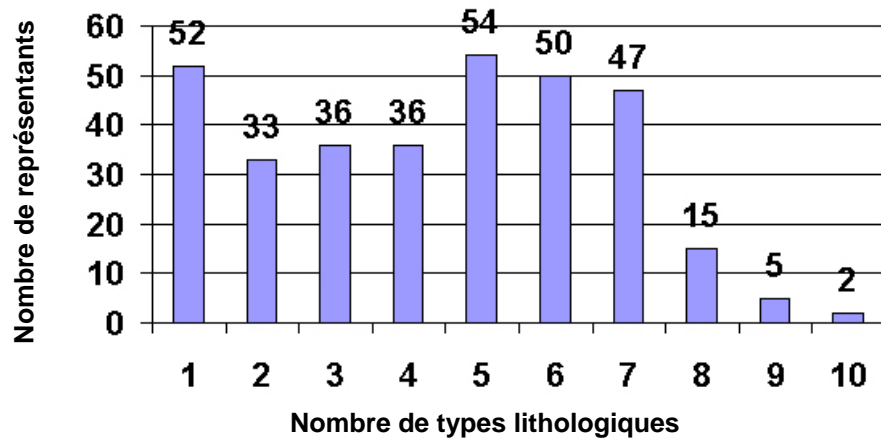


Figure 6 : Histogramme du nombre de types lithologiques dans les ceintures de roches vertes. [Retour au texte](#)

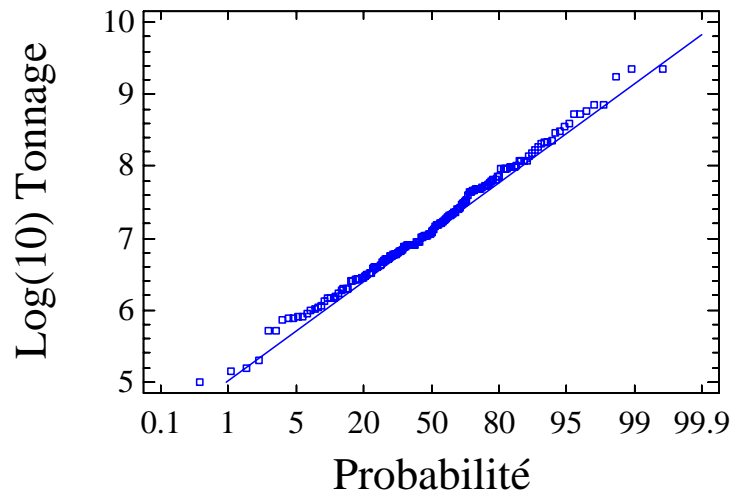


Figure 7 : Diagramme Log-Probabilité de la distribution des tonnages des dépôts documentés. [Retour au texte](#)

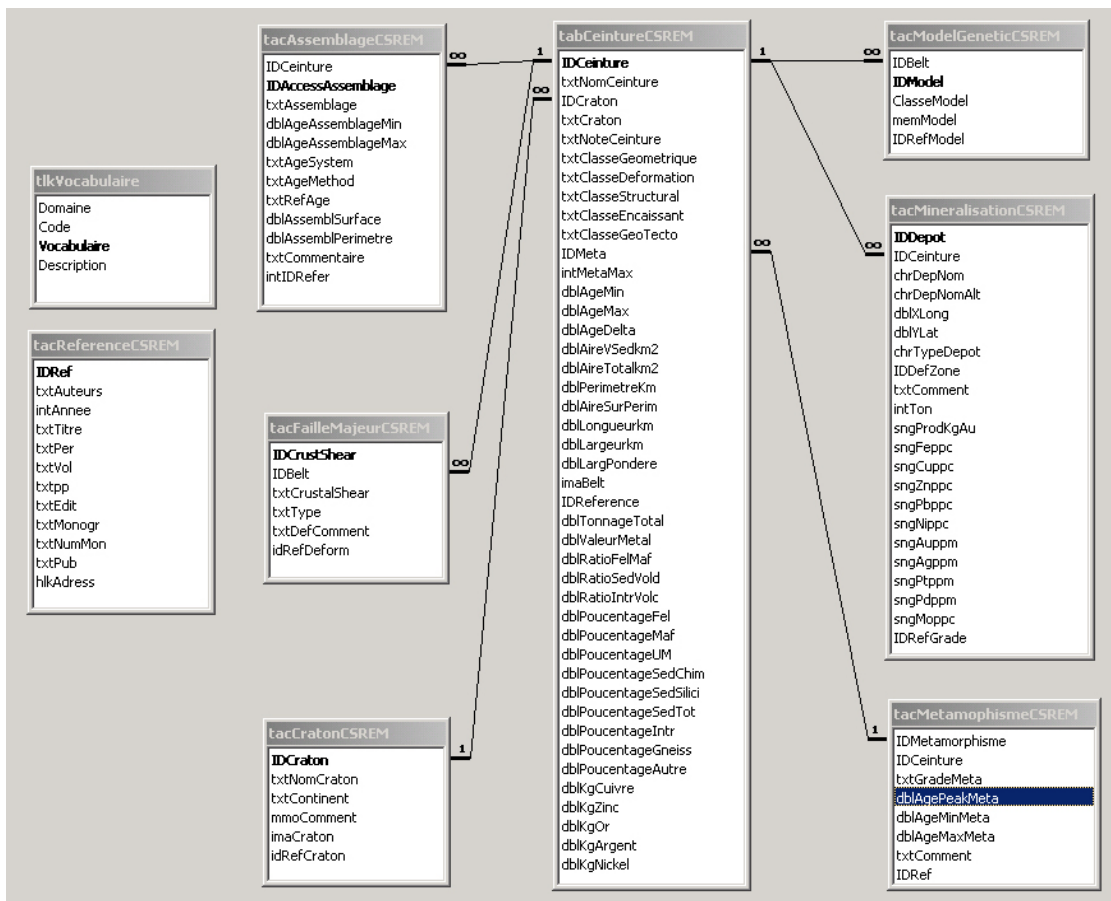


Figure 8 : Structure de la base de données. [Retour au texte](#)

frmEntreeDonnees : Form

Nom Ceinture: **Ashanti** [Recherche / "Nom"]

Enregistrement: Courant (ID): 85

Boulier (Province): Leo Rise

Boulier

Largeur Est., Pond. (km): 20 37.1

Longueur (km): 270

Age - Min (Ma): 2 050 } +/- 50 Ma

Age - Max (Ma): 2 250

Périmètre (km): 885.4

Aire Total (km2): 10 016.8 +/- 100 Km2

Aire V-Sed (km2): 10 016.8

Périm.Réel / Périm.Cercle: 2.50 Note Ceinture:

Production cumulative de 35,000,000 oz Au.
140 sites d'exploitation artisanale..

Référence: John, T., Klemb, R., Hirdes, W. and Loh, G.

Assemblages Lithologiques | Métamorphisme | Failles Crustales | Modèle Génétique | Classification

IDCe	IDAcce	txtAssemblage	dblAgeA	dblAgeA	txtAgeS	txtAg	txtRefAg	c
▶	85	344	Sédiment siliciclastique	2155				
	85	345	Intrusion felsique	2105				
	85	1575	Intrusion mafique					
	85	1630	Volc. Mafique					
	85	1631	Volc. Felsique	2166				
	85	1632	Sédiment chimique					
*	85		(umber)					

Record: 1 of 6

Carte Géologique:

Proportion des assemblages Lithologiques:

% Felsique:	0.00%	% Ultra-Mafique:	0.00%
% Mafique:	0.00%	% Intrusion:	61.90%
% Sed.Chim.:	0.00%	% Gneiss:	0.00%
% Sed.Silici.:	38.10%	% Autre:	0.00%
% Séd.Tot.:	38.10%	Total:	100%

Contenu Métal:

Cuivre (kg):	0
Zinc (kg):	0
Or (kg):	2 701 156
Argent (kg):	0
Nickel (kg):	0

Méta (Max.,Min.): 5 3

Ratio:

Ratio Felsique/Mafique:	
Ratio Sédiment/Volc.:	
Ratio Volc./Intrusif:	
Tonnage Total:	538 821 410
Valeur Métal:	23 373 176 095

Géochimie (Nb. Échant.):

Minéralisation [Rechercher un dépôt par son "Nom"]

chrDepNom	dblXLong	dblYLat	chrTypeDepot	txtComment	sngProdKg	intTon	sngFej	sngCuj	sngZnj	sngPbj	sngNipj
▶	Abosso-Damang	-1.8468	5.4559	Fillonien Au		0.00	0.00	0	0	0	0
	Ashanti (Obuasi)	-1.659	6.211	Fillonien Au		788 000.00	0.00	0	0	0	0
	Ayanfuri	-1.919	5.881	Fillonien Au		0.00	0.00	0	0	0	0
	Bogosu			Fillonien Au							
	Iduapriem	-2.0333	5	Paléo Placer Au		0.00	25 208 014	0.00	0	0	0

10 tonnes = Indice 100 tonnes = Gite (sub économique)

tmpNNFertile: 1 tmpNNSterile: 0

Record: 1 of 1 (Filtered)

Figure 9 : Formulaire principal de la base de données. [Retour au texte](#)

Paramètre X

Critères de sélection

Sélectionner les ceintures ayant les caractéristiques suivantes:

<input type="checkbox"/>	Toutes les ceintures	n'est pas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Classification Structurale:	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Classe de Déformation:	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Type d'encaissant:	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Type Géométrique:	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Modèle génétique:	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Age (ma):	@	Entre:	<input type="text" value="1 800"/>	et: <input type="text" value="2 500"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Superficie (km2):	@	entre:	<input type="text"/>	et: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Bouclier:	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Dimension (Longueur):	@	entre:	<input type="text"/>	et: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Dimension (Largeur):	@	entre:	<input type="text"/>	et: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Lithologie:	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Minéralisation (Type):	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Cuivre (kg):	@	de:	<input type="text"/>	à: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Zn (kg):	@	de:	<input type="text"/>	à: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Ni (kg):	@	de:	<input type="text"/>	à: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Or (kg):	@	de:	<input type="text"/>	à: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Métamorphisme (max.):	@	comme:	<input type="text"/>	ou: <input type="text"/>

Faire le graphique suivant:

<input type="radio"/> Histogramme <input type="radio"/> Pointes de Tarte <input type="radio"/> 2D - XY <input type="radio"/> 2D - Histogr. <input checked="" type="radio"/> 2D - Bulles <input type="radio"/> 3D - XYZ <input type="radio"/> 3D - Bulles	Axe des X: <input type="text" value="Aire V-Séd"/> Axe des Y: <input type="text" value="% Séd.Total"/> Axe des Z: <input type="text"/> Bulles: <input type="text" value="Au kg"/>	Échelle Log <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
--	--	--

Figure 10 : Formulaire de génération de requêtes SQL. [Retour au texte](#)

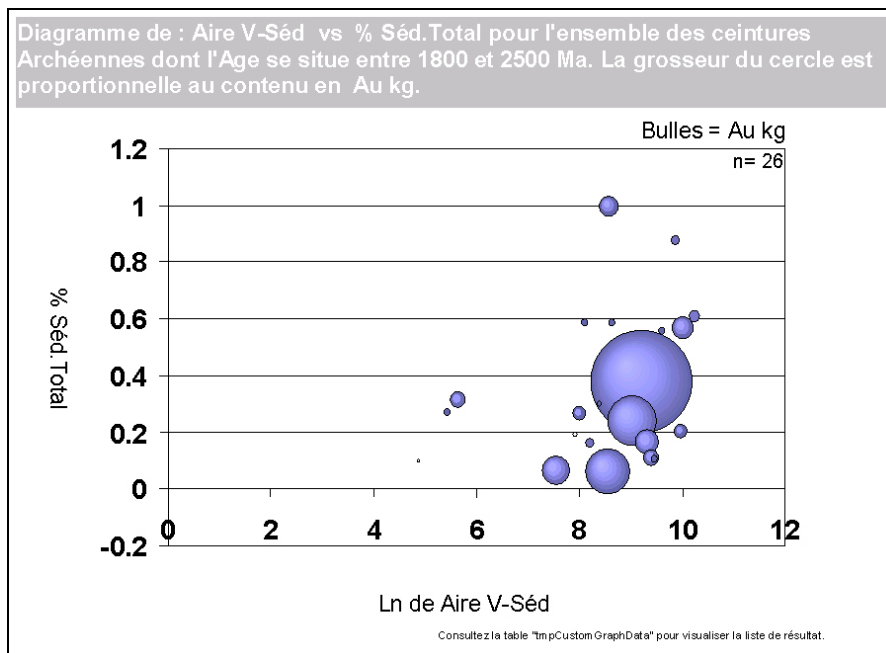


Figure 11 : Exemple d'un résultat de requête SQL. [Retour au texte](#)

IDCeinture	txtNomCeinture	X	Y	Dimension
85	Ashanti	9.21201596738	0.381	2701156
321	La Ronge / Bridgema	9.01581464634	0.244	647467
158	Flin Flon	8.55818925079	0.064	520547.892272
159	Lynn Lake	7.53570238629	0.069	203010
86	Sefwi	9.30520408849	0.17	144884
57	Kéniéba	10.0051434646	0.57	129113
355	Moto	8.57853285165	1	114800
74	Crixas	5.63250127265	0.318	67617
95	Sirba	9.39486034382	0.113	61369
103	Almas-Dianapolis	7.98963502282	0.269	52500
215	Paramaca-Bonidoro-C	9.97400146665	0.207	46419
92	Téhini-Poura (Borom	10.2351579215	0.613	33629
94	Tera-Gassa	8.19704302216	0.166	21360
91	Boundiali	9.85314065228	0.879	19280
211	Inini	9.45835369092	0.109	16430
220	Kuusamo-Salla	8.10026766284	0.589	13862
75	Guarinos	5.42375988224	0.274	13000
90	Yaouré	9.59459682479	0.559	12500
219	Lapland-Kittila	8.63107707971	0.591	12000
46	Rankin Inlet	7.90472605385	0.194	7411
227	Uusimaa	8.39241650711	0.302	4817
193	Itabira	4.86506987743	0.1	3001
239	Kiruna	9.45197196140	0.009	1035
221	Perapohja	8.44981758288	0.754	782
291	Cape Smith	9.54865163084	0.081	435
461	Sudbury	7.17594102722	0.24	267
*				

Figure 12 : Fichier des résultats associés à la requête étudiée aux figures 10 et 11, voir texte. [Retour au texte](#)

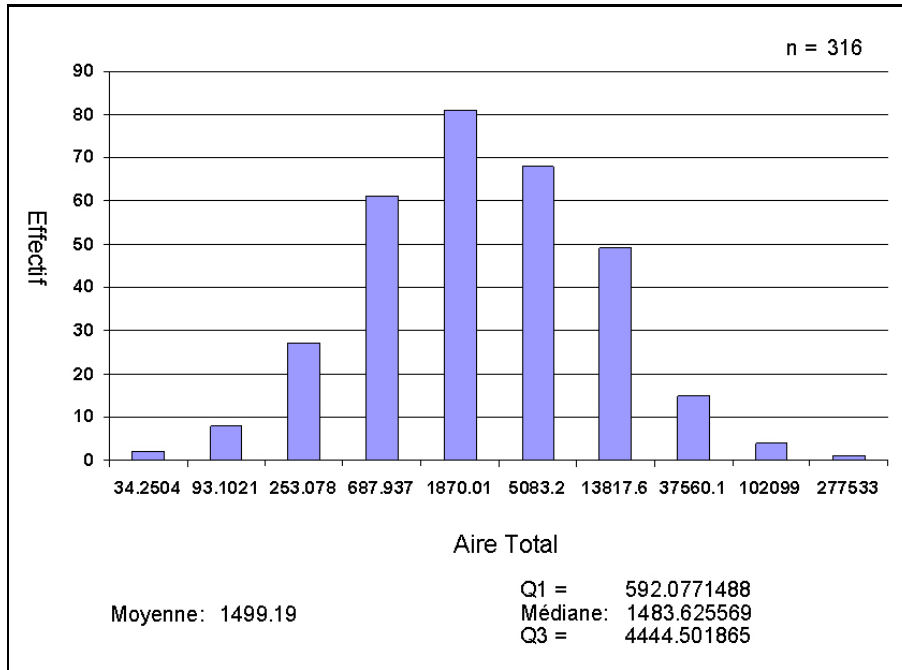


Figure 13 : Distribution de la superficie (km²) des ceintures (échelle log). [Retour au texte](#)

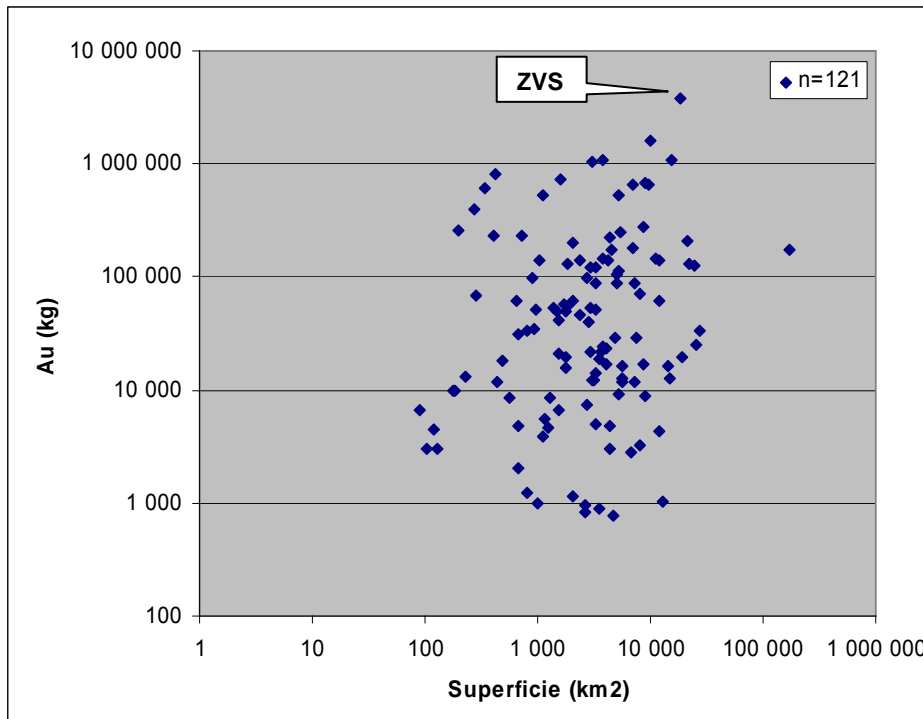


Figure 14 : Relation entre la superficie d'une ceinture et la productivité en or. À noter qu'à titre de référence, la Zone Volcanique Sud (ZVS) de la ceinture d'Abitibi est incluse. Pour les besoins de cette comparaison, la superficie de la ZVS a été établie en utilisant les limites structurales de Destor-Porcupine et Cadillac-Larder Lake ; sa productivité inclue les camps de Val-d'Or, Bousquet, Noranda, Kirkland Lake et Timmins. [Retour au texte](#)

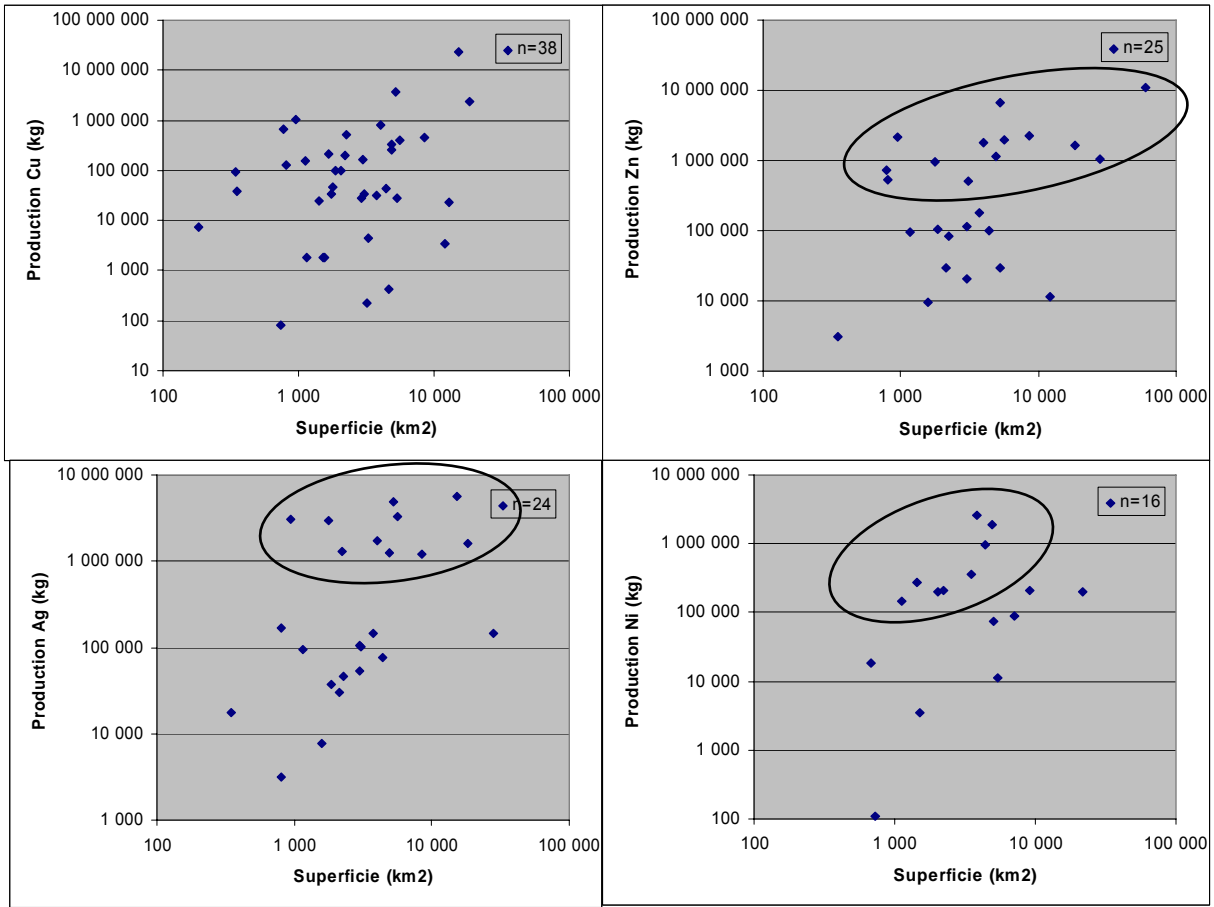


Figure 15 : Relation entre les métaux et la superficie. Les ellipses circonscrivent les populations anormales.

[Retour au texte](#)

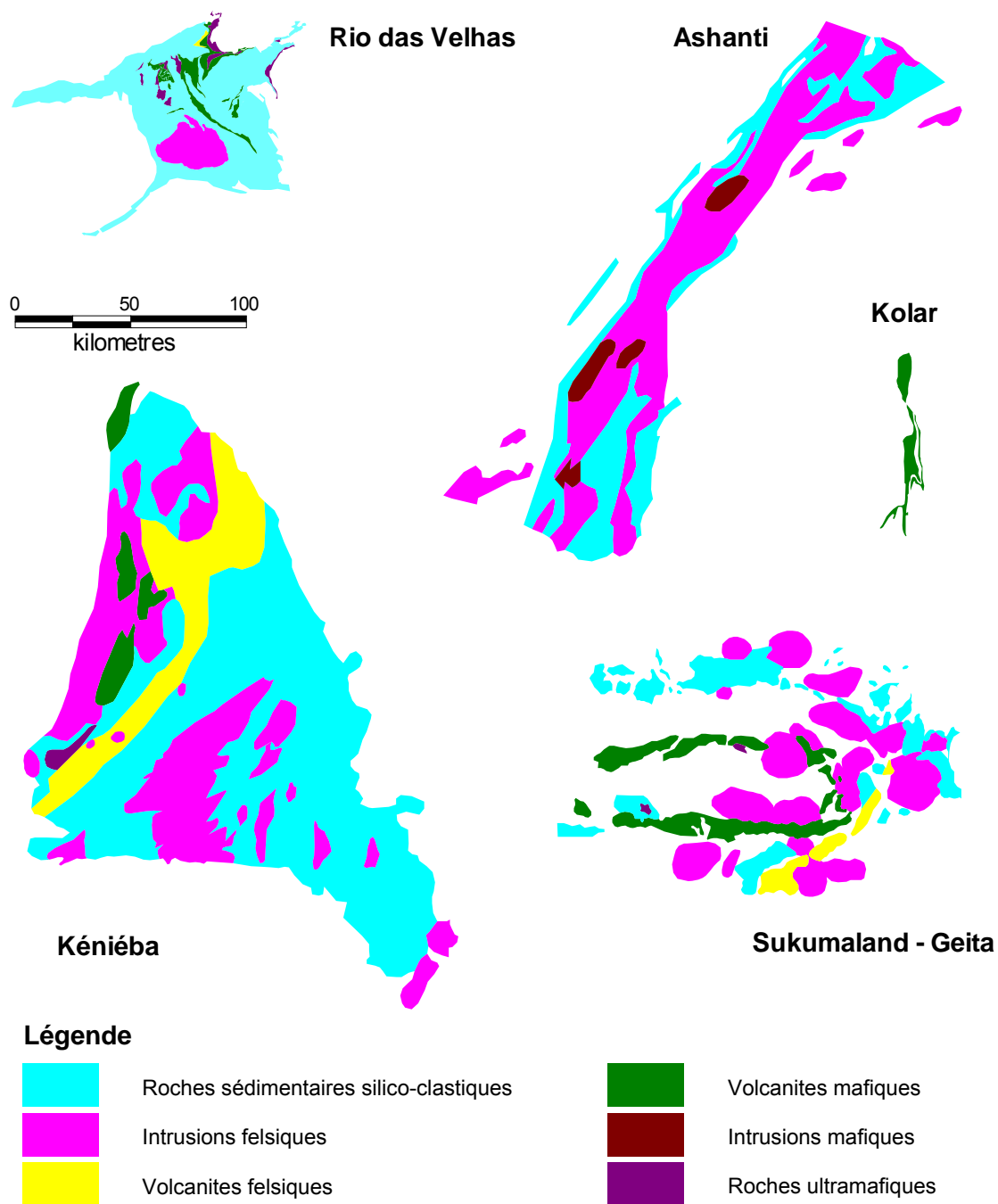


Figure 16 : Géologie comparative des ceintures à production aurifère. [Retour au texte](#)

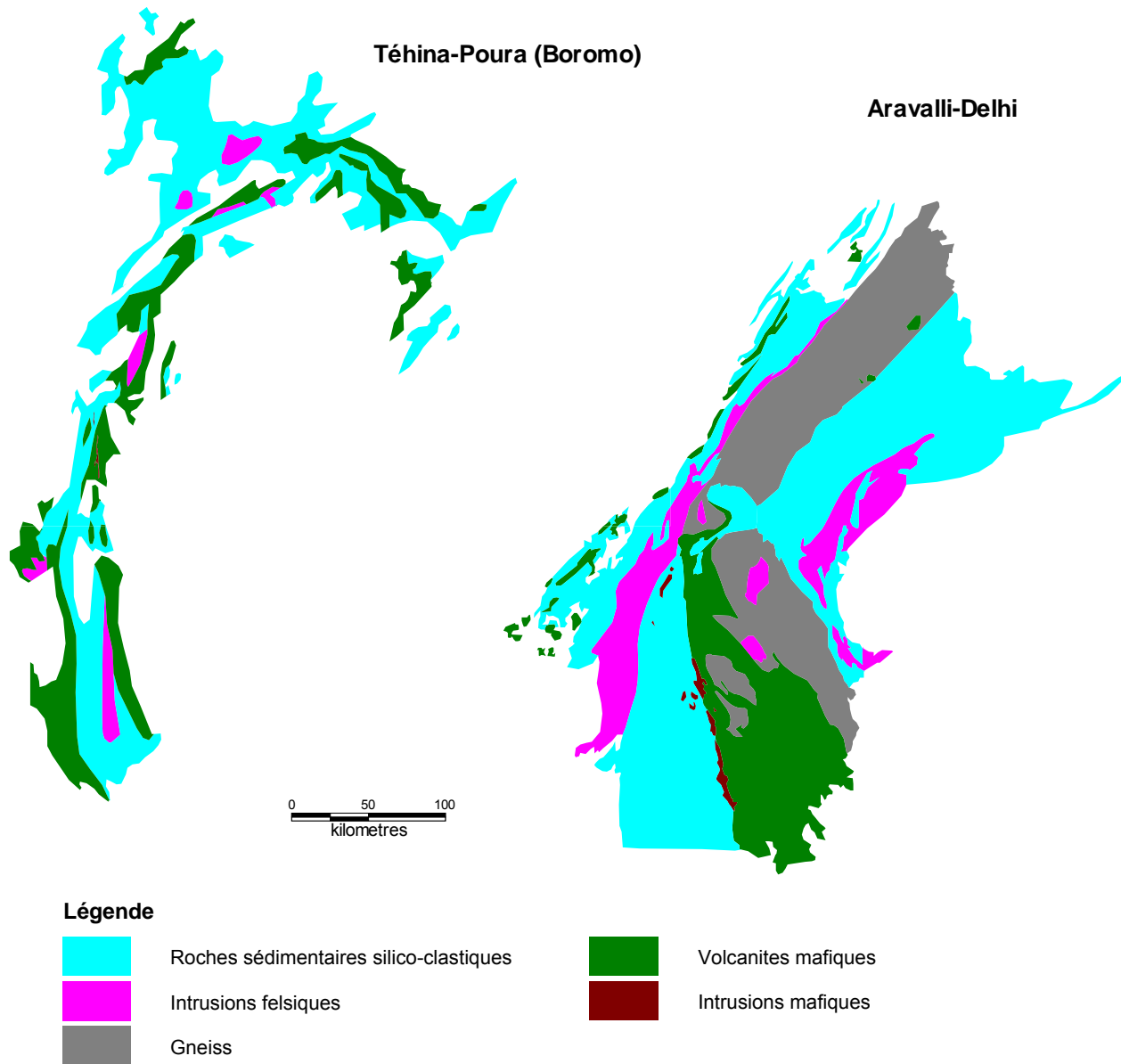


Figure 17 : Géologie comparative des ceintures à production zincifère. [Retour au texte](#)

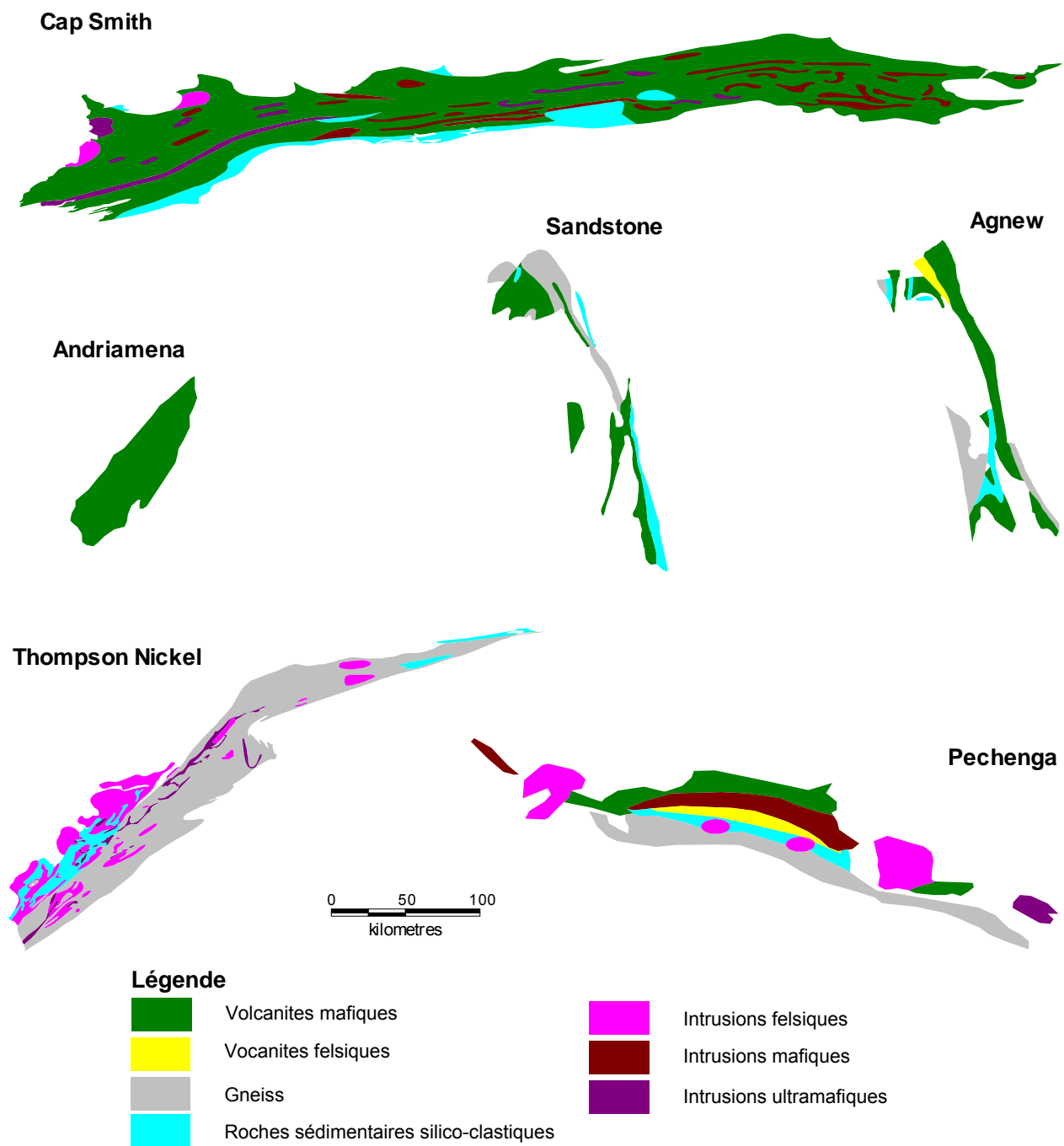


Figure 18 : Géologie comparative des ceintures à production de Ni-Cu. Note : la géologie de la ceinture d'Andriamena est incomplète mais contient des filons-couches UM et des roches sédimentaires. [Retour au texte](#)

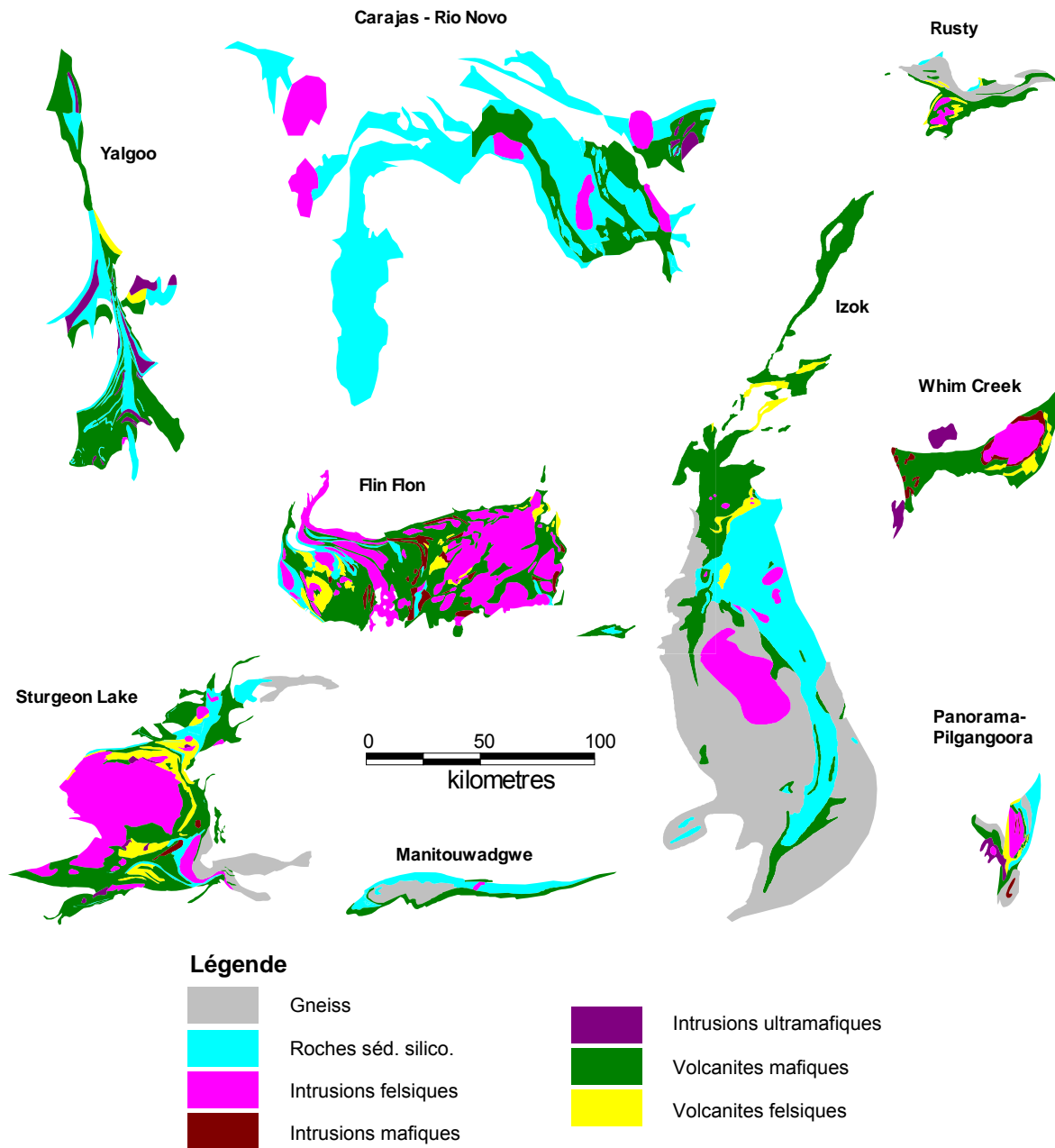


Figure 19 : Géologie comparative des ceintures à production polymétallique. [Retour au texte](#)

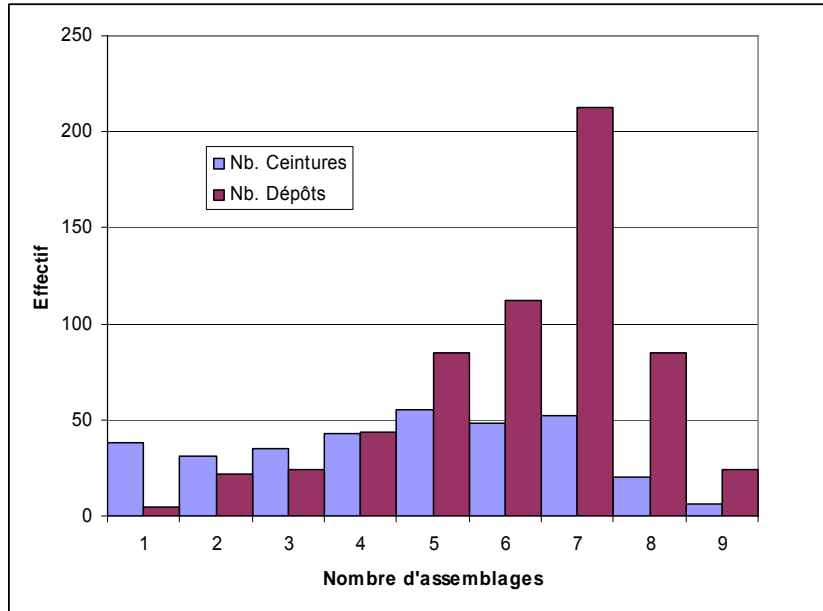


Figure 20 : Histogramme de la répartition des ceintures et des dépôts (mines) en fonction du nombre de lithologies par ceinture. [Retour au texte](#)

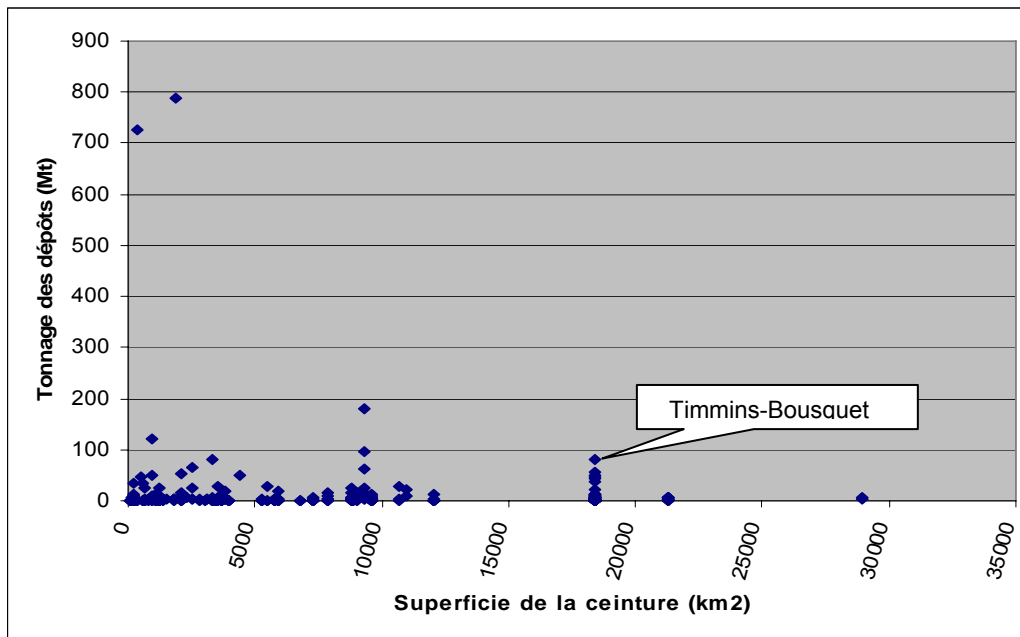


Figure 21 : Variation du tonnage des dépôts en fonction de la superficie des ceintures. Le point Timmins-Bousquet représente la valeur agglomérée de 86 dépôts circonscrits entre les zones de déformation de Destor-Porcupine et de Cadillac-Larder Lake (diffère de la ZVS de la figure 14, par l'exclusion du secteur de Val d'Or). [Retour au texte](#)

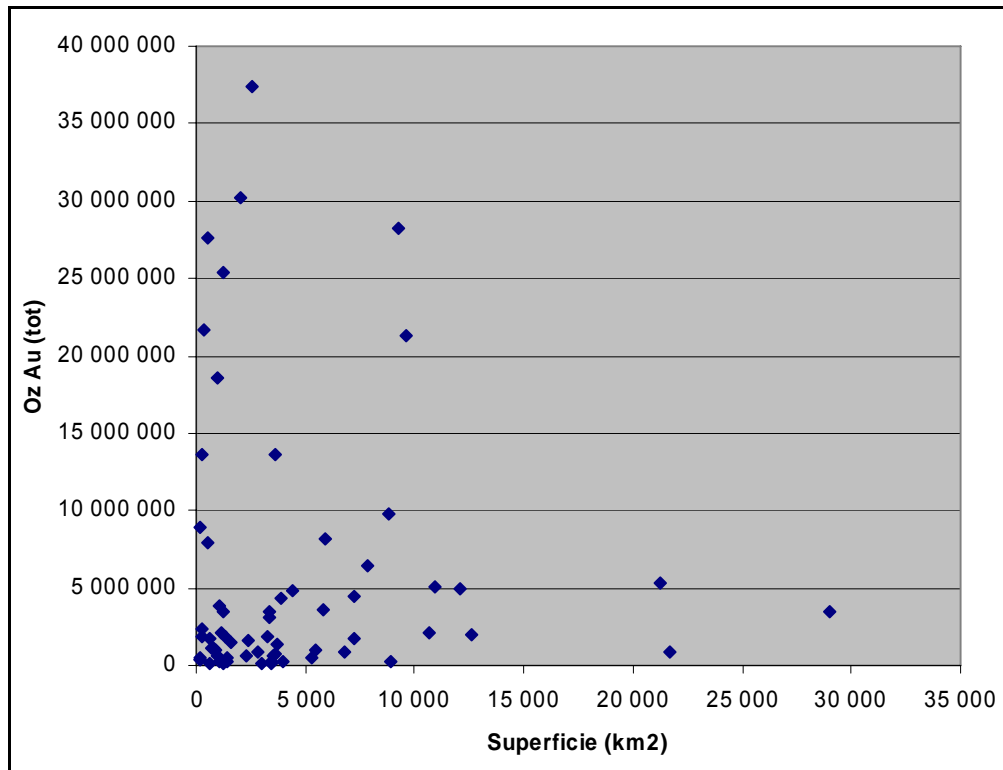


Figure 22 : Variation du contenu aurifère des ceintures en fonction de leur superficie. [Retour au texte](#)

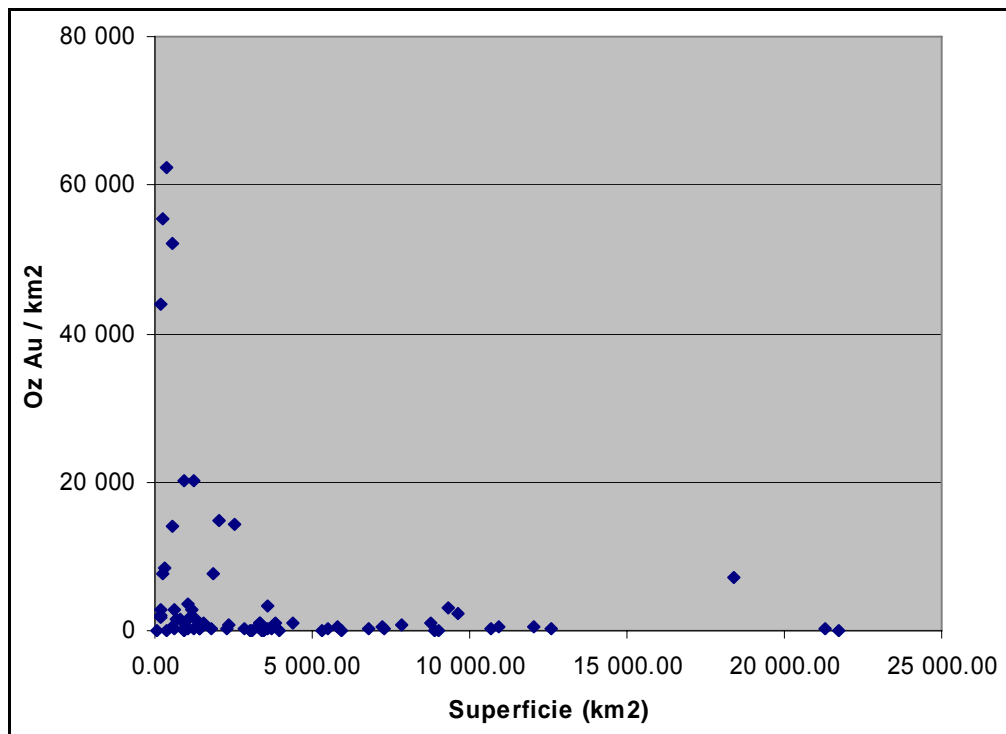


Figure 23 : Variation du degré de productivité des petites ceintures. [Retour au texte](#)

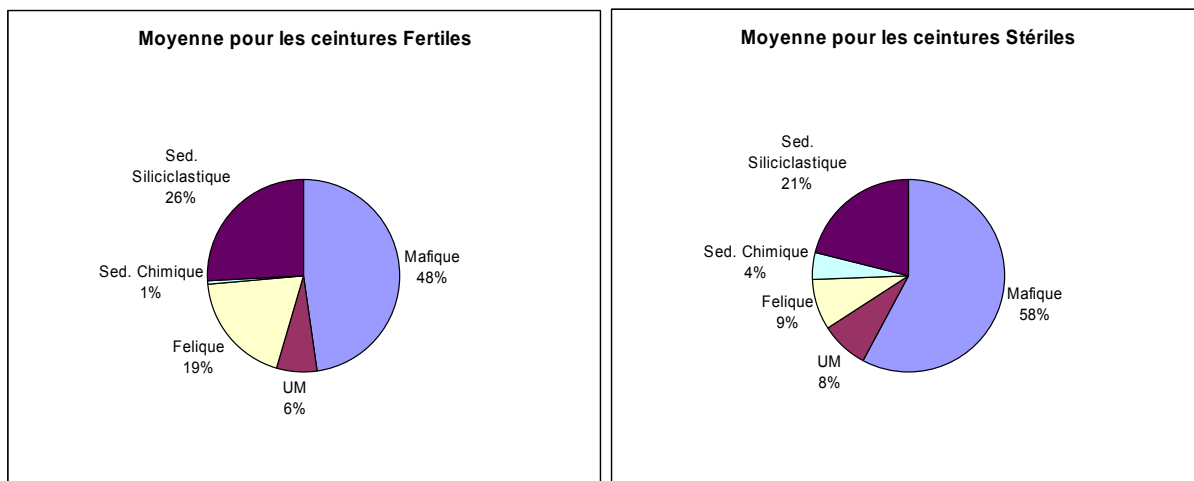


Figure 24 : Répartition des lithologies en fonction des groupes « a priori » fertiles (n=16) et stériles (n=4). [Retour au texte](#)

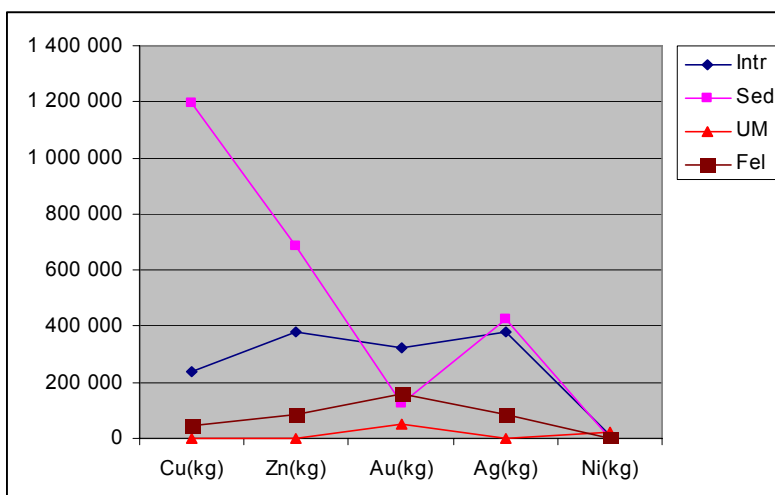


Figure 25 : Contenu en métaux en fonction du type lithologique. La relation Ni-UM peut sembler douteuse ce qui est causée par l'effet d'échelle. [Retour au texte](#)

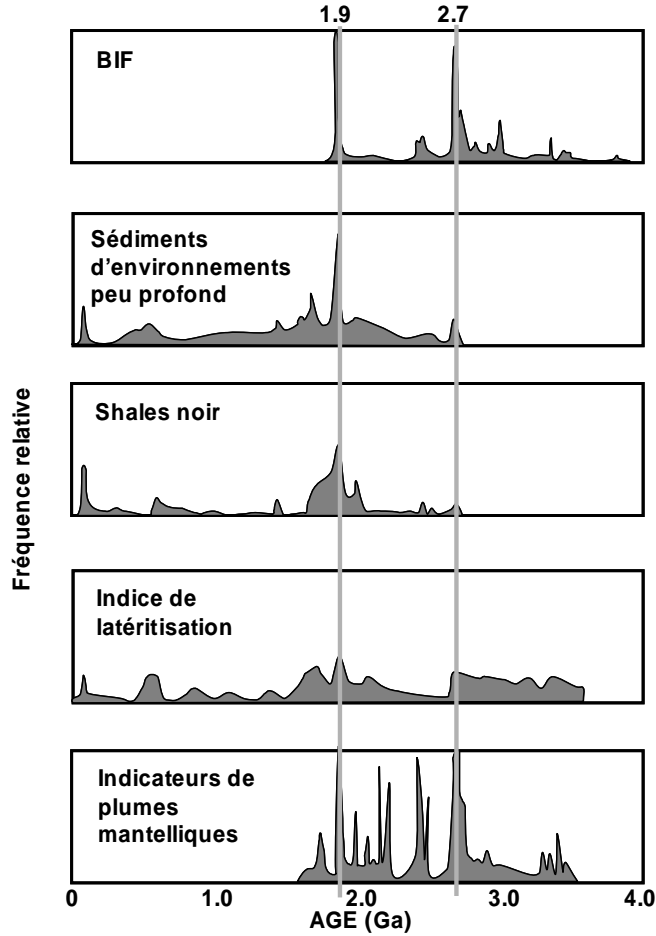


Figure 26 : Influence des panaches mantelliques sur la stratigraphie d'une ceinture (Modifiée de Condie, 2001, 2004). [Retour au texte](#)

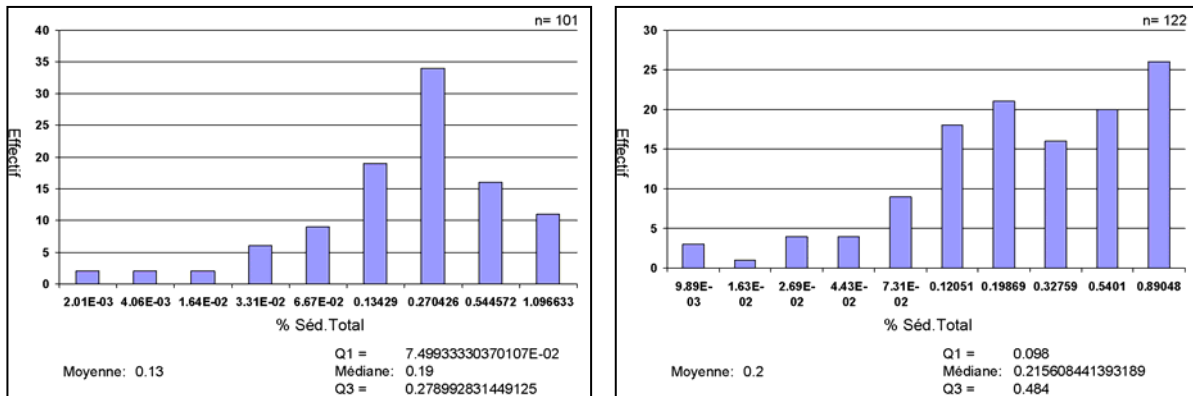


Figure 27 : Distribution des superficies de roches sédimentaires pour les ceintures avec UM et les ceintures sans UM. [Retour au texte](#)

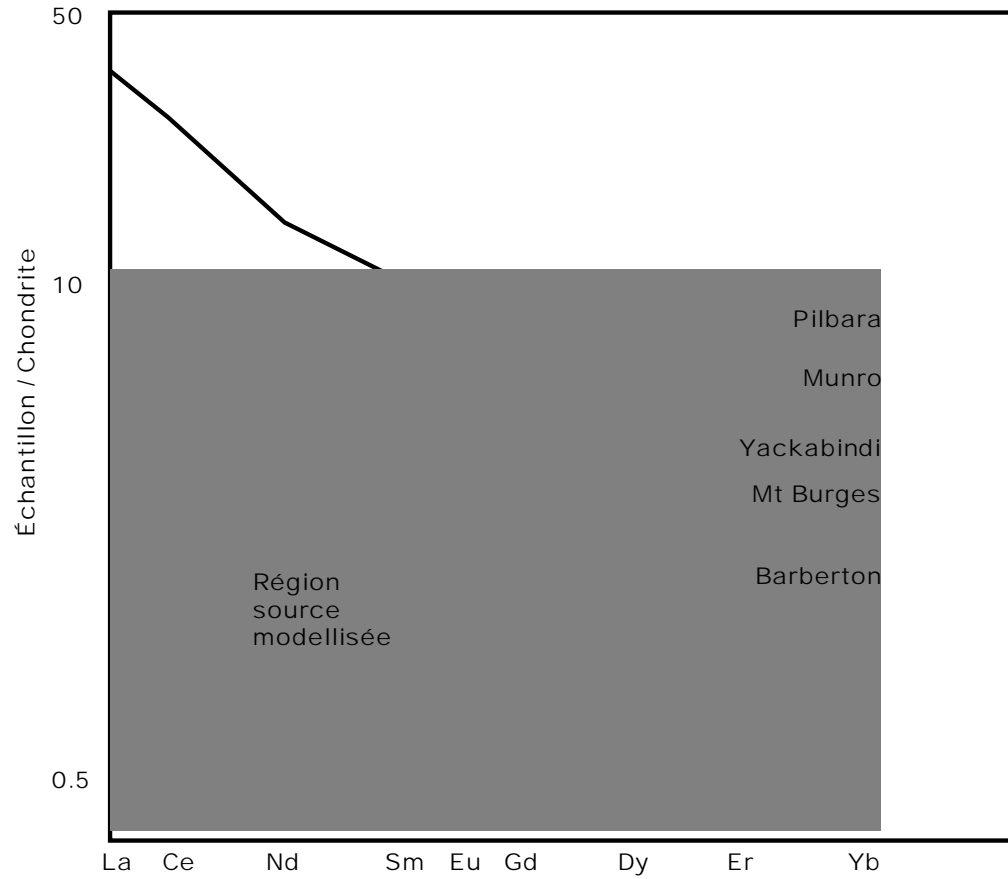


Figure 28 : Graphique mettant en relief l'éventail de signatures ETR des roches UM (Green, 1981). [Retour au texte](#)

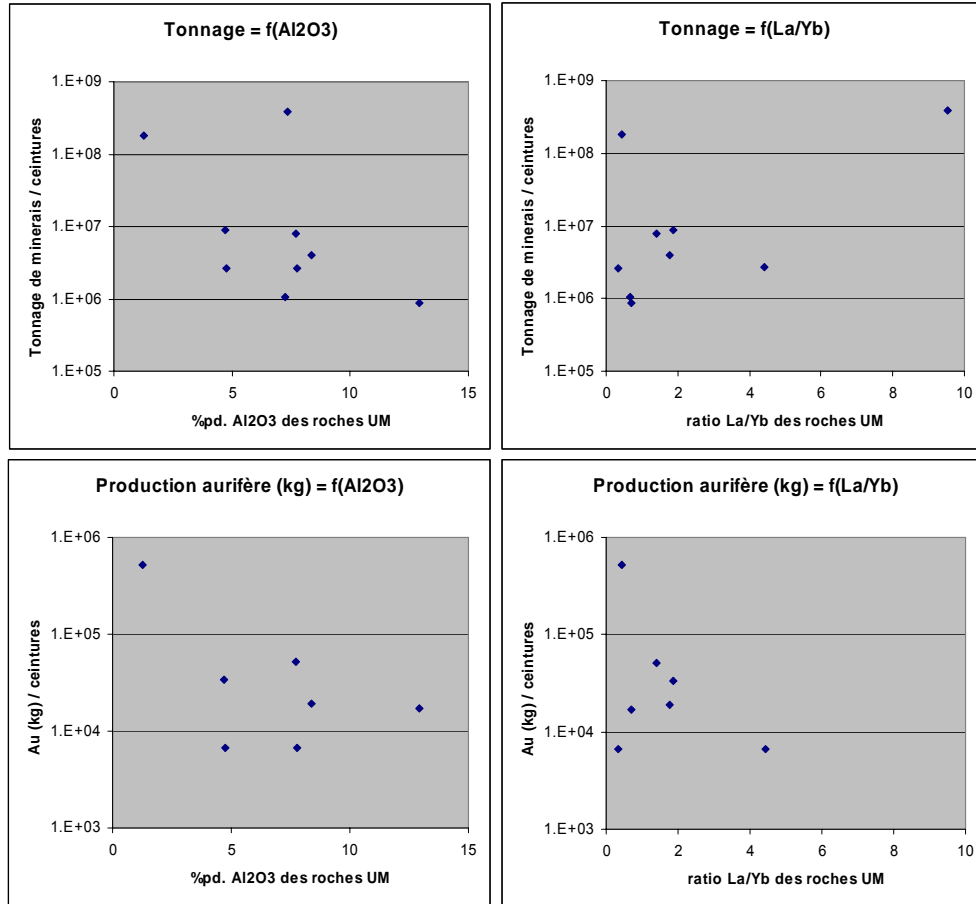


Figure 29 : Relation entre la géochimie des roches UM et la productivité minérale. [Retour au texte](#)

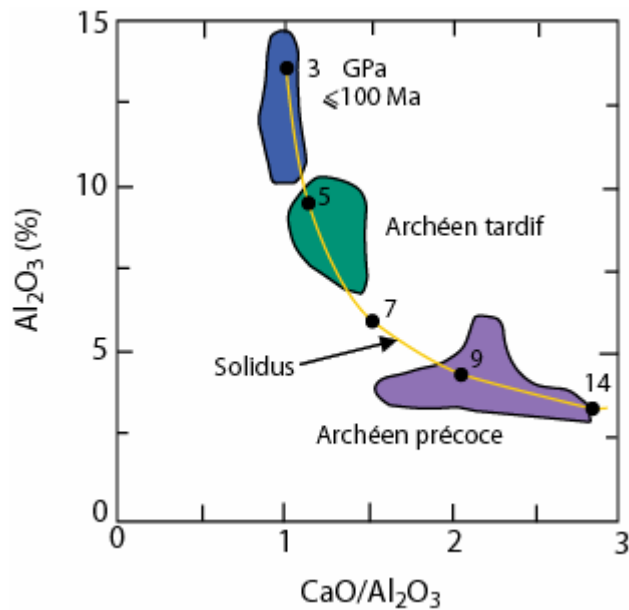


Figure 30 : Variation de la composition de roches UM en fonction du temps et du solidus mantellique (Herzberg, 1995). [Retour au texte](#)

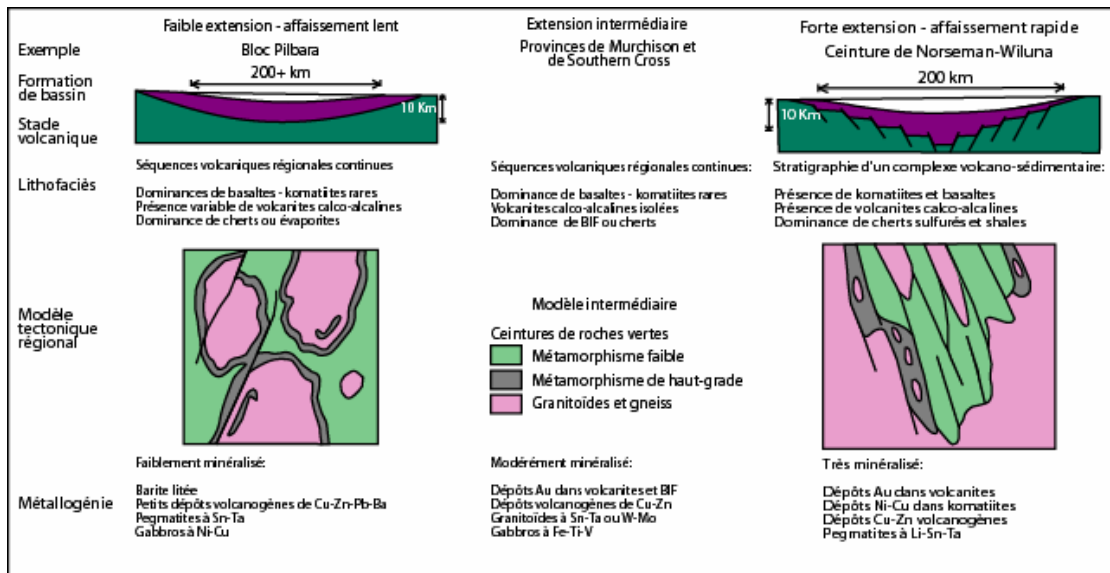


Figure 31 : Lithostratigraphie, modèle de développement et héritage géométrique (modifié de Groves, 1982). Voir texte pour explications. [Retour au texte](#)

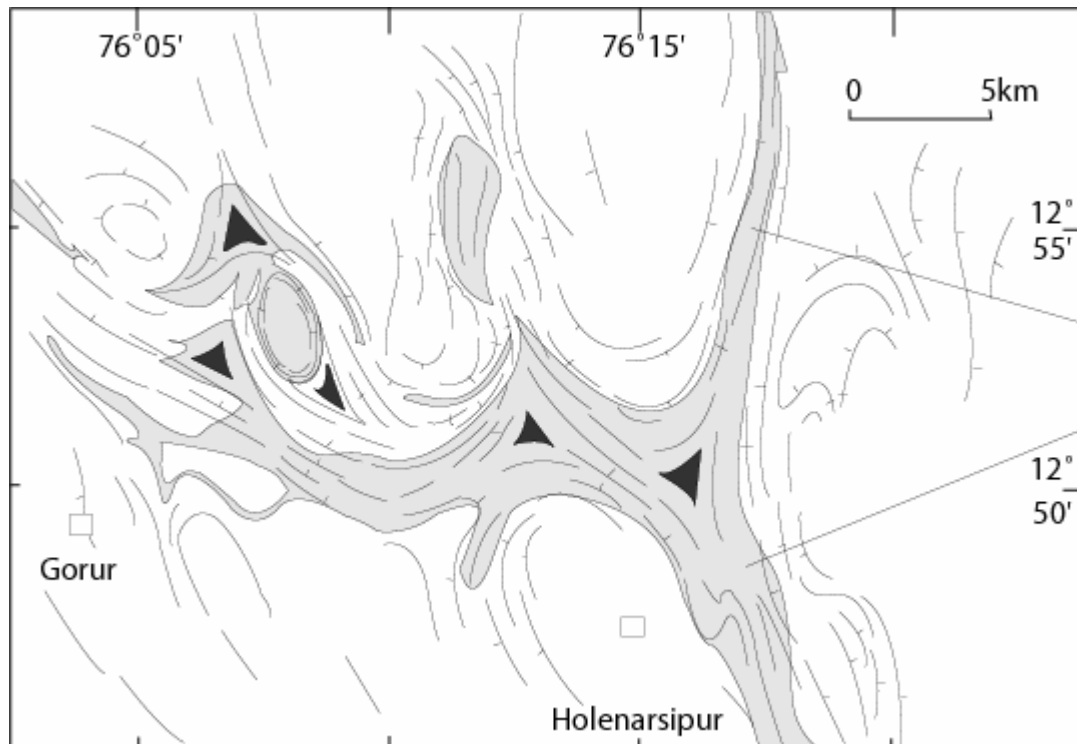
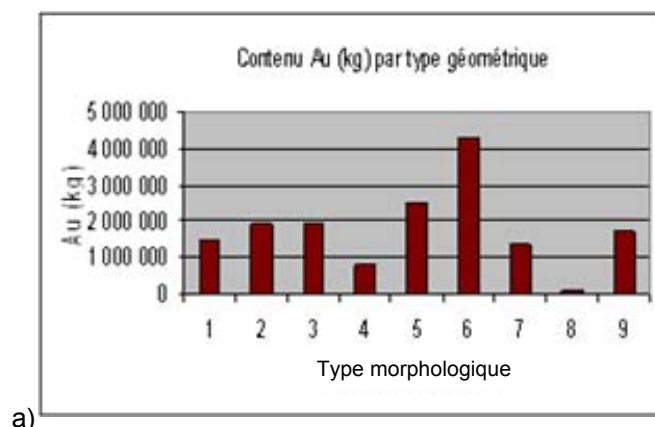
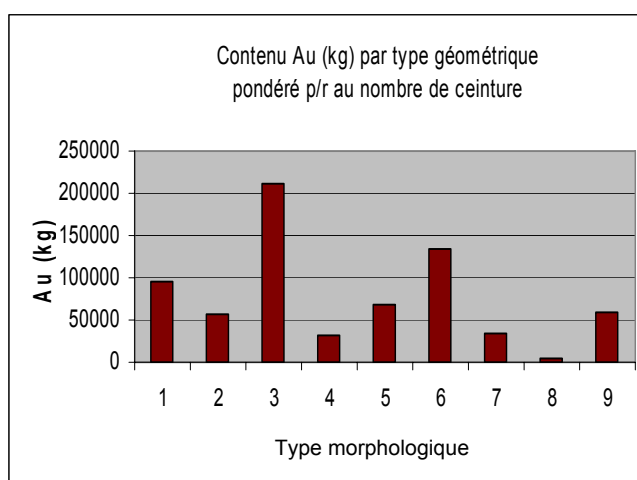


Figure 32 : Ceinture de Holenarsipur (Dharwar) dont la géométrie est interprétée par un processus de formation diapirique (modifié de Bouhallier et al., 1995). [Retour au texte](#)



a)



b)

Figure 33 : a) Variation du contenu aurifère en fonction du type morphologique. b) idem, mais pondéré par rapport au nombre de ceintures. [Retour au texte](#)

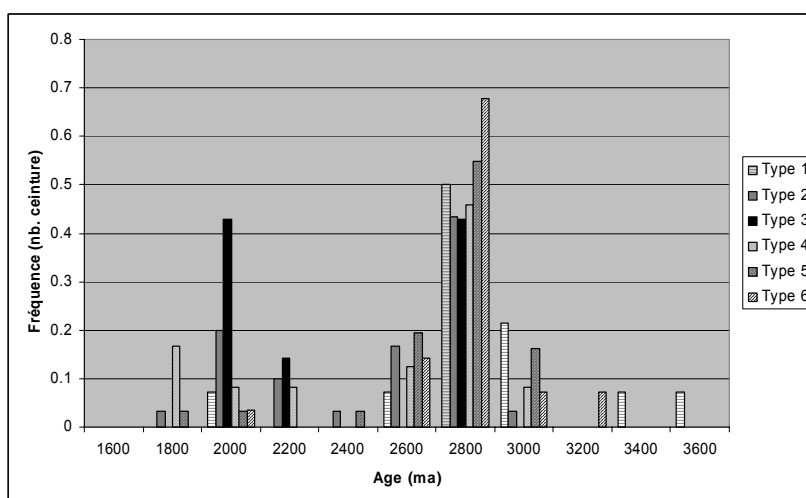


Figure 34 : Distribution des types morphologiques en fonction du temps. [Retour au texte](#)

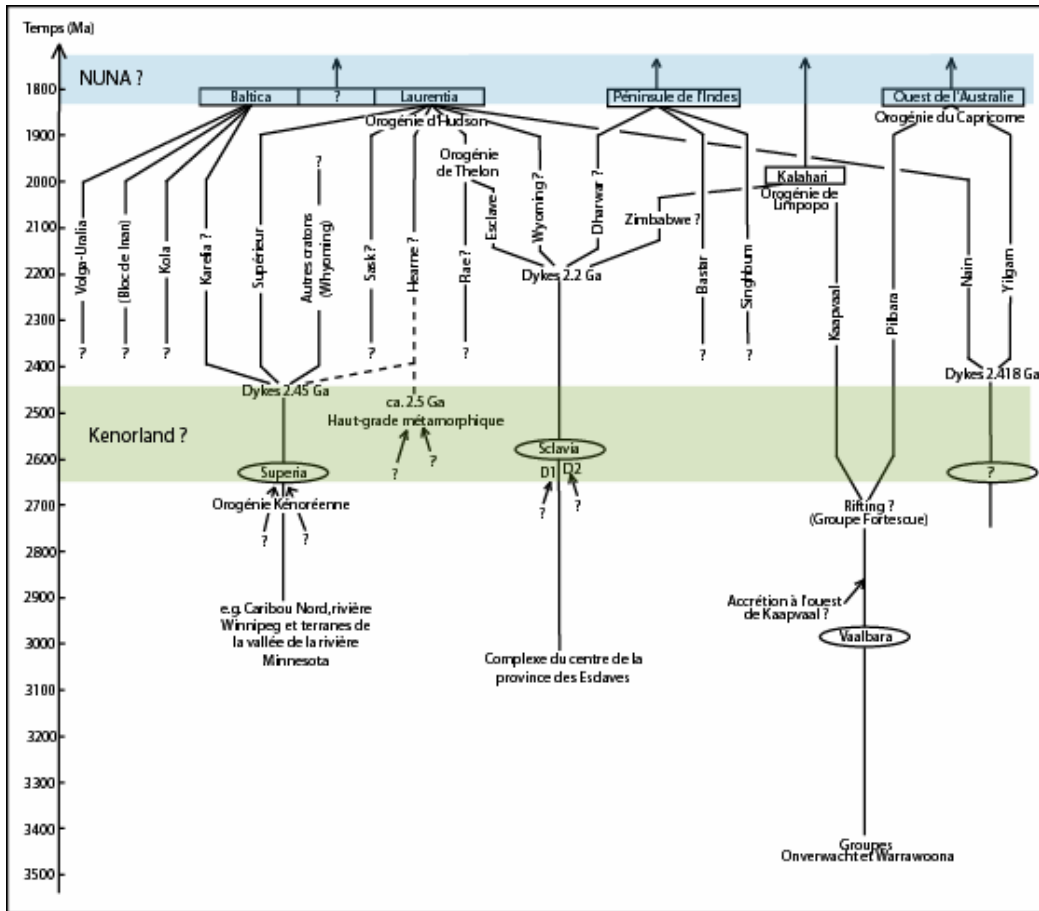


Figure 35 : Association phylogénétique des cratons archéens selon Bleeker (2003). [Retour au texte](#)

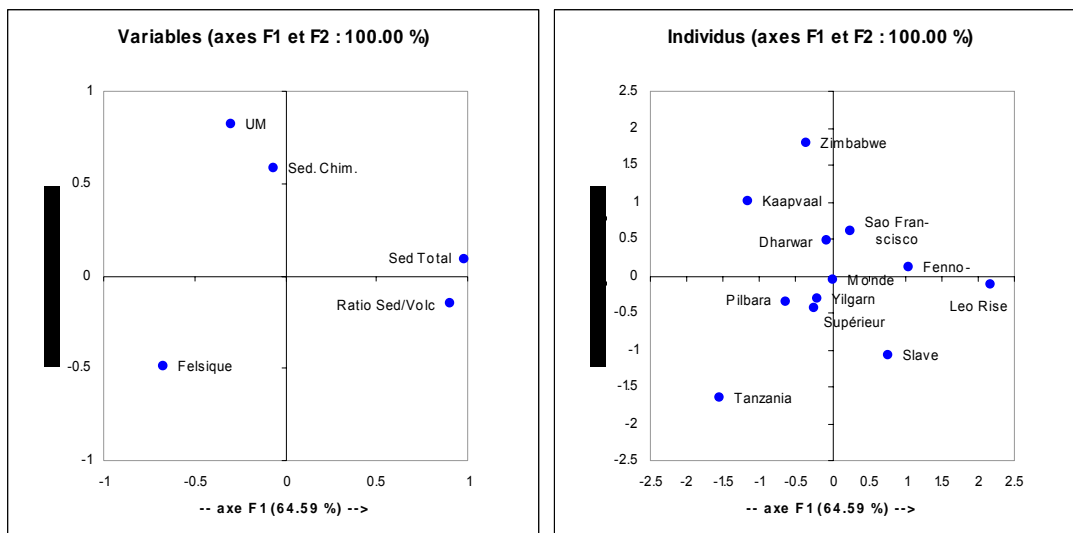


Figure 36 : Analyse factorielle des associations lithologiques par craton. Extraction de deux facteurs en utilisant cinq lithologies. Données provenant du tableau 12. [Retour au texte](#)

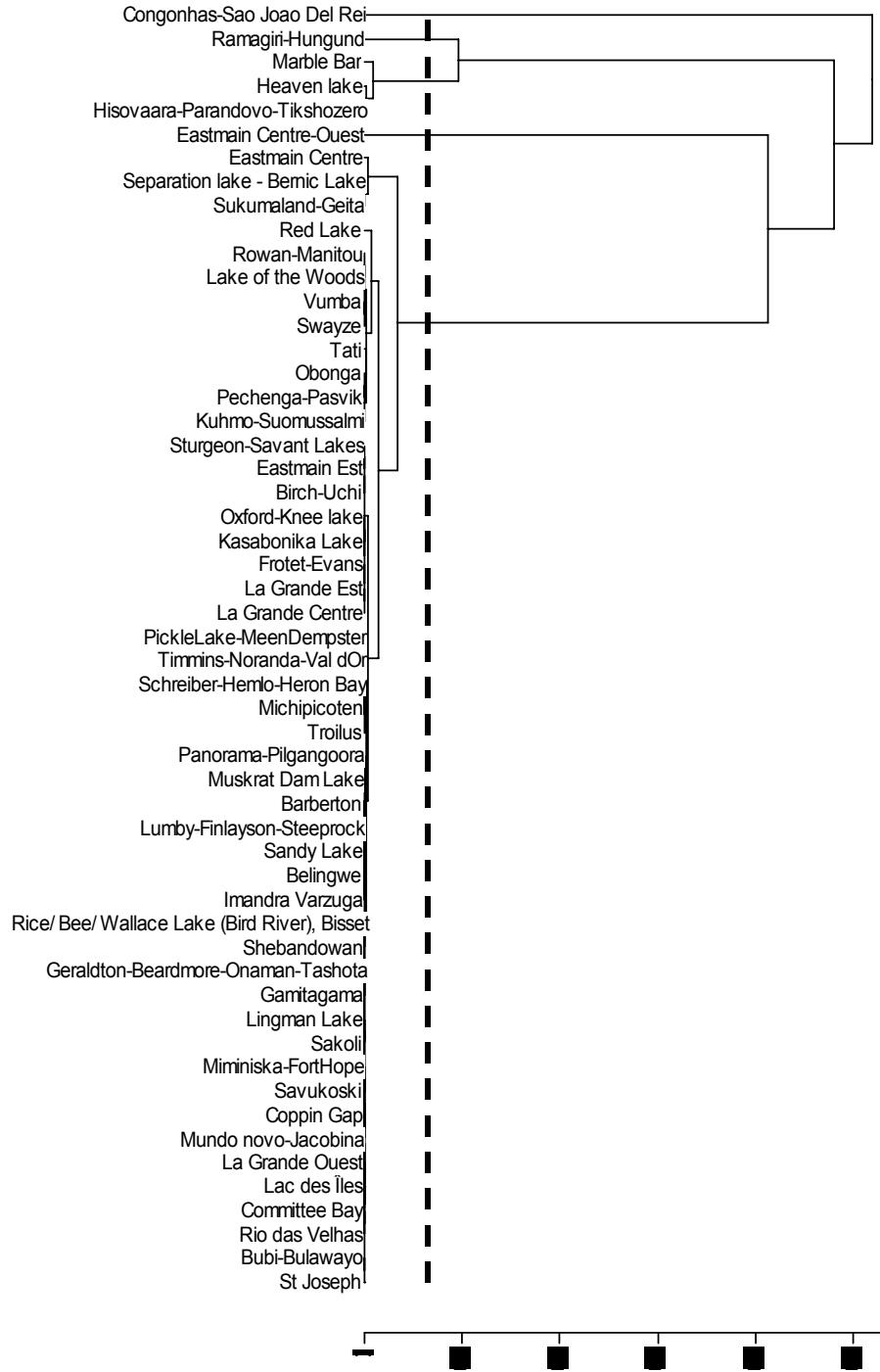


Figure 37 : Dendrogramme de CAH en utilisant les ratios interlithologiques. Premier test. Voir texte. [Retour au texte](#)

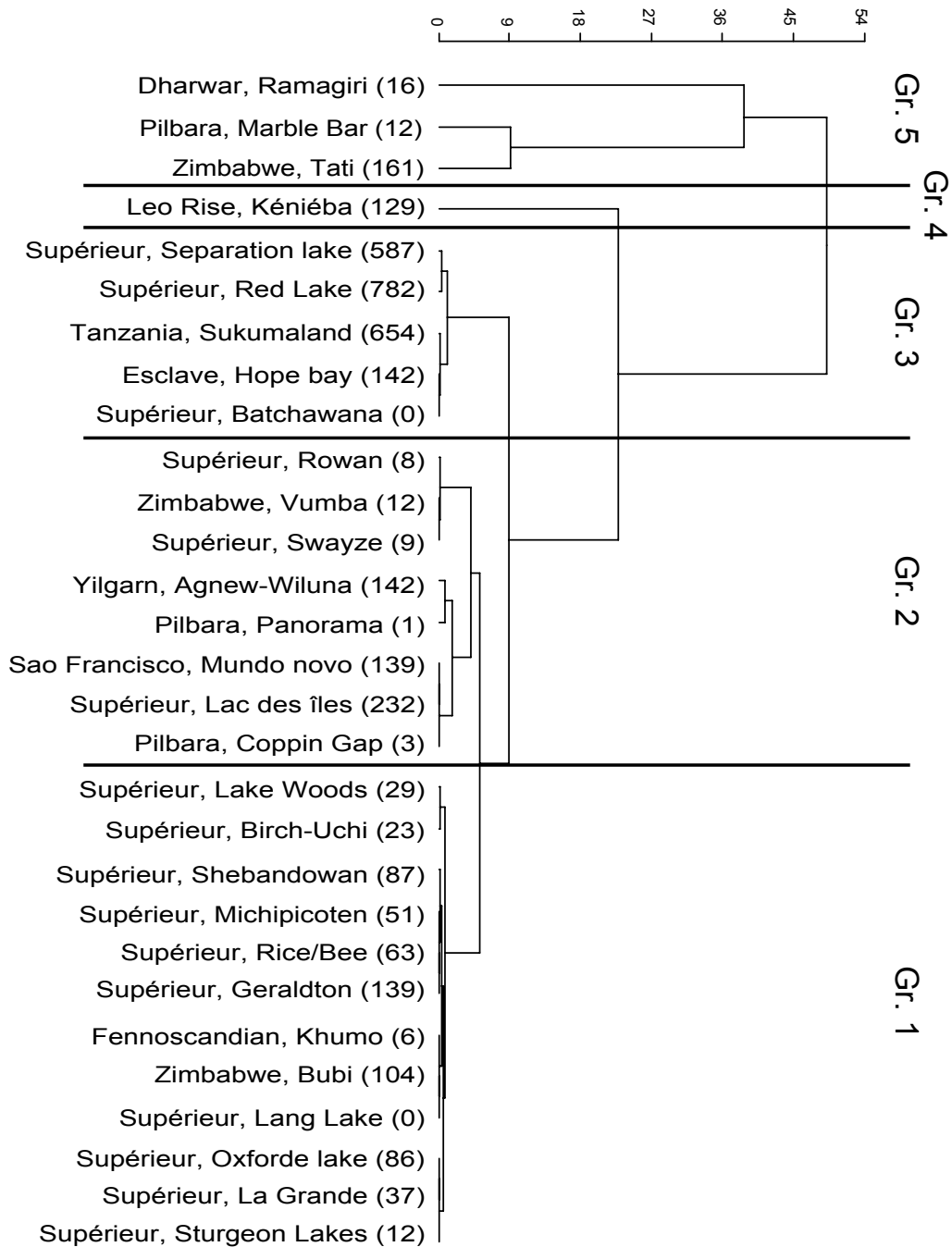


Figure 38 : Dendrogramme de CAH en utilisant 5 ratios-interlithologiques. Le nombre entre parenthèses correspond à la production aurifère en tonnes métriques. [Retour au texte](#)

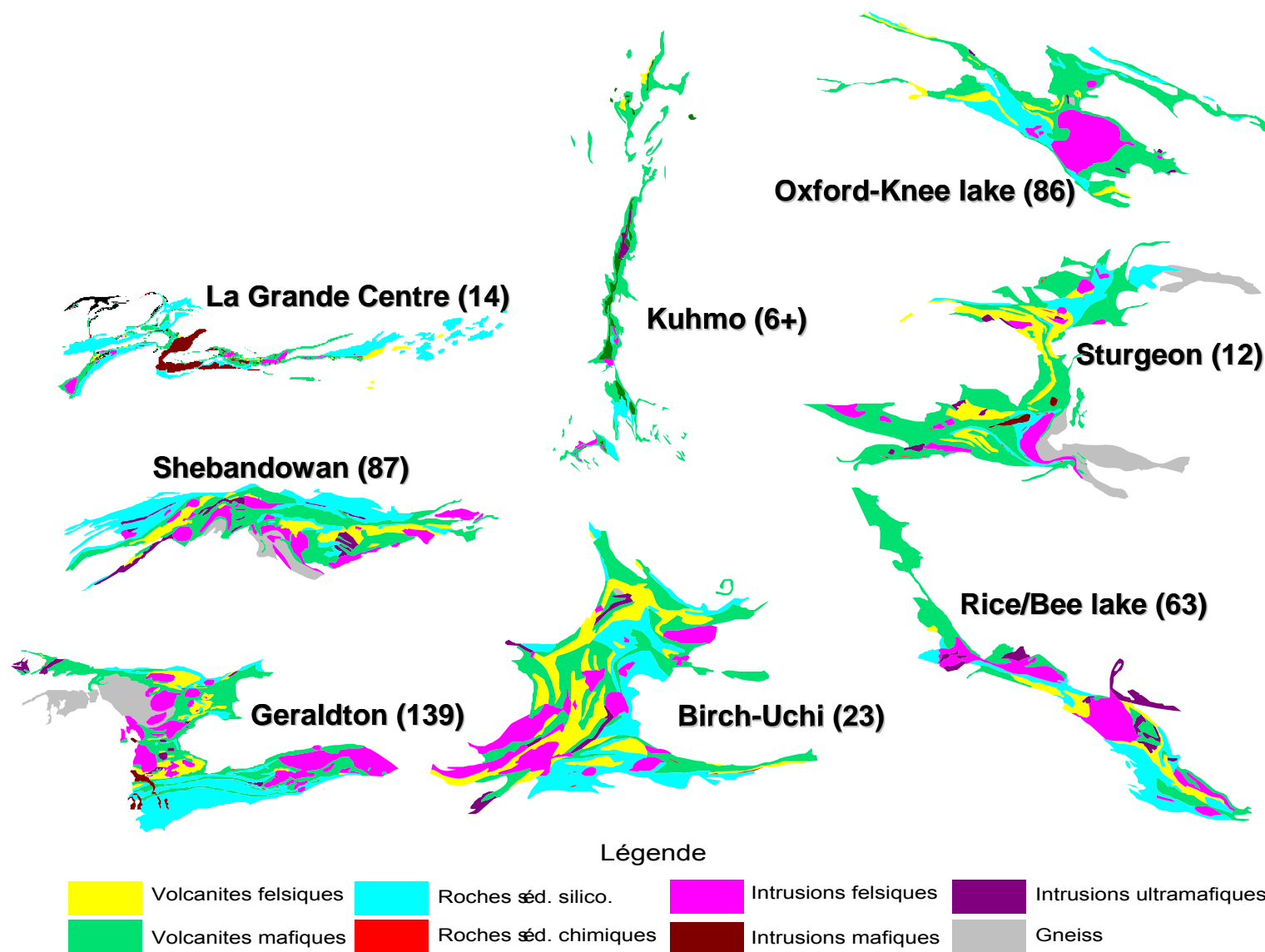


Figure 39 : Exemples de ceintures appartenants au groupe 1 tel que défini par la CAH (voir figure 38). Le nombre entre paranthèses correspond à la production aurifère en tonnes métriques. [Retour au texte](#)

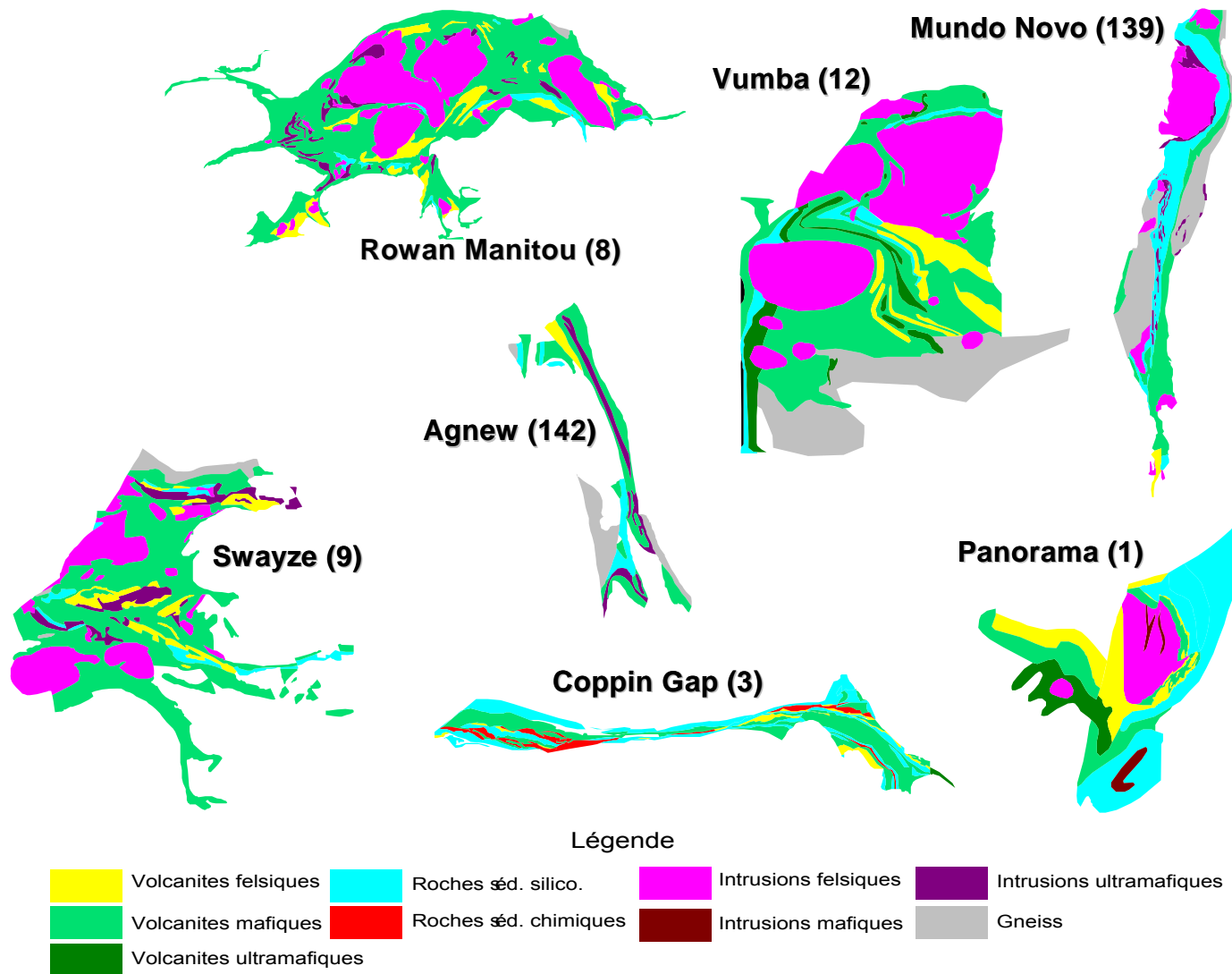


Figure 40 : Exemples de ceintures appartenants au groupe 2 tel que défini par la CAH (voir figure 38). Le nombre entre parenthèses correspond à la production aurifère en tonnes métriques. [Retour au texte](#)

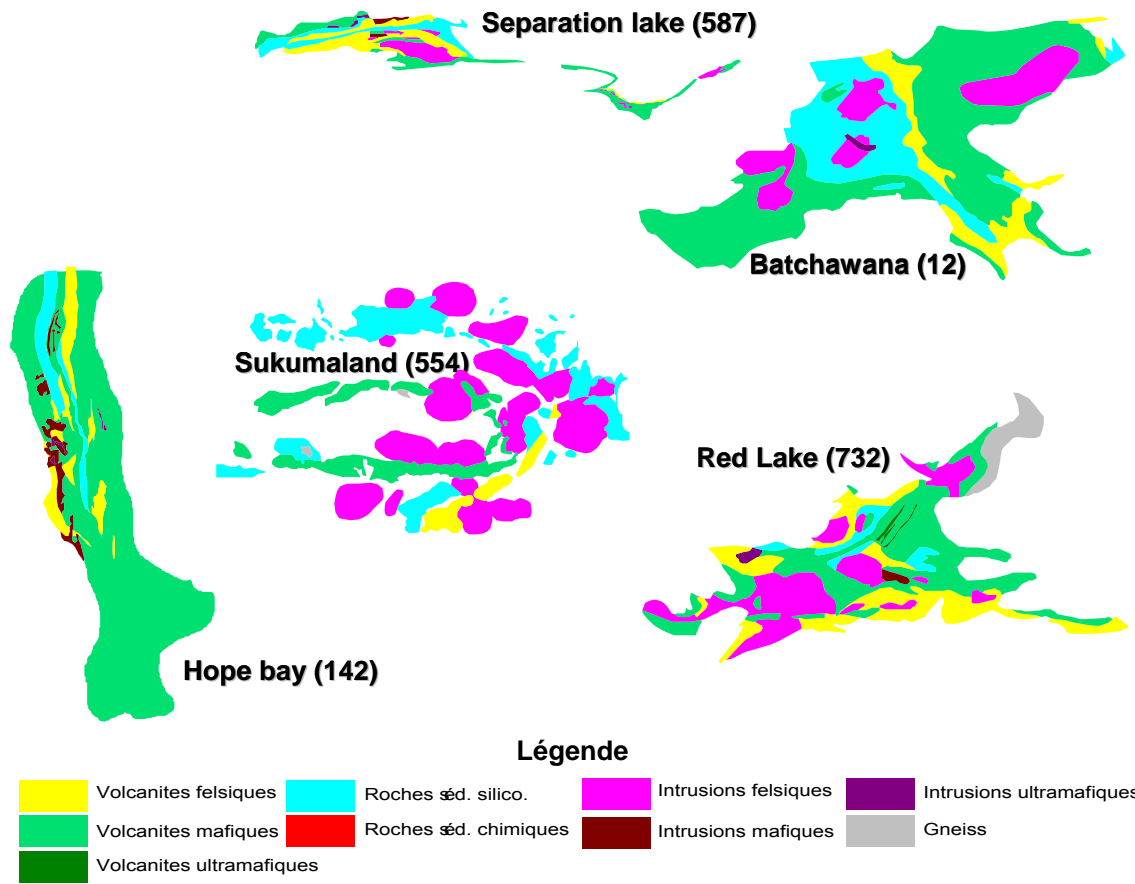


Figure 41 : Exemples de ceintures appartenants au groupe 3 tel que défini par la CAH (voir figure 38). Le nombre entre parenthèses correspond à la production aurifère en tonnes métriques. [Retour au texte](#)

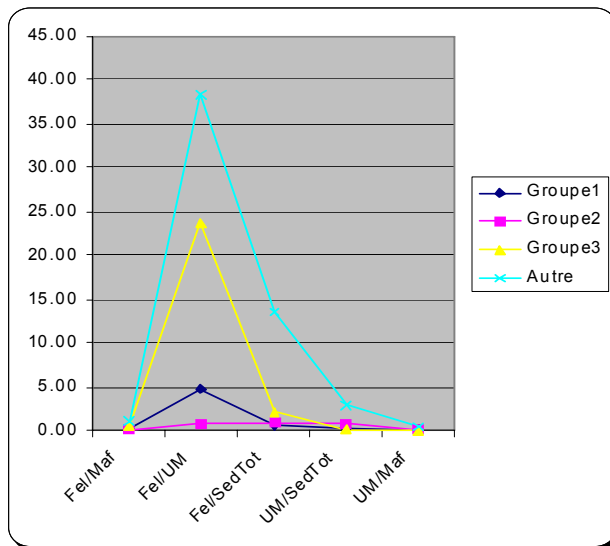


Figure 42 : Sensibilité des paramètres de la classification CAH. [Retour au texte](#)

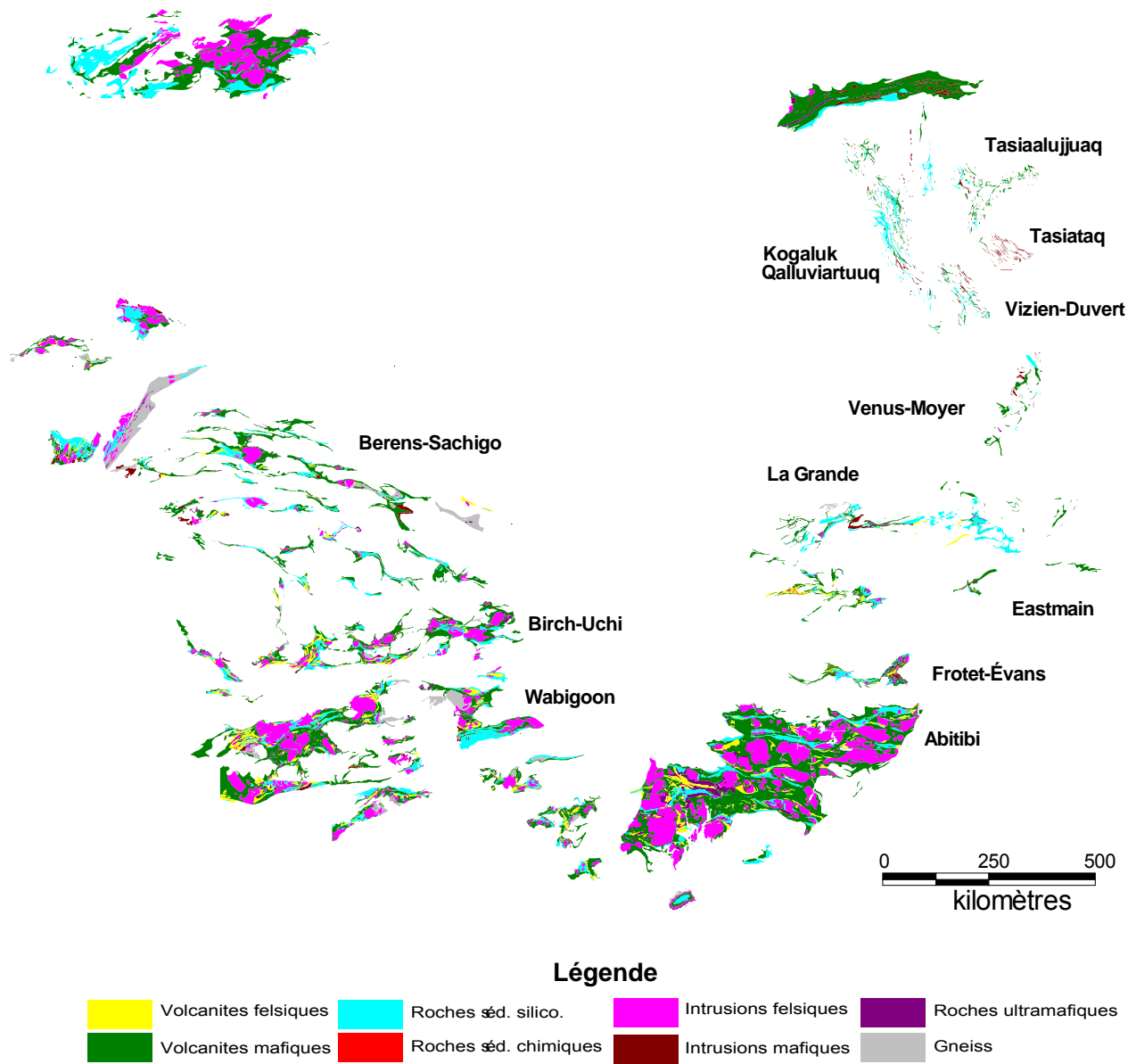


Figure 43 : Distribution des ceintures de roches vertes dans le Supérieur. [Retour au texte](#)

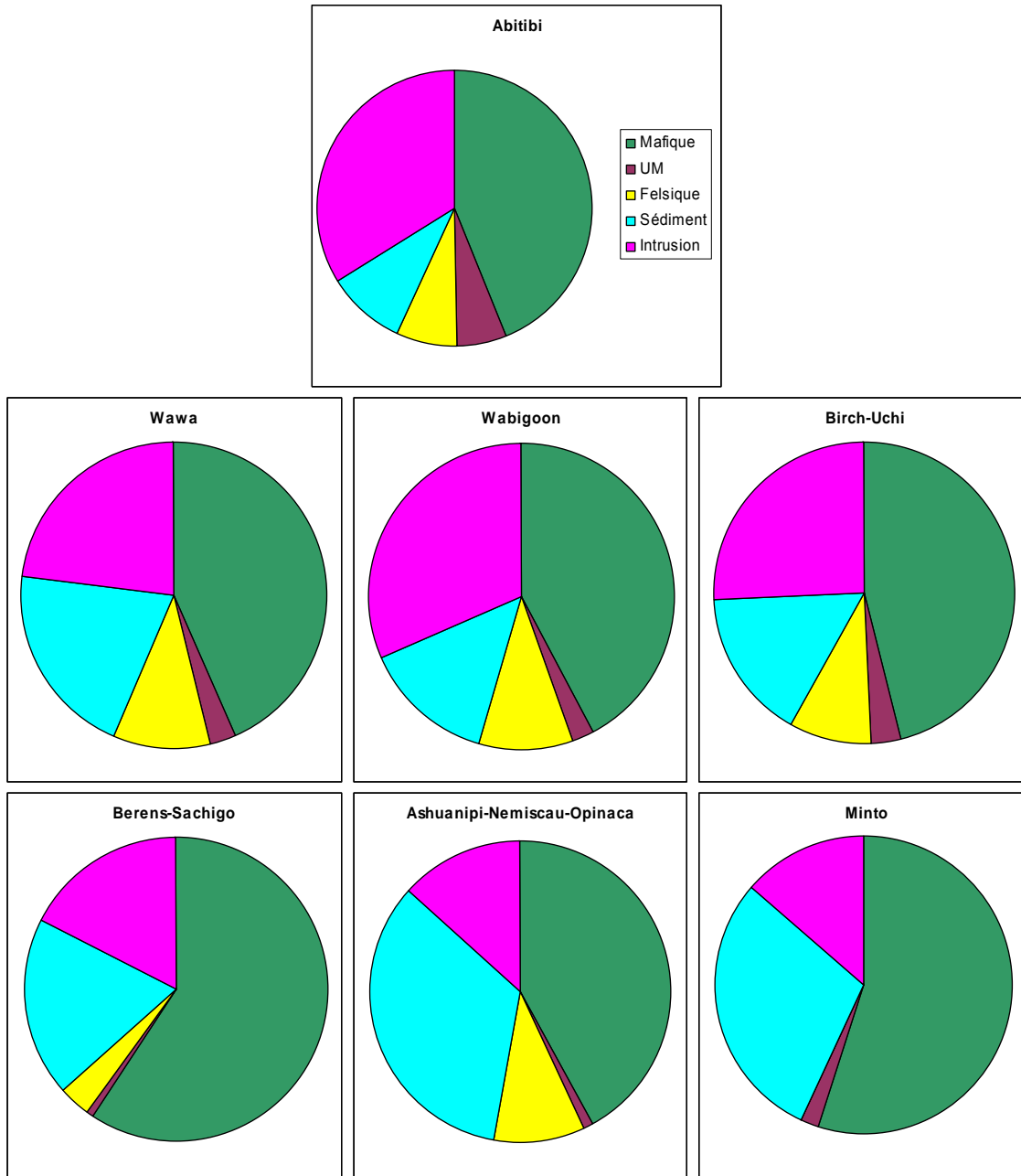


Figure 44 : Répartition des assemblages lithologiques pour les principales sous-provinces du Supérieur. Données provenant du [tableau 15](#). [Retour au texte](#)

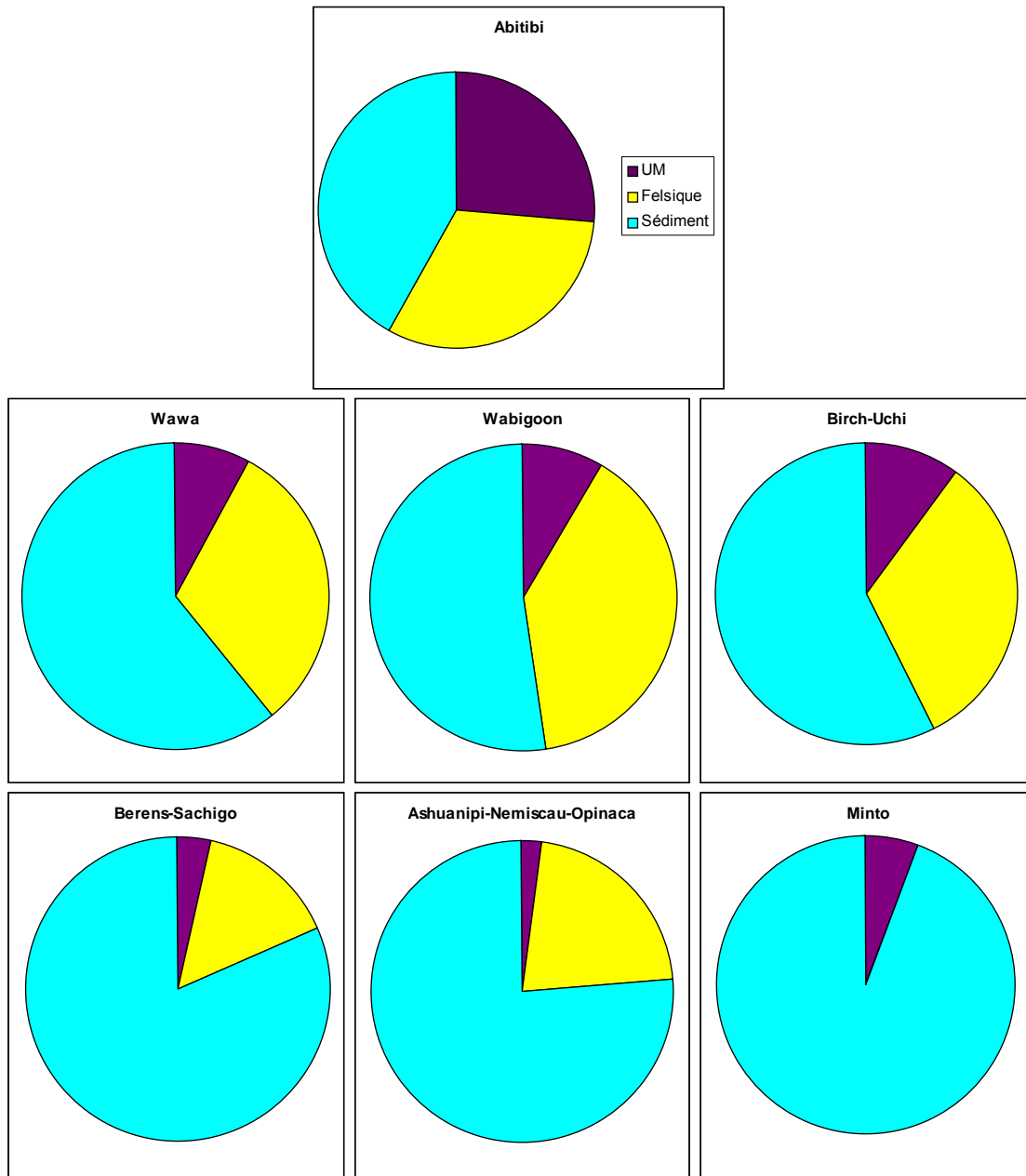


Figure 45 : Répartition des trois principaux assemblages pour les principales sous-provinces du Supérieur.
[Retour au texte](#)

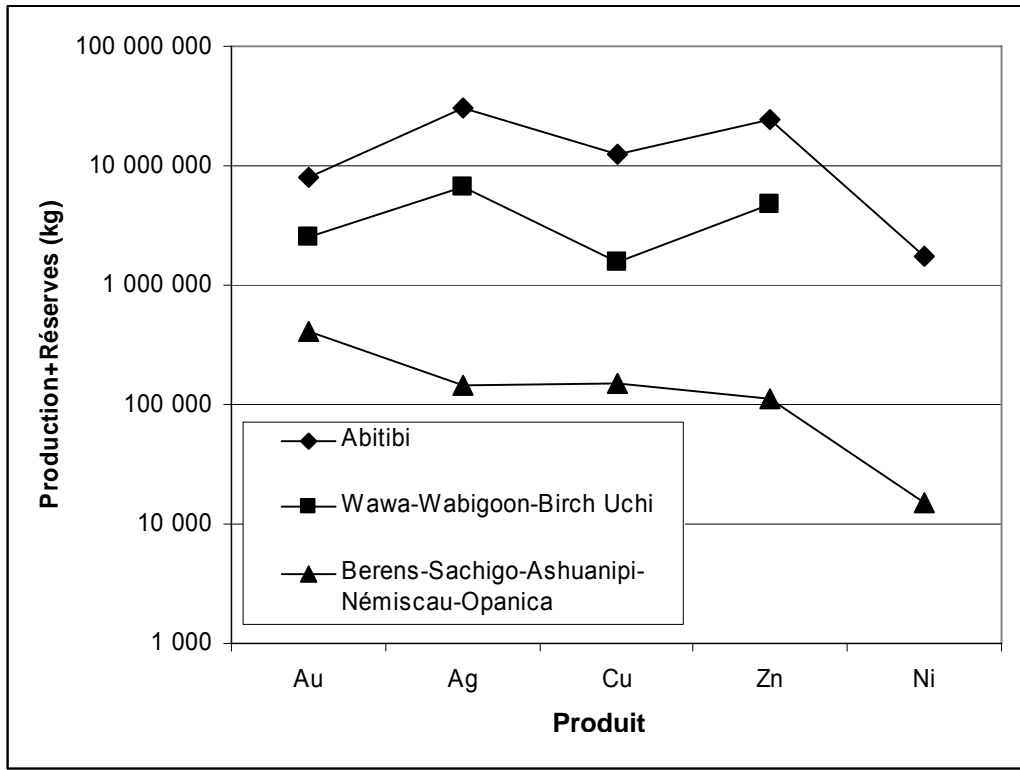


Figure 46 : Variation du contenu métal pour les groupes des sous-provinces définies, voir texte. [Retour au texte](#)

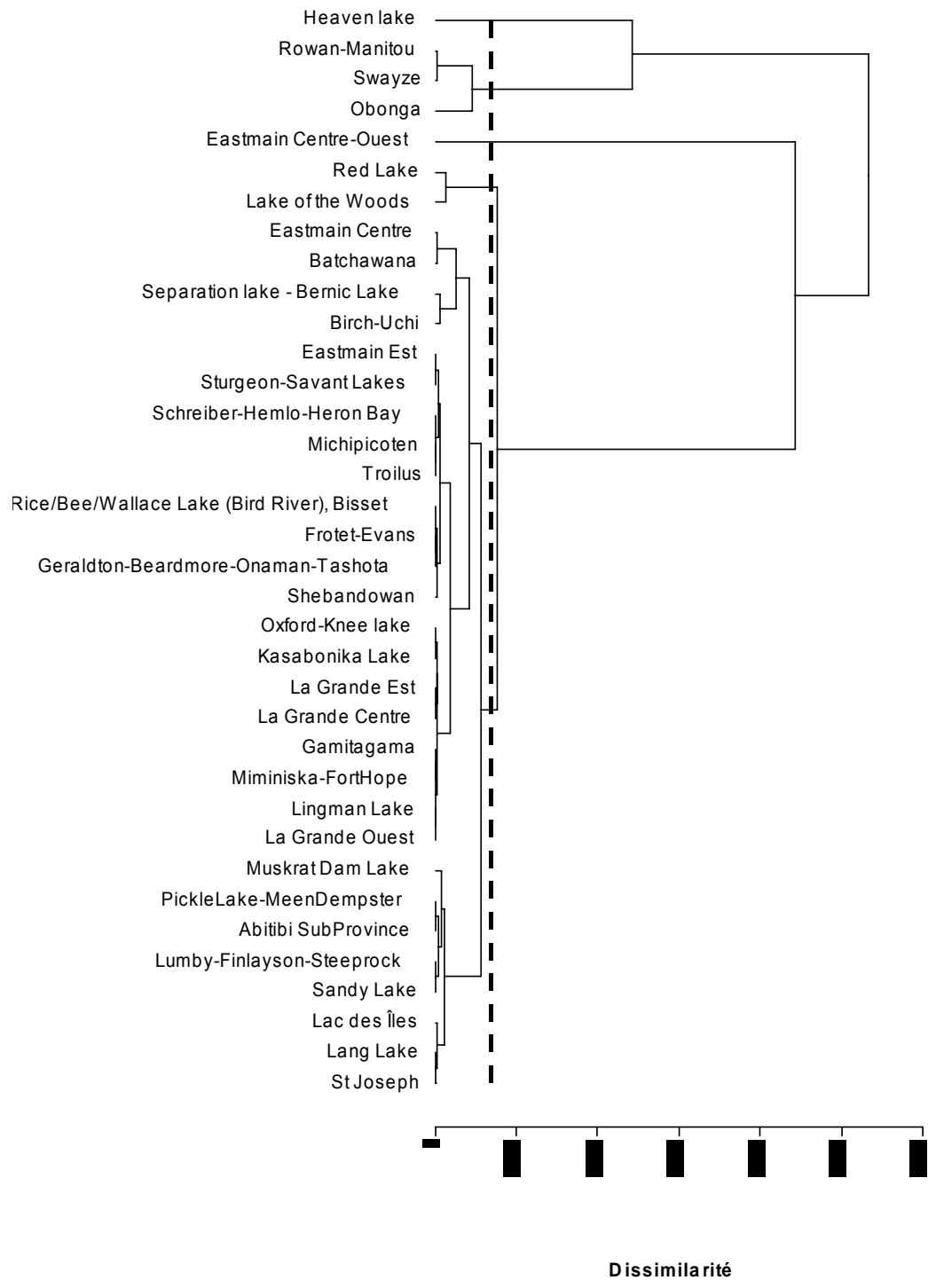


Figure 47 : CAH des ceintures appartenants à la Province de Supérieur. [Retour au texte](#)

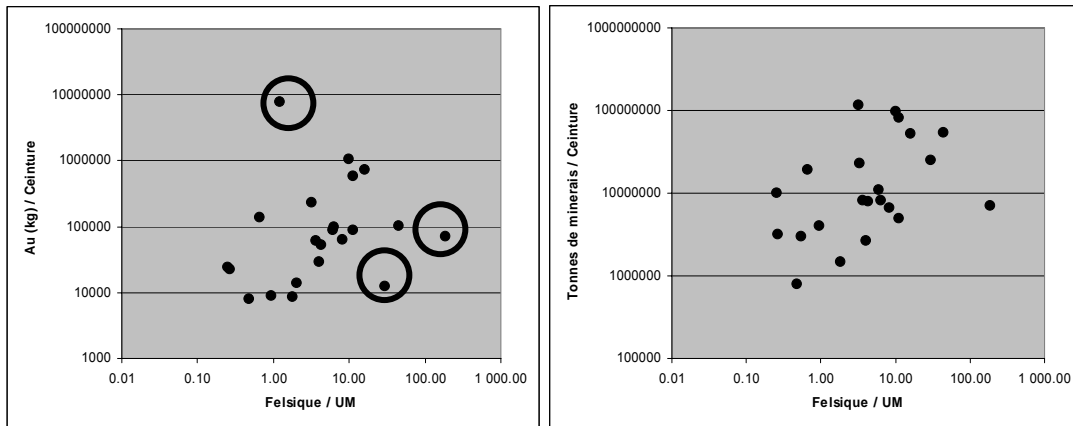


Figure 48 : a) variation du contenu en or ; b) variation du tonnage de minerais en fonction du ratio Felsique / UM des ceintures du Supérieur. Données provenant du [tableau 16](#). Les trois points encerclés sont discutés dans le texte. [Retour au texte](#)

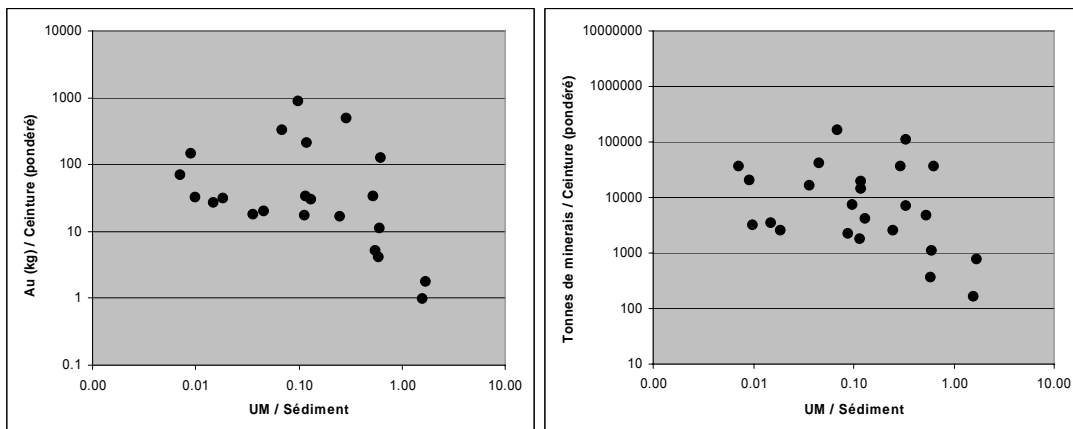


Figure 49 : a) variation du contenu en or ; b) variation du tonnage de minerais en fonction du ratio UM / Sédiment des ceintures du Supérieur. Dans ce graphique, la production aurifère et le tonnage sont pondérés par rapport à la superficie de roches volcano-sédimentaires de la ceinture, ce qui équivaut à une valeur par km^2 . Données provenant du [tableau 16](#). [Retour au texte](#)

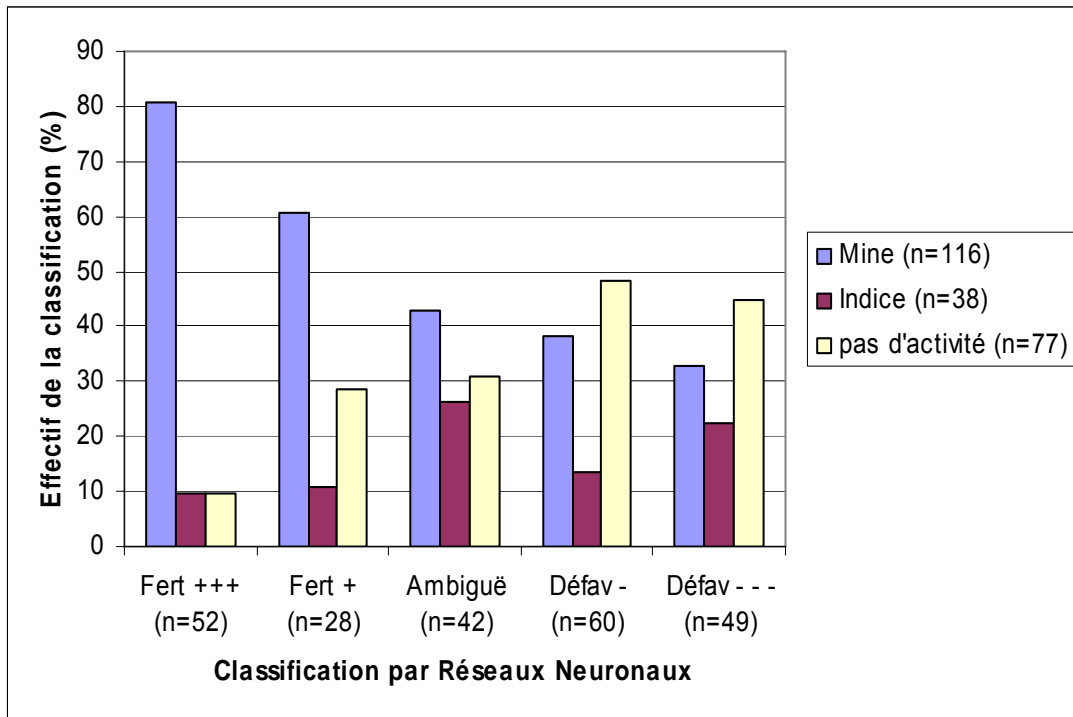


Figure 50 : Classification par réseaux neuronaux de la fertilité en fonction de la géométrie. [Retour au texte](#)

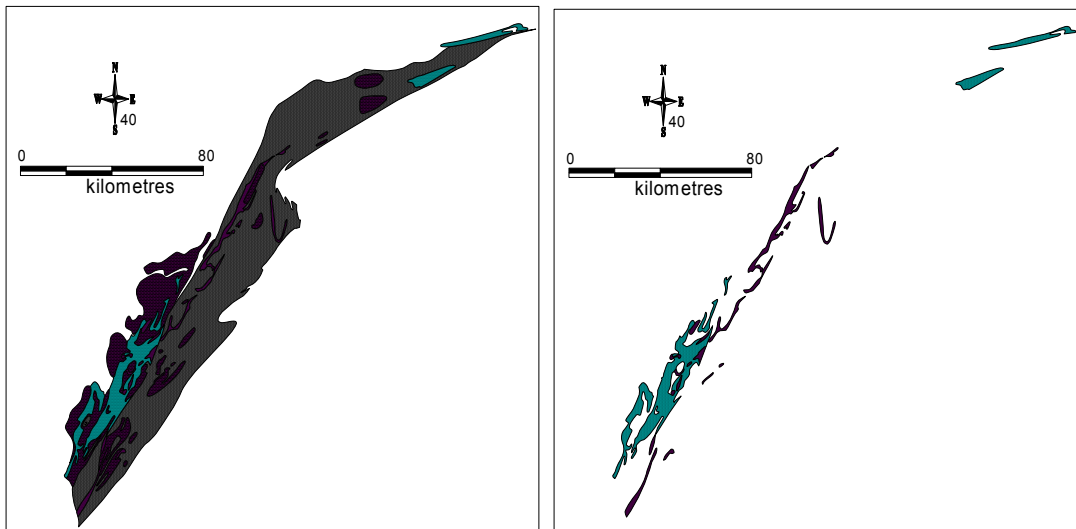


Figure 51 : Carte géologique sommaire de la ceinture de Thompson. a) avec les Gneiss (gris) et intrusions (rouge), b) sans les gneiss et intrusions (Sédiments en bleu et roches mafiques en mauve). [Retour au texte](#)

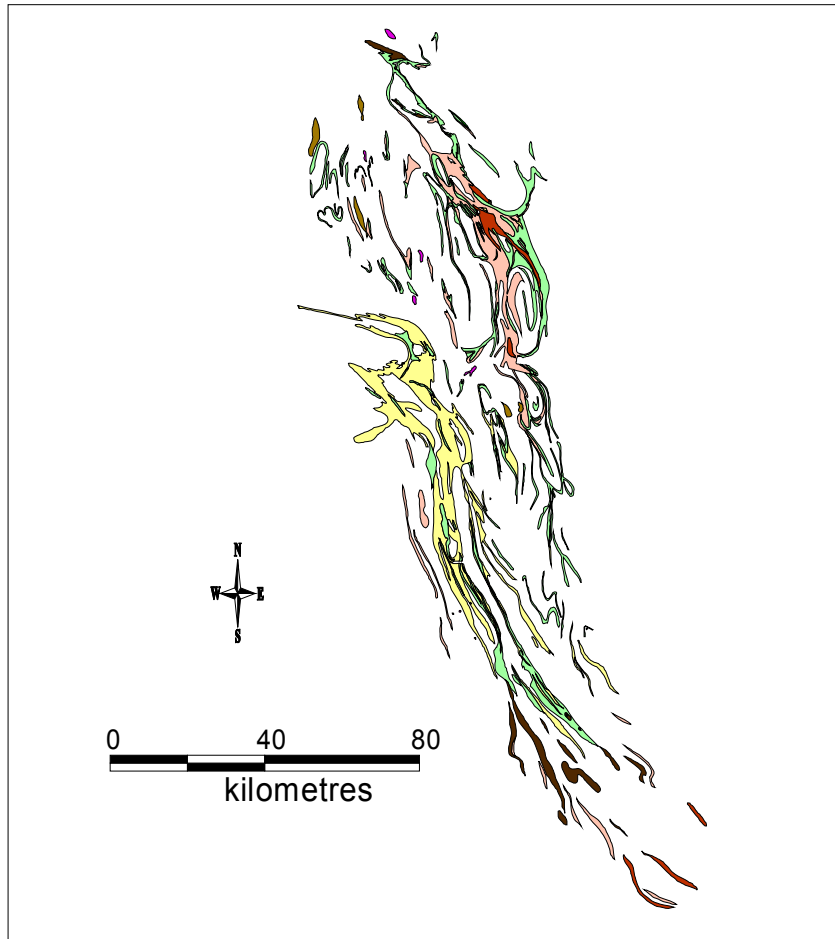


Figure 52 : Carte géologique sommaire des ceintures de Kogaluk et de Qalluviartuuk (volcanites mafique en vert, intrusion mafique en brun, autres couleurs représentent divers sédiments). [Retour au texte](#)

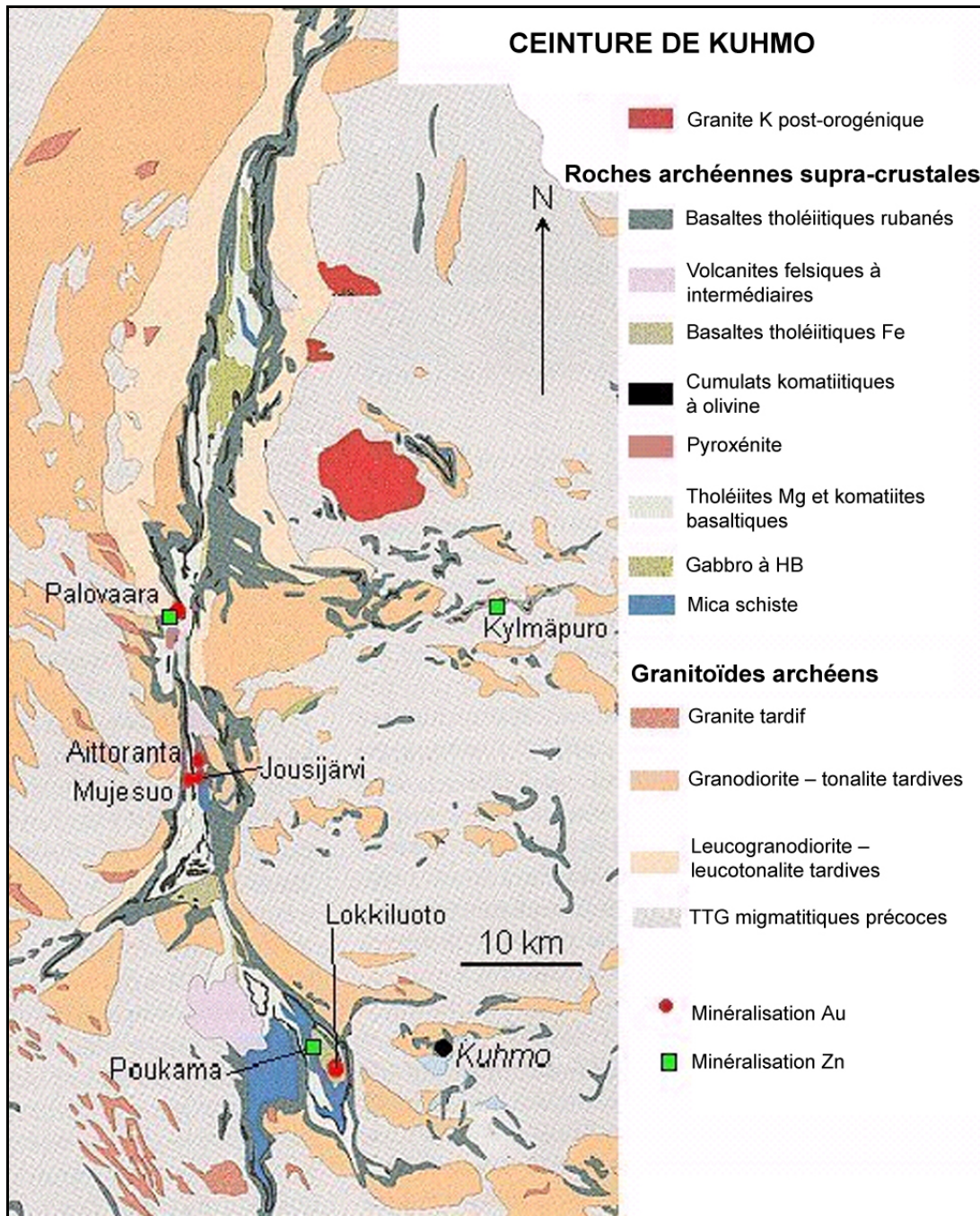


Figure 53 : Ceinture de Kuhmo-Suomussalmi (Source: Commission Géologique de Finlande, modifié de Luukkonen and Sorjonen-Ward, 1998). [Retour au texte](#)

ANNEXE I : PROTOCOLE DE DÉNOMINATION DES FICHIERS

Dans la mesure du possible, la dénomination des fichiers numériques suit un protocole ayant deux objectifs : classification et simplicité. Ces deux objectifs varient de façon inversement proportionnelle, ce qui implique que l'on doive appliquer la règle sans trop de rigidité.

Le nom des fichiers est constitué de trois parties :

1. Préfixe : représente le TYPE de fichier (3 lettres en minuscules)
2. Nom : descripteur textuel (nombre de caractère libre)
3. Suffixe : Auteur ou source du document (et année, optionnel)

LISTE DES PRÉFIXES (toujours 3 lettres minuscules)

txl : fichier MS-Excel
tmi : fichier MapInfo
tvm : fichier Vertical Mapper
trs : fichier « Raster » (image géoréf.)
tac : fichier MS-Access
tdb : fichier Dbase
tai : fichier Arc Info (ArcGIS)
tgr : fichier GRID
tlk : fichier « Look Up »

L'utilisation d'un préfixe est très utile pour deux raisons : 1) tri automatique des types de fichier et 2) reconnaissance rapide de la source lorsque l'on travaille avec MapInfo.

LISTE DES SUFFIXES (Source de l'information)

GSCan : Commission Géologique du Canada
GSAfr : Commission Géologique de l'Afrique
GSAus : Commission Géologique de l'Australie
GSFin : Commission Géologique de la Finlande
NOREX : données de Noranda Exploration (non-confidentielles)
SOQUEM : données de Soquem (non-confidentielles)
CSREM : Données Originales CONSOREM
Etc.

ANNEXE II : CLASSIFICATION PAR RÉSEAUX NEURONAUX

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Beforona-Alaotra	Malagasy	-0.05	1.05	Fert+++	Fert+++	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB. Malaisie, potentiel Cu-Ni / UM
Meavatanana	Malagasy	-0.05	1.05	Fert+++	Fert+++	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB. Malaisie, potentiel Cu-Ni / UM
Guinea	Guinea Rise	-0.03	1.04	Fert+++	Fert+++	Plusieurs mines pas de teneur/Tonnage
Imandra Varzuga		-0.05	1.04	Fert+++	Fert+++	Plusieurs dépôts, Portion Sud de Pechenga
Henik-Kaminak-Tavani	Hearne	-0.04	1.04	Fert+++	Fert+++	4 dépôts Au et VMS
Boundiali	Leo Rise	-0.03	1.04	Fert+++	Fert+++	Dépôt Au
Mahakoshal	Dharwar	-0.04	1.04	Fert+++	Fert+++	Indication de minéralisation aurifère de type Carlin associée à des dolomites (0.5-0.8 gr/t).
Paramaca-Bonidoro-Orapu	Guiana	-0.04	1.04	Fert+++	Fert+++	Plusieurs dépôts aurifères et forte activité sur le WEB
Committee Bay	Rae	-0.04	1.04	Fert+++	Fert+++	Plusieurs dépôts Au associés aux formations de fer mais pas de mine
Shimoga	Dharwar	-0.05	1.04	Fert+++	Fert+++	Un dépôt en faisabilité
Yaouré	Leo Rise	-0.02	1.04	Fert+++	Fert+++	Dépôt Au
Chitradurga-Gadag	Dharwar	-0.03	1.04	Fert+++	Fert+++	Plusieurs dépôts Au
MacQuoid-Gibson	Hearne	-0.02	1.03	Fert+++	Fert+++	Peu explorée, forte activité d'exploration
RainyRiver FortFrance	Superior Wabigoon	-0.03	1.03	Fert+++	Fert+++	Quelques indices
Belomorian	Fennoscandian	-0.01	1.02	Fert+++	Fert+++	Quelques dépôts, pas de teneur/Tonnage
Sirba	Leo Rise	-0.02	1.02	Fert+++	Fert+++	Dépôt Au
Zéitouo	Leo Rise	0.03	1.01	Fert+++	Fert+++	2 dépôts Au

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Rowan-Manitou	Superior Wabigoon	0.04	0.99	Fert+++	Fert+++	Dépôts Au Cameron
Conceicao do Tocantins	Sao Franscisco	0.07	0.98	Fert+++	Fert+++	Peu explorée, potentiel VMS reconnu
Inini	Guiana	0.06	0.98	Fert+++	Fert+++	2 dépôts connus
Yathkyed-Angikuni	Hearne	0.05	0.98	Fert+++	Fert+++	Peu explorée, forte activité d'exploration
Marda	Yilgarn	0.03	0.98	Fert+++	Fert+++	Nombreux dépôts, peu de teneur/Tonnage répertoriés
Stull Lake-Big Trout Lake-Swan Lake	Superior Berens Sachigo	0.07	0.98	Fert+++	Fert+++	Nombreux indices, peu de mines
La China	Rio de la Plata	0.02	0.98	Fert+++	Fert+++	?
Casa Nova salitre-colomi	Sao Franscisco	0.05	0.98	Fert+++	Fert+++	Peu d'information, incomplet
Birmin-Gwari	Leo Rise	0.06	0.97	Fert+++	Fert+++	?
Woodburn Lake	Rae	0.05	0.95	Fert+++	Fert+++	Mine Au Meadowbank
Contwoyto lake	Slave	0.08	0.94	Fert+++	Fert+++	Mine Lupin
Healey lake-Artillery lake	Slave	0.13	0.94	Fert+++	Fert+++	Carte incomplète
Ife-Ilesha	Leo Rise	0.11	0.94	Fert+++	Fert+++	Deux mines
Miminiska-FortHope	Superior Uchi	0.13	0.93	Fert+++	Fert+++	Plusieurs Indices, pas de Production
Isiro	Zaïre	0.07	0.93	Fert+++	Fert+++	Carte incomplète, peu d'exploration, bon potentiel, conflit ethnique
Lake of the Woods	Superior Wabigoon	0.08	0.92	Fert+++	Fert+++	Dépôts Au Cedar Island et Duport
Busia-Kakamega	Tanzania	0.08	0.92	Fert+++	Fert+++	Peu d'exploration, grand potentiel, Kenya-Ouganda
Uusimaa	Fennoscandian	0.11	0.92	Fert+++	Fert+++	Nombreux dépôts, Au et VMS
Tera-Gassa	Leo Rise	0.14	0.87	Fert+++	Fert+++	Dépôt Au

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Wutai	China Western Block	0.19	0.86	Fert+++	Fert+++	Potentiel, activité sur le WEB, mais pas de mine à ce jour
Contendas-Mirante	Sao Franscisco	0.15	0.86	Fert+++	Fert+++	Peu d'information géologique
Oxford-Knee lake	Superior Berens Sachigo	0.21	0.84	Fert+++	Fert+++	Deux mines Au
San Jose	Rio de la Plata	0.19	0.84	Fert+++	Fert+++	?
Piumhi	Sao Franscisco	0.18	0.82	Fert+++	Fert+++	Dépôts de Chrome, pas de tonnage/Teneur répertoriés
Pietersburg	Kaapvaal	0.20	0.81	Fert+++	Fert+++	Production aurifère reconnue
Kasabonika Lake	Superior Berens Sachigo	0.25	0.80	Fert+++	Fert+++	Peu exploré, potentiel diamantifère
Yelwa	Leo Rise	0.20	0.78	Fert+++	Fert+++	Dépôts avec production aurifère
Vila Nova	Guiana	0.53	0.78	...???	Fert+++	Dépôt Chrome
Hameenlinna	Fennoscandian	0.26	0.77	Fert+++	Fert+++	Nombreux dépôts, Au et VMS, peu de réserves répertoriées
Kiruna	Fennoscandian	0.43	0.76	Fert+	Fert+++	Nombreux dépôts, Fe, Au et VMS, peu de réserves répertoriées
Minnitaki	Superior Wabigoon	0.24	0.75	Fert+++	Fert+++	Petit dépôt Aurifère, Goldlund
Kiiminki	Fennoscandian	0.25	0.74	Fert+++	Fert+++	Plusieurs mines, pas de teneur/Tonnage répertoriés
Gradaus	Sao Franscisco	0.39	0.74	Fert+	Fert+++	Plusieurs mines, tonnage/teneur inconnus
Sausar	Dharwar	0.31	0.73	Fert+	Fert+++	Indication aurifère, pas de mines répertoriées
Kibi-Winneba	Leo Rise	0.24	0.72	Fert+++	Fert+++	Au sud de Ashanti, une mine mais pas de réserves
Serido	Sao Franscisco	0.46	0.68	...???	Fert+	Peu connu, potentiel Au, Cu-Ni

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Ramagiri-Hungund	Dharwar	0.34	0.68	Fert+	Fert+	Plusieurs dépôts Au
Partridge Breast	Superior Berens Sachigo	0.31	0.68	Fert+	Fert+	?
Migori-Kendu	Tanzania	0.40	0.67	Fert+	Fert+	Carte incomplète, plusieurs petits dépôts d'or et un VMS
Khumo-Suomussalmi	Fennoscandian	0.33	0.67	Fert+	Fert+	Au, Cu-Ni, EGP
Birch-Uchi	Superior Uchi	0.34	0.66	Fert+	Fert+	Nombreux dépôts, Au et VMS
Rio Itapicuru	Sao Franscisco	0.35	0.66	Fert+	Fert+	Bon potentiel aurifère
Shebandowan	Superior Wawa	0.36	0.65	Fert+	Fert+	Plusieurs dépôts aurifères
Rankin Inlet	Hearne	0.34	0.65	Fert+	Fert+	Dépôt Meliadine en faisabilité
St Joseph	Superior Uchi	0.35	0.64	Fert+	Fert+	?
Bui	Leo Rise	0.35	0.63	Fert+	Fert+	Au nord de Ashanti, pas de mine répertoriée
Murchison Kaapvaal	Kaapvaal	0.37	0.61	Fert+	Fert+	Production aurifère reconnue
Kolmozero-Voronya	Fennoscandian	0.39	0.61	Fert+	Fert+	Quelques dépôts, pas de teneur/Tonnage
Kilimafedha	Tanzania	0.40	0.61	Fert+	Fert+	Bon potentiel aurifère
Tinney Hills-Overby lake	Slave	0.40	0.61	Fert+	Fert+	?
Shinyanga-Malita	Tanzania	0.38	0.60	Fert+	Fert+	?
Swayze	Superior Abitibi	0.41	0.60	Fert+	Fert+	Quelques petits dépôts et Grandora
Sula-Kangary	Guinea Rise	0.38	0.60	Fert+	Fert+	Carte incomplète, Nombreux dépôts, peu de teneur/Tonnage répertoriés
Michipicoten	Superior Wawa	0.41	0.60	Fert+	Fert+	Quelques petits dépôts et Renabie

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Musoma	Tanzania	0.38	0.60	Fert+	Fert+	Deux mines d'importance
Lumby-Finlayson-Steeprock	Superior Wabigoon	0.39	0.59	Fert+	Fert+	?
Day Dawn/Eureka	Yilgarn	0.39	0.59	Fert+	Fert+	Dépôts aurifères
Mallina	Pilbara	0.42	0.58	Fert+	Fert+	Nombreux dépôts, peu de teneur/Tonnage répertoriés
Makonde	Zimbabwe	0.38	0.57	Fert+	Fert+	3 dépôts, plusieurs indices
Youanmi	Yilgarn	0.37	0.57	Fert+	Fert+	3 dépôts, plusieurs indices
Muskrat Dam Lake	Superior Berens Sachigo	0.42	0.56	Fert+	Fert+	Quelques indices
Gimola-Kostomuksha	Fennoscandian	0.42	0.56	Fert+	Fert+	Quelques dépôts, pas de teneur/Tonnage
Knee Lake-Bear Lake-Oxford Lake-Gods Lake	Superior Berens Sachigo	0.46	0.56	...???	Fert+	Au nord du Manitoba, peu exploré, pas de mine répertoriée
Kouroussa	Guinea Rise	0.44	0.55	Fert+	...???	Carte incomplète, Une mine Au avec production
Russell-Slemon	Slave	0.46	0.54	...???	...???	Deux gîtes Au
Masvingo-Fort Victoria	Zimbabwe	0.44	0.54	Fert+	...???	Dépôt de Li-pegmatite
Gullewa	Yilgarn	0.44	0.54	Fert+	...???	Plusieurs Indices, pas de teneur/Tonnage
Wunnummin Lake	Superior Berens Sachigo	0.47	0.53	...???	...???	Plusieurs indices
Frotet-Evans	Superior Opatca	0.47	0.53	...???	...???	Dépôt Frotet, plusieurs indices
Congonhas-Sao Joao Del Rei	Sao Francisco	0.57	0.52	Ster-	...???	Production aurifère historique
North Caribou	Superior Berens Sachigo	0.48	0.52	...???	...???	Mine Musselwhite

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Boquira	Sao Franscisco	0.48	0.51	...???	...???	Peu d'information, incomplet
Indin Lake	Slave	0.47	0.51	...???	...???	Dépôt Colomac
Dwalile	Kaapvaal	0.10	0.51	Fert+++	...???	Aucune mine répertoriée, Faible activité sur le WEB, Potentiel Cu-Ni
Inaja	Sao Franscisco	0.52	0.50	...???	...???	Une mine, tonnage/teneur inconnus
Gwanda (Upper)	Zimbabwe	0.48	0.50	...???	...???	Plusieurs mines aurifères
Sapucaia	Sao Franscisco	0.48	0.50	...???	...???	Carte incomplète, Dépôts de type pegmatoïde, spécimen de minéraux. Quelques indices aurifères
Favorable Lake	Superior Berens Sachigo	0.50	0.49	...???	...???	Petite production aurifère
Mweza-Buhwa	Zimbabwe	0.50	0.49	...???	...???	Aucun indice répertorié. Nombreuses références en Chinois
Anialik River	Slave	0.49	0.49	...???	...???	Peu exploré, bon potentiel, Forte activité sur le WEB
Rice/Bee/Wallace Lake (Bird River)	Superior Uchi	0.51	0.49	...???	...???	Nombreux indices, quelques mines
Atik Lake	Superior Berens Sachigo	0.50	0.49	...???	...???	Deux dépôts, pas de tonnage/teneur répertoriés
Iramba-Sekenke	Tanzania	0.49	0.48	...???	...???	Carte incomplète, secteur à potentiel aurifère de Tanzanie
Belingwe	Zimbabwe	0.51	0.48	...???	...???	Quelques dépôts, pas de teneur/Tonnage
Sutherland-Gyiani	Kaapvaal	0.51	0.48	...???	...???	Carte incomplète, Petite production aurifère
Santa Rita - Goias	Sao Franscisco	0.50	0.48	...???	...???	Ceinture peu explorée, dépôt Au
Venus-Moyer	Superior Minto	0.52	0.48	...???	...???	
Makaha-Mataki	Zimbabwe	0.50	0.48	...???	...???	Carte incomplète, pas d'activité sur le WEB

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Pierce-Ponask-Sachigo	Superior Berens Sachigo	0.52	0.47	...???	...???	Trois indices dans le MDI, aucune activité sur le WEB
Urandi-Licínio de Almeida	Sao Francisco	0.51	0.47	...???	...???	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Ilomantsi-Hattu	Fennoscandian	0.53	0.47	...???	...???	Nombreuses mines et indices
North Spirit Lake	Superior Berens Sachigo	0.52	0.47	...???	...???	Une vingtaine d'indices de Cu, Zn, Au, Co, U, Fe
Montevideo	Rio de la Plata	0.52	0.47	...???	...???	?
Lac des milles lacs	Superior Wabigoon	0.50	0.47	...???	...???	Pas de mine connue, peu d'activité sur le WEB
Tallering	Yilgarn	0.52	0.46	...???	...???	Faible taux d'affleurement, bon potentiel, ressource de 2mt @ 2g/t Au
Whitefish Lake	Superior Berens Sachigo	0.54	0.46	...???	...???	Quelques indices. Peu d'activité
Cross Lake	Superior Berens Sachigo	0.54	0.46	...???	...???	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB, nord Saskatchewan, peu exploré
Belleterre	Superior Pontiac	0.52	0.46	...???	...???	Mine Au
Wappawekka	Trans Hudson	0.55	0.46	...???	...???	Pas d'indices, pas d'activités sur le WEB, grand nord, peu exploré
Josephine Lake	Hearne	0.54	0.46	...???	...???	Carte incomplète, pas de mines répertoriées
Beechey	Slave	0.54	0.45	...???	...???	?
Stevenson Lake	Superior Berens Sachigo	0.54	0.45	...???	...???	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB, nord Saskatchewan, peu exploré

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Sandy Lake	Superior Berens Sachigo	0.52	0.45	...???	...???	Quelques indices aurifères
Gunisao Lake	Superior Berens Sachigo	0.54	0.45	...???	...???	Potentiel titanium/vanadium. Pas d'activité sur le WEB
Eastmain Centre-Ouest	Superior Nemiscou-Opinaca	0.55	0.45	Ster-	...???	Pulsieurs indices
Oijarvi	Fennoscandian	0.56	0.45	Ster-	Ster-	Cu-Ni
Gwanda (Lower)	Zimbabwe	0.54	0.45	...???	Ster-	Petits dépôts Cu-Ni
Subgan	Aldan	0.55	0.44	Ster-	Ster-	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB
Bear Lake	Superior Berens Sachigo	0.56	0.44	Ster-	Ster-	Quelques indices aurifères
Eastmain Ouest	Superior Nemiscou-Opinaca	0.56	0.44	Ster-	Ster-	Plusieurs indices
Cherrington Lake	Superior Berens Sachigo	0.55	0.44	Ster-	Ster-	Aucun indice dans le MDI, aucune activité sur le WEB
Crixas	Sao Franscisco	0.56	0.44	Ster-	Ster-	Plusieurs mines Au
Duquet	Superior Minto	0.56	0.44	Ster-	Ster-	
Westonia	Yilgarn	0.54	0.44	...???	Ster-	Plusieurs indices, activité sur le web
Qalluviartuuq	Superior Minto	0.57	0.44	Ster-	Ster-	
Duquet-Akuaraaluk	Superior Minto	0.57	0.44	Ster-	Ster-	
Kogaluk	Superior Minto	0.57	0.44	Ster-	Ster-	

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Vizien-Duvert	Superior Minto	0.57	0.44	Ster-	Ster-	
Odzi-Mutare	Zimbabwe	0.54	0.44	...???	Ster-	Carte incomplète, Production aurifère
Gum Creek	Yilgarn	0.58	0.44	Ster-	Ster-	Plusieurs dépôts, plusieurs indices
Hudwin Lake	Superior Berens Sachigo	0.55	0.44	Ster-	Ster-	Carte incomplète. Pas d'activité sur le WEB
Dengfeng	China Western Block	0.58	0.43	Ster-	Ster-	?
Nondweni	Kaapvaal	0.58	0.43	Ster-	Ster-	Carte incomplète, Production de VMS
Filabusi	Zimbabwe	0.55	0.43	...???	Ster-	Plusieurs dépôts Au
Taranakh	Aldan	0.57	0.43	Ster-	Ster-	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB
Shangani-Fort Rixon	Zimbabwe	0.54	0.43	...???	Ster-	Petite production Cu-Ni et Au
Elu Inlet	Slave	0.56	0.43	Ster-	Ster-	Minéralisation VMS: 6 dépôts Au, 1 dépôt de EGP; relié à Hope Bay
Yarnama	Yilgarn	0.55	0.43	Ster-	Ster-	Un indice, pas d'activité sur le web
Kesaka lake	Superior English River	0.56	0.43	Ster-	Ster-	BIF, Dépôt de Fer
Manesi	Zimbabwe	0.56	0.42	Ster-	Ster-	Carte incomplète, pas d'activité sur le WEB
Rio Maria	Sao Franscisco	0.59	0.42	Ster-	Ster-	deux mines Au, pas de réserves publiées
Tasiataq	Superior Minto	0.56	0.42	Ster-	Ster-	
Lapland-Kittila	Fennoscandian	0.67	0.42	Ster-	Ster-	Carte en timbre poste incomplète, dépôt Au
Dalgaranga	Yilgarn	0.57	0.41	Ster-	Ster-	Dépôts VMS, dépôt Ta ₂ O ₅ , quelques indices aurifères

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Ellard Lake-BlackBear River	Superior Berens Sachigo	0.57	0.41	Ster-	Ster-	un indice d'Argent dans le MDI, aucune activité sur le WEB
Riacho de Santana	Sao Franscisco	0.59	0.41	Ster-	Ster-	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Serro-Alvorada de minas	Sao Franscisco	0.58	0.40	Ster-	Ster-	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Sumozero-Kenozero	Fennoscandian	0.68	0.40	Ster-	Ster-	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB, mais présence de Komatiites
Sandur	Dharwar	0.60	0.40	Ster-	Ster-	Mine de fer, BIF
Pélican-Nantais	Superior Minto	0.60	0.40	Ster-	Ster-	
Island Lake	Superior Berens Sachigo	0.62	0.39	Ster-	Ster-	Une mine Ministic gold mine, carte incomplète, peu exploré
Espinhaço	Sao Franscisco	0.60	0.38	Ster-	Ster-	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Cuite Velho Ipanema	Sao Franscisco	0.64	0.38	Ster-	Ster-	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Lagoa Seca	Sao Franscisco	0.61	0.37	Ster-	Ster-	Carte incomplète. Présence d'une mine Au: Lagoa Seca.
Bole-Navrongo	Leo Rise	0.61	0.37	Ster-	Ster-	Carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Lang Lake	Superior Uchi	0.62	0.37	Ster-	Ster-	Porphyre Cu-Au
Felixburg	Zimbabwe	0.63	0.37	Ster-	Ster-	Carte incomplète, pas d'activité sur le WEB
Mara	Tanzania	0.63	0.37	Ster-	Ster-	Carte incomplète, deux mines d'importance: Mara, North Mara
Vetreny	Fennoscandian	0.66	0.36	Ster-	Ster-	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB, mais présence de Komatiites

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Bigstone Lake	Superior Berens Sachigo	0.63	0.36	Ster-	Ster-	Mine VMS
Almas-Dianapolis	Sao Franscisco	0.84	0.36	Ster---	Ster-	Nombreuse mines et indices
Kadri	Dharwar	0.63	0.35	Ster-	Ster-	Carte incomplète, aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB
Melchett lake	Superior Wabigoon	0.64	0.35	Ster-	Ster-	Pas de mine connu, peu d'activité sur le WEB
Garden Lake	Superior Wabigoon	0.63	0.35	Ster-	Ster-	Quelques indices aurifères
Ibo	Sao Franscisco	0.72	0.35	Ster---	Ster-	Pas de minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB
Nuggihalli	Dharwar	0.65	0.35	Ster-	Ster-	indices seulement
Tampere	Fennoscandian	0.71	0.33	Ster---	Ster-	Plusieurs dépôts d'Or
Raichur	Dharwar	0.67	0.32	Ster-	Ster-	Production aurifère historique
Mishibishu	Superior Wawa	0.66	0.32	Ster-	Ster-	Trois Dépôts aurifères
Kolvitsa	Fennoscandian	0.69	0.32	Ster-	Ster-	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB, mais présence de Komatiites
Krishnarajpet	Dharwar	0.69	0.32	Ster-	Ster-	Pas d'information ?
Heaven lake	Superior Wabigoon	0.69	0.31	Ster-	Ster-	Quelques indices de Ni-Cu.
Assagai	Kaapvaal	0.70	0.30	Ster-	Ster-	Carte incomplète, aucune mine répertoriée, aucune activité sur le WEB
Bate-Pe Grajeru	Sao Franscisco	0.72	0.30	Ster---	Ster-	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Holenarsipur	Dharwar	0.73	0.30	Ster---	Ster---	Sedex-Cu
Marowijne	Guiana	0.71	0.29	Ster---	Ster---	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Savukoski	Fennoscandian	0.87	0.28	Ster---	Ster---	Nombreux dépôts, tonnage et teneur non répertoriés
Upper Windigo Lake	Superior Berens Sachigo	0.71	0.28	Ster---	Ster---	Quelques indices aurifères, pas d'activité sur le WEB
Beaver Hill Lake	Superior Wabigoon	0.72	0.28	Ster---	Ster---	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB
Guarinos	Sao Franscisco	0.73	0.26	Ster---	Ster---	Bon potentiel, une mine
Makokibatan Lake	Superior Uchi	0.75	0.26	Ster---	Ster---	Pas de mine connue, peu d'activité sur le WEB
Attwood lake	Superior English River	0.75	0.26	Ster---	Ster---	Pas de mine connue, peu d'activité sur le WEB
McInnes Lake	Superior Berens Sachigo	0.74	0.26	Ster---	Ster---	Aucun indices dans le MDI, aucune activité sur le WEB
Mount Venn	Yilgarn	0.75	0.25	Ster---	Ster---	Un showing Cu-Ni et 5 indices Cu, Au Ni
Morro do Ferro / Fortaleza de Minas	Sao Franscisco	0.80	0.24	Ster---	Ster---	Dépôts Cu-Ni
Tungursha	Aldan	0.76	0.23	Ster---	Ster---	Aucune mine, aucun indice d'activité sur le WEB
Torp Lake - Hood river	Slave	0.72	0.23	Ster---	Ster---	Pas de mine connue, peu d'activité sur le WEB
Riacho dos Machados	Sao Franscisco	0.79	0.23	Ster---	Ster---	Carte incomplète, dépôt Au
Perapohja	Fennoscandian	0.86	0.22	Ster---	Ster---	Carte en timbre poste incomplète, dépôt Au
Marble Bar	Pilbara	0.83	0.22	Ster---	Ster---	Plusieurs dépôts Au et VMS
Hornby Lake	Superior Berens Sachigo	0.81	0.20	Ster---	Ster---	Quelques indices

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Horse Shoe	Superior Berens Sachigo	0.80	0.20	Ster---	Ster---	Pas de minéralisation répertoriée
Kuusamo-Salla	Fennoscandian	0.83	0.20	Ster---	Ster---	Carte en timbre poste incomplète, dépôt Au
Comondale	Kaapvaal	0.81	0.19	Ster---	Ster---	Carte incomplète, aucune mine répertoriée, aucune activité sur le WEB
Pilar de Goias	Sao Franscisco	0.81	0.19	Ster---	Ster---	Bon potentiel, une mine
Bababudan	Dharwar	0.84	0.19	Ster---	Ster---	Possibilité de minéralisation aurifère???
Jardine	Wyoming	0.83	0.18	Ster---	Ster---	Une mine, Carte géologique de mauvaise qualité
Gerry well	Yilgarn	0.85	0.17	Ster---	Ster---	Pas de minéralisation répertoriée
Arroyo Grande	Rio de la Plata	0.85	0.17	Ster---	Ster---	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Capim	Sao Franscisco	0.86	0.15	Ster---	Ster---	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Mosquito Creek	Pilbara	0.93	0.15	Ster---	Ster---	Plusieurs dépôts Au
Egbe	Leo Rise	0.87	0.15	Ster---	Ster---	Carte incomplète, dépôts Au alluvionnaire de 600ma
Itibira-Brumado-Guajeru	Sao Franscisco	0.94	0.15	Ster---	Ster---	Carte incomplète, pas de mine répertoriée
Phyllis Lake	Superior Wabigoon	0.87	0.15	Ster---	Ster---	Pas de mine connue, peu d'activité sur le WEB
Sakoli	Dharwar	0.96	0.14	Ster---	Ster---	Production de Cuivre et Au
Vredefort	Kaapvaal	0.88	0.13	Ster---	Ster---	
Dupire	Superior Minto	0.88	0.13	Ster---	Ster---	
Vumba	Zimbabwe	0.89	0.13	Ster---	Ster---	Bon potentiel pour Cu-Ni et Au. Présence de dépôts alluviaux
Brislane	Slave	0.92	0.12	Ster---	Ster---	un petit indice de Cu

Ceinture	Craton	RN Stérile	RN Fertile	RN Stérile	RN Fertile	Critique
Wongan Hill	Yilgarn	0.90	0.11	Ster---	Ster---	Quelques indices, pas d'activité sur le web
Sargur	Dharwar	0.92	0.09	Ster---	Ster---	Pas de minéralisation répertoriée
Barloweerie	Yilgarn	0.94	0.08	Ster---	Ster---	Un indice, peu d'activité sur le web
Elmer's rock	Wyoming	0.95	0.07	Ster---	Ster---	Peu d'information, carte incomplète, pas d'activité sur le WEB
Umburanas	Sao Franscisco	0.95	0.07	Ster---	Ster---	Quelques indices Au, Ni-Cu (PGE), Cr et Cu-Zn.
Pitangui	Sao Franscisco	0.97	0.06	Ster---	Ster---	Peu d'information, carte incomplète, peu d'activité sur le WEB
Wedza	Zimbabwe	0.96	0.06	Ster---	Ster---	Carte incomplète, Gîtes aurifères
Maitengwe	Zimbabwe	0.97	0.05	Ster---	Ster---	Bon potentiel, mais rien à ce jour
Itabira	Sao Franscisco	0.97	0.04	Ster---	Ster---	Production BIF, Pt-Pd
South Pass	Wyoming	0.98	0.04	Ster---	Ster---	Carte en timbre poste incomplète, dépôt Au
Beatrice	Zimbabwe	0.98	0.03	Ster---	Ster---	Carte incomplète, pas d'activité sur le WEB
De Kraalen	Kaapvaal	0.98	0.03	Ster---	Ster---	Aucune mine répertoriée, pas activité sur le WEB
Hisovaara-Parandovo-Tikshozero	Fennoscandian	1.00	0.02	Ster---	Ster---	Aucune minéralisation répertoriée, pas d'activité sur le WEB, mais présence de Komatiites
Kopparasen	Fennoscandian	1.01	0.00	Ster---	Ster---	Nombreux dépôts, mais carte géologique très incomplète