

Synthèse métallogénique et modélisation 3D de la Faille de Porcupine-Destor dans le secteur de Duparquet, Sous-province de l'Abitibi (phase 2 de 3)

Marc Legault¹
Francine Fallara²
Georges Beaudoin³
Li Zhen Cheng²
Martin Aucoin³
Jean Goutier¹
Gervais Perron⁴
Olivier Rabeau²

RP 2004-07

Mots-clés : Abitibi, Faille de Porcupine-Destor, or, métallogénie, modélisation 3D, gOcad®

RÉSUMÉ

La Faille de Porcupine-Destor (FPD) constitue l'un des métallotectes les plus importants pour l'or de la Sous-province de l'Abitibi. Débutés en 2002, les travaux effectués le long de la FPD ont visé à compléter le travail de cartographie régionale datant des années 1990 et à mettre en valeur la FPD. Cette mise en valeur a consisté à développer de nouveaux outils pour l'exploration de l'or par l'entremise d'une synthèse métallogénique régionale et d'une modélisation 3D. La synthèse métallogénique indique la présence d'au moins cinq types de minéralisations aurifères présentant chacun des caractéristiques spécifiques. Les veines épithermales montrent des textures de cristallisation en espace libre telles que colloforme, cocarde et en encroûtement ainsi que des concentrations anormales en Zn, Pb et Hg caractéristiques des minéralisations épithermales neutres. Les sulfures disséminés associés à un lessivage se présentent sous la forme d'un résidu massif de quartz-pyrite (5 à 10 %) suggestif de gisements épithermaux acides. Les veines de quartz-carbonates se trouvent dans des zones de déformation fortement altérées en carbonate de fer et donc sont caractéristiques des gisements orogéniques. Les veines de quartz argentifère sont des veines de tension riches en Cu, Sb, Zn et Hg qui montrent les attributs des veines Ag-Pb-Zn dans les roches métasédimentaires clastiques. Les indices de sulfures disséminés associés à des intrusions peuvent être subdivisés par rapport à la composition de l'intrusif. Ceux associés aux roches alcalines sont plus riches en sulfures et montrent une silicification intense. Cette minéralisation est un des exemples typiques de sulfures disséminés associés à des syénites (Robert, 2001). Quant à eux, les indices associés aux roches calco-alcalines sont pauvres en sulfures et montrent généralement une forte carbonatation. Ils représentent vraisemblablement une variante des gisements orogéniques classiques. Les travaux de géochimie isotopique et de microsonde confirment la classification des différents types de minéralisation établie sur le terrain.

Les travaux de modélisation 3D ont permis la construction des surfaces et des régions géologiques, d'une inversion géophysique et des isosurfaces des teneurs aurifères. Dans les secteurs où peu d'information géologique est disponible, l'inversion géophysique s'avère un outil très utile. L'inversion magnétique non-contrainte indique une excellente correspondance avec les prolongements structuraux de la surface en profondeur. Quant à elle, l'inversion magnétique contrainte permet une évaluation plus précise du pendage ou de la profondeur de certaines unités, là où les données de terrain ou de forage sont absentes. Plusieurs des propriétés physico-chimiques mesurées dans les forages peuvent être

1. MRNFP
2. URSTM-UQAT
3. Université Laval
4. Mira Geoscience

présentées en 3D par des formes géométriques nommées des isosurfaces. Les isosurfaces des teneurs en or permettent l'identification en 3D des différentes zones aurifères ainsi que l'évaluation de la plongée des corps minéralisés. Un exemple de requêtes pour déterminer des cibles d'exploration pour l'or est présenté dans le rapport afin d'illustrer les avantages de la modélisation 3D.

Cette étude révèle que l'or fut mis en place à différentes profondeurs ainsi qu'à différentes étapes de l'évolution géologique du secteur. La définition des caractéristiques des différents types de minéralisation aurifère permettra une exploration mieux ciblée dans le secteur. La présente étude montre bien l'utilité de la modélisation 3D géointégrée dans des camps matures où il existe d'importantes banques de données sous-exploitées. La modélisation 3D permet une meilleure compréhension d'un camp minier et une utilisation maximale des données existantes.

INTRODUCTION

La Faille de Porcupine-Destor (FPD) constitue l'un des métallotectes les plus importants pour l'or de la Sous-province de l'Abitibi (figure 1). Du côté québécois, la FPD fut le site d'exploitation pour l'or de 1933 à 1956 (mines Beattie, Donchester, Central Duparquet et Duquesne) et de 1983 à 1990 (mines Duquesne et Yvan Vezina-Davangus; figure 2). Cependant, très peu d'or est reconnu du côté québécois (~ 55 t Au - extrait et en réserve; Goutier et Lacroix, 1992; Goutier, 1997) comparativement à la partie ontarienne (~ 2400 t Au - extrait et en réserve; Brian Atkinson, communication écrite, 2002). Cette variation pourrait être reliée au niveau d'érosion actuel, car le secteur de Timmins se retrouve au faciès des schistes verts, tandis que le secteur étudié contient surtout des roches peu métamorphisées, au faciès sous-schistes verts (Jolly, 1978; Powell *et al.*, 1995).

En 2002, Géologie Québec a entamé une étude métallogénique le long de la FPD afin de compléter les travaux de cartographie régionale des années 1990 (Lacroix et Landry, 1991; Goutier et Lacroix, 1992; Goutier, 1997). Ce projet a également pour objectif de mettre en valeur la FPD en développant de nouveaux outils pour l'exploration de l'or par l'entremise d'une synthèse métallogénique régionale et d'une modélisation 3D. La synthèse métallogénique vise la caractérisation des différents indices aurifères dans le but de définir la chronologie et les contrôles de la minéralisation. Des analyses de géochimie isotopique et de microsonde sur les grains d'or ont été entrepris afin de tester les classifications suggérées par les travaux de terrain et de laboratoire. Les principaux objectifs de la modélisation 3D sont de produire un modèle régional géointégré regroupant l'ensemble des données géoscientifiques, de définir en détail la distribution en 3D des gisements aurifères et des altérations et de formuler des requêtes en utilisant les données géologiques, géophysiques et géochimiques afin d'identifier de nouvelles cibles d'exploration.

GÉOLOGIE RÉGIONALE

La géologie le long de la FPD [résumée dans Legault *et al.* (sous presse)] consiste en un assemblage volcano-sédimentaire d'âge Archéen divisé en trois groupes volcaniques et en deux groupes sédimentaires (Goutier et Lacroix, 1992) (figure 2). Pour les roches volcaniques, tout le spectre de composition komatiitique à rhyolitique est présent dans le secteur. Les roches sédimentaires, quant à elles, sont des sédiments turbiditiques du Groupe de Kewagama et des conglomérats et grès, polygéniques et mal triés du Groupe de Timiskaming. Plusieurs intrusions ultramafiques à felsiques et alcalines coupent ces roches volcaniques et sédimentaires.

La région étudiée est divisée en deux secteurs (ouest et central) basés principalement sur la proportion des types de minéralisation aurifère. Le secteur est sera examiné à l'été 2004. Le secteur central se distingue du secteur ouest par une complexité géologique accrue et un niveau structural moins profond (Goutier et Lacroix, 1992; Goutier, 2003a, c). Ce facteur a favorisé la préservation d'intrusions porphyriques calco-alcalines ($2\ 689\pm 3$ Ma; Mueller *et al.*, 1996) à alcalines ($2\ 682\pm 1$ Ma; Mueller *et al.*, 1996) et d'une importante accumulation discordante de conglomérat de type Timiskaming (Formation de Duparquet; Rocheleau, 1980; Mueller *et al.*, 1991). Plusieurs failles E-W sont présentes dans le secteur et elles dissèquent la plupart des lithologies. Ces failles ne sont pas nécessairement des structures subsidiaires à la FPD, car il a été démontré que certaines d'entre elles sont nettement antérieures ou contemporaines à la formation du bassin de Duparquet (Goutier et Lacroix, 1992). Une schistosité intense ENE-WSW à E-W est associée à la FPD et aux failles E-W à ENE-WSW dans les secteurs ouest et central, mais elle n'est que localement développée loin de ces failles.

GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

Une compilation des zones anormales en or ainsi que des analyses lithogéochimiques est en cours depuis 2002. Cette compilation a permis d'identifier plus de 70 minéralisations aurifères (> 1 g/t Au) dans le secteur à l'étude (figure 2). Une partie des minéralisations encore accessibles (affleurements ou forages) ont été visitées durant les étés 2002 et 2003. Certains indices se caractérisant par la quantité et la qualité de l'information (décapages et zones définies par forages) ont été examinés en détail. La compilation de plus de 4 200 analyses lithogéochimiques provenant du SIGÉOM, de différentes compagnies minières (Cambior, Globex, Exploration Tom), des travaux statutaires ainsi que des analyses effectuées au cours des étés 2002 et 2003 a permis de définir la distribution des altérations régionales.

Les observations effectuées jusqu'à présent dans les secteurs ouest et central permettent de distinguer entre cinq types de minéralisation aurifère. Les principales caractéristiques sont résumées au tableau 1.

Veine de quartz-carbonates

On retrouve généralement le type veines de quartz-carbonates en relation spatiale avec la FPD, sauf pour les indices qui se situent au nord du bassin de Duparquet. Ce type de minéralisation présente toutes les caractéristiques des minéralisations orogéniques telles que définies par Groves (1998). La minéralisation est généralement associée à des veines plus ou moins rectilignes et à l'encaissant pyritisé. Ces veines se mettent en place dans des failles de premier (FPD), de deuxième (ex. : faille Duquesne) ou de

troisième ordre (c.-à-d. contacts lithologiques) (ex. : indice Golconda) (figure 2). La variation du degré de déformation subie par les veines suggère une mise en place variant de syn- à tardi-déformation régionale. Le rapport Au/Ag est généralement élevé (> 3) sauf pour les échantillons faiblement aurifères (0,5 à 1,0 g/t Au) et pour les échantillons provenant de l'indice Golconda qui montent des valeurs élevées en Cu, Pb, Zn et Hg, suggérant une minéralisation épithermale.

Sulfures disséminés associés à une intrusion porphyrique

Le type de minéralisation en sulfures disséminés associés à une intrusion se présente fréquemment le long de la FPD et comme son nom l'indique, il montre une relation spatiale aux intrusions porphyriques. Deux sous-types basés sur la composition des intrusions sont identifiés : intrusion calco-alcaline et intrusion alcaline.

Intrusion calco-alcaline

Ces minéralisations se retrouvent sous forme de pyrite disséminée (2-5%) et de veinules de quartz-carbonates-pyrite. Ces veinules se présentent généralement dans des fractures ENE-WSW (p.ex. indice Hilltop). La séricitisation et la carbonatation sont les altérations les plus courantes, mais leur intensité peut varier de faible à intense. La mise en place de cette minéralisation semble être syn-déformation et représente une variante des gisements orogéniques classiques. Le rapport Au/Ag est généralement élevé (> 4) sauf aux indices Hilltop et Touriet Est, où les faibles rapports sont localement associés à des minéralisations plus riches en Zn et Mo respectivement. Les valeurs en arsenic sont généralement faibles (As < 100 ppm).

Intrusion alcaline

Ce type se présente comme une fine dissémination de pyrite et d'arsénopyrite (10-20%) dans une zone fortement silicifiée d'orientation E-W incluse dans une zone d'altération en séricite et en carbonates distale. Cette minéralisation est un des exemples typiques de sulfures disséminés associés à des syénites (Robert, 2001). Elle est tardive par rapport à l'intrusion des syénites, mais précoce à synchrone par rapport à la sédimentation de la Formation de Duparquet. Ceci est suggéré par la présence de fragments minéralogiquement similaires à ce type près de la discordance à l'indice Central Duparquet 2. Cependant, ces fragments ne sont pas aurifères. Le rapport Au/Ag est généralement élevé (> 3) et les valeurs en arsenic y sont également élevées (As > 300 ppm).

Sulfures disséminés associés à un lessivage

Le type sulfures disséminés associés à un lessivage est présent surtout sur la bordure nord du bassin de Duparquet

en association spatiale avec les syénites. La minéralisation se présente sous la forme d'un résidu massif de quartz-pyrite (5-10%) dans une zone de déformation altérée en séricite et en carbonates. Ce résidu est en fait la roche encaissante modérément à fortement lessivée. Ces zones sont d'orientation E-W et pourraient représenter des gisements épithermaux acides (Hedenquist *et al.*, 1996). Le rapport Au/Ag de ce type est généralement élevé (> 3). Les autres métaux montrent de faibles concentrations.

Veine épithermale

Les minéralisations de type veine épithermale se trouvent généralement sur la bordure sud du bassin de Duparquet et sont associées à des veines de calcédoine-carbonates-sulfures montrant des textures de cristallisation en espace libre telles que colloforme, cocarde et encroûtement. D'autres minéralisations de type épithermal sont possiblement aussi présentes dans le secteur Golconda-Hilltop étant donné les concentrations anormales en Zn, Pb et Hg qui suggèrent une association épithermale. Leur relation spatiale avec les bordures du bassin de Duparquet suggère que ces veines se sont mises en place le long de failles syn-sédimentaires. Une exception à ce type est l'indice Nipissing qui semble représenter un système de veines basculé probablement associé à une faille syn-volcanique et donc pré-déformation régionale. Ce type de minéralisation ressemble fortement à des gisements épithermaux neutres (Hedenquist *et al.*, 1996). Le rapport Au/Ag est très variable (0,1 à > 10) et, localement, on note des enrichissements en Pb-Zn-Hg (\pm Cu) et Mo-Bi; cette dernière association suggère l'infiltration d'un fluide magmatique [Kirkham, 1996#2000].

Veine de quartz argentifère

Ce type est rare mais il est très distinct des autres types. La minéralisation se trouve sous la forme de veines d'environ 30 cm de quartz-carbonates-tétrahédrite montrant des textures de cocarde. Les veines montrent une faible altération dans l'encaissant et leur orientation est NW-SE à NNW-SSE. On les retrouve dans des roches isotropes près d'un cisaillement NE-SW à E-W et elles représentent alors des veines de tension qui peuvent être suivies sur plus de 100 mètres. Ces veines montrent plusieurs similarités avec les veines de Ag-Pb-Zn dans les roches clastiques métasédimentaires telles que celles du district du Cœur d'Alène, É.U. (Beaudoin et Sangster, 1992). Ce type montre un rapport Au/Ag généralement très faible (< 0,1). En plus de l'argent, ces veines sont aussi enrichies en arsenic, en cuivre, en zinc, en plomb, en antimoine et en mercure.

La définition des caractéristiques des différents types de minéralisation aurifère permet une exploration ciblée. Par exemple dans la figure 3, une minéralisation de type sulfures disséminés associés à une intrusion alcaline est recherchée. En examinant l'altération séricite (figure 3C) et en silice (figure 3D) près d'une intrusion alcaline, une nouvelle cible

aurifère est déterminer rapidement à l'aide de la compilation lithogéochimique et d'un SIG. Avec un peu de recherche dans les travaux statutaires, on remarque que la zone à haut potentiel définit sur la figure 3 n'a jamais été testée.

La compilation des indices et des gisements d'or indique que l'or fut mis en place à différentes profondeurs ainsi qu'à différentes étapes de l'évolution géologique du secteur. Des cinq types de minéralisation aurifère identifiés jusqu'à présent, seuls les types veine quartz-carbonates et sulfures disséminés associés à des intrusions alcalines semblent avoir le potentiel de générer un gisement économique. Les autres types sont trop petits ou alors les teneurs en or sont trop faibles ou trop erratiques.

GÉOCHIMIE ISOTOPIQUE

La composition isotopique de l'oxygène dans le quartz et de l'oxygène et du carbone dans l'ankérite fut déterminée pour différents types de minéralisation aurifère (figure 4). Les échantillons de quartz provenant des minéralisations de type veine épithermale ont des valeurs $\delta^{18}\text{O}$ de 7,9 à 16,2 ‰. Les échantillons de calcédoine ont une composition homogène avec un $\delta^{18}\text{O}$ moyen de $13,3 \pm 0,3$ ‰. La calcédoine pourrait avoir précipité à 200° C à partir d'un fluide hydrothermal ($\delta^{18}\text{O}_{\text{fluide}} = 1,6$ ‰) dont l'origine serait l'eau de mer archéenne [Beaudoin, 2004 #1999]. Les échantillons de quartz du type sulfures disséminés associés à des intrusions ont des valeurs $\delta^{18}\text{O}$ qui varient de 13,2 à 14,7 ‰. Le type veine quartz-carbonates montre une vaste plage de valeurs $\delta^{18}\text{O}$ de 11,5 à 19,1 ‰ sans variations systématiques et se comparent ainsi à celle du champ filonien de type orogénique de Val-d'Or (9,9 à 13,5 ‰; Beaudoin et Pitre, 2003) et des autres districts de type orogénique de la Province du Supérieur (Kerrich, 1987). Le type veine de quartz argentifère a des valeurs $\delta^{18}\text{O}$ qui varient peu, de 14,0 à 14,4 ‰. L'ankérite montre une variation des valeurs $\delta^{18}\text{O}$ de 6,7 à 18,0 ‰ et des valeurs $\delta^{13}\text{C}$ de -7,8 à -1,0 ‰ qui se distribuent selon un essaim plus ou moins linéaire qui indique une contribution de carbone organique pour les valeurs basses de $\delta^{13}\text{C}$.

MICROSONDE

Les mesures préliminaires par microsonde sur des grains d'or provenant des minéralisations du type veine quartz-carbonates montrent des rapports Au/Ag similaires aux rapports Au/Ag de la roche, indiquant que la plupart de l'or et de l'argent se retrouve dans ces grains. De plus, les grains d'or du type veine quartz-carbonates contiennent peu d'impuretés à part l'argent (< 2,5 % poids). Pour leur part, les grains d'or du type veine épithermale semblent montrer un

rapport Au/Ag inférieur à celui de la roche, suggérant ainsi la présence d'autres minéraux d'or. Le grain analysé de type veine épithermale présente aussi une impureté élevée (~ 12 % poids). Ces caractéristiques sont typiques des gisements orogéniques et des gisements épithermaux respectivement (Morrison *et al.*, 1991; Chapman *et al.*, 2000).

MODÉLISATION 3D

Une première phase de modélisation a permis de construire des surfaces et des volumes géologiques en 3D ainsi que des isosurfaces des teneurs en or et une inversion magnétique non-contrainte préliminaires. La deuxième phase de la modélisation 3D consistait à reconstruire le modèle géologique après une mise à jour de la carte géologique, à construire des inversions géophysiques non-contrainte et contrainte, des isosurfaces de teneurs en or et à définir des paramètres pour l'évaluation du potentiel en or du secteur.

La construction du nouveau modèle géologique a été réalisée à partir de la nouvelle compilation géologique (Goutier, 2003a, c), de quatre sections transversales (M.L.), de deux sections longitudinales (M.L.) ainsi que des mesures de stratification (Goutier et Lacroix, 1992). Le nouveau modèle 3D géointégré est constitué de 151 surfaces (contacts lithologiques et failles) à l'intérieur d'un voxel¹ de $11,4 \times 4,0 \times 1,0$ km³ (figure 5). Ces surfaces définissent 126 régions ou corps géologiques formés de plus de 5,7 millions de cellules d'un volume de 20 m³. Un plus petit voxel (Shaft) fut construit dans un secteur où la concentration des données est la plus élevée. Pour un degré de détail plus élevé, la géologie devra être arrimée avec celle observée le long des trous de forage ce qui n'a pas été fait dans le cadre de ce projet.

Dans les secteurs où peu d'information géologique est disponible, l'inversion géophysique s'avère un outil très utile. Les inversions faites avec le logiciel gOcad® et les logiciels d'inversion géophysique de l'Université de Colombie-Britannique (Li et Oldenburg, 1996) ont permis de préciser la connaissance de la géologie en 3D. La récupération des données magnétiques (90 000 données; Lambert, 2001) et gravimétriques (153 données; Dion, 1993) a permis de construire l'inversion non-contrainte (levés magnétique et gravimétrique) et contrainte (levé magnétique seulement).

Les données magnétiques et gravimétriques ont été traitées dans un premier temps par une fonction polynomiale au premier ordre afin d'éliminer les variations régionales. Les inversions non-contraintes des données magnétiques et gravimétriques ont permis de définir la distribution des mesures de susceptibilité et de densité de la surface jusqu'à 1 km de profondeur. L'inversion magnétique non-contrainte indique une excellente correspondance avec les prolongements structuraux de la surface en profondeur. Ils permettent aussi d'évaluer la profondeur du bassin de Duparquet ainsi que celle de l'anomalie magnétique au nord

1. c'est à dire les limites du volume du modèle

du gisement de Shaft (figure 6A). Basée sur la distribution des données, l'inversion gravimétrique non-contrainte s'est limitée à la partie est du voxel. Les isosurfaces de densité semblent recouper le grain structural. Ce recouvrement est probablement associé à la faible densité des mesures.

L'inversion magnétique contrainte (par les mesures de susceptibilité magnétique en surface) est plus complexe et donc plus exigeante sur le support informatique. Seulement une partie du voxel régional est présentée à la figure 6B. Elle illustre bien l'utilité de l'inversion contrainte pour l'évaluation plus précise du pendage ou de la profondeur de certaines unités.

Une fois que la modélisation 3D géointégrée est complétée, la définition pour chaque cellule des diverses propriétés, telles que la distance des failles, la distance d'un forage et la valeur des index d'altération, peut être intégrée. Plusieurs de ces propriétés peuvent être présentées en 3D par des formes géométriques nommées des isosurfaces. Par exemple, les isosurfaces des teneurs aurifères permettent l'identification en 3D des différentes zones aurifères ainsi que l'évaluation de la plongée des corps minéralisés (figure 7).

La modélisation 3D est aussi un outil d'exploration de pointe dynamique qui peut être interrogé selon des critères géologiques caractéristiques de divers types de minéralisation (Fallara *et al.*, 2003). Un exemple est présenté à la figure 8 où les différentes caractéristiques du type veine quartz-carbonates sont utilisées afin de délimiter des secteurs à haut potentiel pour des nouvelles zones aurifères. Dans ce cas, la requête pour des nouvelles zones près des failles E-W peut être raffinée en choisissant des unités lithologiques ayant un rapport Fe/Mg élevé ainsi qu'une forte altération en séricite-paragonite (figure 8). Le résultat des requêtes est présenté comme des groupes de cellules de dimensions de 10 m³ (voxel Shaft) ou de 20 m³ (voxel régional). Les cibles d'exploration sont ensuite définies dans les secteurs à plus de 250 mètres d'un forage. Tous les paramètres peuvent être définis à n'importe quelle valeur par l'utilisateur et modifiés aussi souvent que nécessaire.

IMPACTS POUR L'EXPLORATION MINIÈRE

L'identification et la caractérisation des cinq types de minéralisation aurifère présents le long de la Faille de Porcupine-Destor (FPD) devraient faciliter l'exploration dans le secteur. Étant donné que l'or n'est pas nécessairement associé à la FPD et qu'une partie de l'or s'est mise en place le long de failles syn-sédimentaires, la présente étude suggère que les failles de deuxième ordre (surtout les failles bordant le bassin de Duparquet) représentent des secteurs à potentiel élevé pour l'or. Avec la présence de minéralisations épithermales, d'intrusions porphyriques, d'une grande accumulation de sédiments de type Timiskaming et d'un

faible faciès métamorphique, le potentiel du secteur semble résider en profondeur.

La présente étude montre bien aussi l'utilité de la modélisation 3D géointégrée dans des camps matures où il y a d'importantes banques de données sous-exploitées. La modélisation 3D permet une meilleure compréhension d'un camp minier et une utilisation maximale des données existantes. Cette étude démontre qu'en conjonction avec une étude métallogénique, la modélisation 3D permet de déterminer des nouveaux secteurs à haut potentiel à faible coût.

TRAVAUX À VENIR

Durant l'année 2004-2005, la compilation et l'intégration des indices aurifères présents entre la route Rouyn-Noranda – Macamic et le parc d'Aiguebelle (secteur est) seront effectuées. De plus, une étude de maîtrise sera entamée sur divers aspects de la syénite de Duparquet (pétrologie, altération, déformation, minéralisation) qui n'ont pu être approfondis lors de cette synthèse métallogénique; elle sera entreprise par Simon Patry sous la supervision du Dr. André Lalonde de l'Université d'Ottawa.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier S. Patry, H. Tazerout et L. Vizbara pour l'assistance sur le terrain, ainsi que J. Jobidon pour le graphisme et G. Morin pour l'informatique. Nos remerciements vont également à Aur Ressources, Cambior, Exploration Tom, Globex, Jean Descarreaux, Ressources Radisson et SOQUEM pour la divulgation d'informations et le libre accès aux carottes de forage, ainsi que G. Lambert pour les précisions sur les données géophysiques. Nous voudrions enfin remercier Pierre Verpaelst pour la lecture critique du rapport et pour ses commentaires pertinents.

RÉFÉRENCES

- BEAUDOIN, G. – SANGSTER, D.F., 1992 – A descriptive model for silver-lead-zinc veins in clastic metasedimentary terranes. *Economic Geology*; volume 87, pages 1005-1021.
- BEAUDOIN, G. – PITRE, D., 2003 – Stable isotope geochemistry of the Val-d'Or vein field, Québec, Canada. *Dans*: D. Eliopoulos (editor), *Mineral exploration and sustainable development*. Millpress, Rotterdam, pages 731-734.
- CHAPMAN, R.J. – LEAKE, R.C. – MOLES, N.R. – EARLS, G. – COOPER, C. – HARRINGTON, K. – BERZINS, R., 2000 – The application of microchemical analysis of alluvial gold grains to the understanding of complex local and regional gold

- mineralization: a case study in the Irish and Scottish Caledonides. *Economic Geology*; volume 95, pages 1753-1773.
- DAIGNEAULT, R. – MUELLER, W.U. – LEGAULT, M., 2000 – Études structurale et volcanologique de la région de Joutel, Sous-province de l'Abitibi. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 2000-17, 40 pages.
- DION, D.-J., 1993 – Données gravimétriques dans la région de l'Abitibi (Chibougamau, Rouyn-Noranda et Val-d'Or) et de Manicouagan. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 93-61X, Disquette 3½.
- FALLARA, F. – LEGAULT, M. – PERRON, G., 2003 – 3D Common-Earth model: New exploration tool applied to the Joutel and the Duparquet mining camps, Abitibi (Québec). Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec. Québec Mines, Volume 2003-02. http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/english/mines/quebec-mines/2003-02/modele_3d.jsp
- GOUTIER, J. – LACROIX, S., 1992 – Géologie du secteur de la faille de Porcupine-Destor dans les cantons de Destor et Duparquet. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 92-06, 62.
- GOUTIER, J., 1997 – Géologie de la région de Destor. Ministère des Ressources naturelles du Québec, RG 96-13, 37.
- GOUTIER, J., 2003a – Compilation géoscientifique, Géologie 1/20 000, Duparquet (32D11-200-0102). Ministère des Ressources naturelles du Québec; carte SIGÉOM SI-32D11B-C4G-03?
- GOUTIER, J., 2003b – Compilation géoscientifique, Géologie 1/20 000, Roquemaure (32D11-200-0101). Ministère des Ressources naturelles du Québec; carte SIGÉOM SI-32D11A-C4G-03?
- GOUTIER, J., 2003c – Compilation géoscientifique, Géologie 1/20 000, Lac Duparquet (32D06-200-0202). Ministère des Ressources naturelles du Québec; carte SIGÉOM SI-32D06D-C4G-03?
- GROVES, D.I. – GOLDFARB, R.J. – GEBRE-MARIAM, M. – HAGEMAN, S.G. – ROBERT, F., 1998 – Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of the crustal distribution and relationship to other deposit types. *Ore Geology Reviews*; volume 13, pages 7-27.
- HEDENQUIST, J.W. – IZAWA, E. – ARRIBAS JR., A. – WHITE, N.C., 1996 – Epithermal gold deposits: styles, characteristics, and exploration. *Resource Geology Special Publication Number 1*.
- JOLLY, W.T., 1978 – Metamorphic history of the Archean Abitibi belt. *Dans: Metamorphism in the Canadian Shield*. Geological Survey of Canada; Paper 78-10, pages 63-78.
- KERRICH, R., 1987 – The stable isotope geochemistry of Au-Ag vein deposits in metamorphic rocks. *Dans: T.K. Kyser (editor), Short Course in Stable Isotope Geochemistry of Low-Temperature Fluids*. Mineralogical Association of Canada; 13, pages 287-336.
- LACROIX, S. – LANDRY, J., 1991 – Géologie du secteur de la mine Duquesne, région de Rouyn-Noranda. Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 91-06, 34.
- LAMBERT, G., 2001 – Compilation géophysique, projet Pitt Gold. SOQUEM, GM 59030, 5 pages + 8 plans.
- LEGAULT, M. – FALLARA, F. – GOUTIER, J. – PERRON, G. – CHENG, L.Z., sous presse – Étude métallogénique et modélisation 3D de la Faille de Porcupine-Destor dans le secteur de Duparquet, Sous-province de l'Abitibi (Phase 1/2). *Dans: Études en cours 2002-2003*. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs; DV 2004-XX.
- LI, Y. – OLDENBURG, D.W., 1996 – 3-D inversion of magnetic data. *Geophysics*; volume 61, pages 394-408.
- MORRISON, G.W. – ROSE, W.J. – JAIRETH, S., 1991 – Geological and geochemical controls on the silver content (finesness) of gold in gold-silver deposits. *Ore Geology Reviews*; volume 6, pages 333-364.
- MUELLER, W.U. – DONALDSON, J.A. – DUFRESNE, D. – ROCHELEAU, M., 1991 – The Duparquet Formation: sedimentation in a late Archean successor basin, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 28, pages 1394-1406.
- MUELLER, W.U. – DAIGNEAULT, R. – MORTENSEN, J.K. – CHOWN, E.H., 1996 – Archean terrane docking: upper crust collision tectonics, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Tectonophysics*; volume 265, pages 127-150.
- PICHÉ, M. – JÉBRAK, M., 2004 – Normative minerals and alteration indices developed for mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration*; volume 82, pages 59-77.
- POWELL, W.G. – CARMICHAEL, D.M. – HODGSON, C.J., 1995 – Condition and timing of metamorphism in the southern Abitibi greenstone belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 32, pages 787-805.
- ROBERT, F., 2001 – Syenite-associated disseminated gold deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada. *Mineralium Deposita*; volume 36, pages 503-516.
- ROCHELEAU, M., 1980 – Stratigraphie et sédimentologie de l'Archéen dans la région de Rouyn, Abitibi, Québec. Université de Montréal; Thèse de Ph.D., 313 pages.

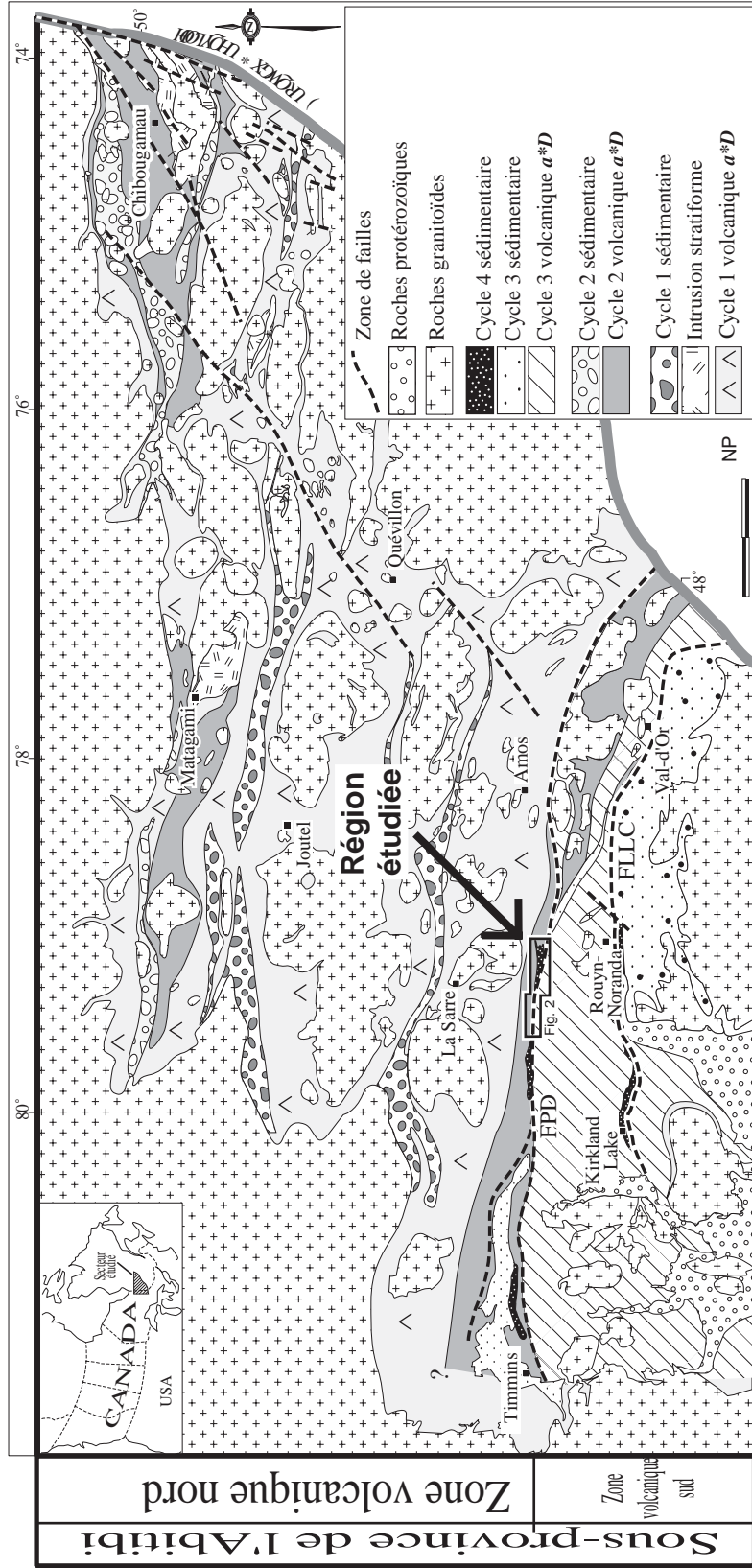


Figure 1 - Carte géologique de la Sous-province de l'Abitibi montrant la localisation de la Faille de Porcupine-Destor (FPD). La séquence supracrustale est divisée en cycles volcaniques et sédimentaires distincts. La région à l'étude est délimitée par un rectangle. FLCC - Faille de Larder Lake-Cadillac. Modifié de Daigneault *et al.* (2000).

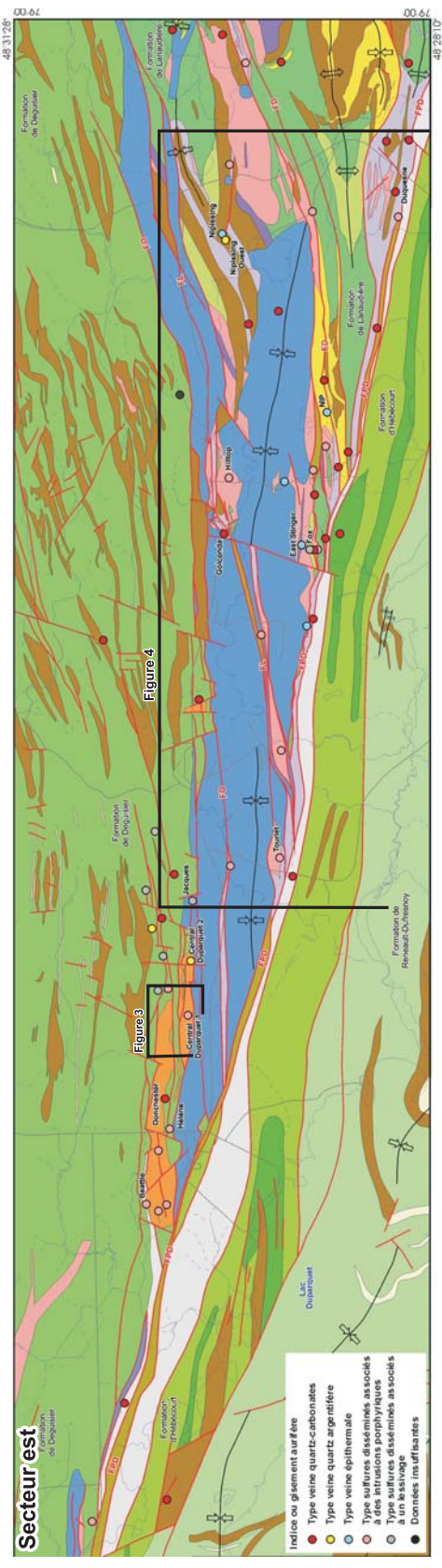
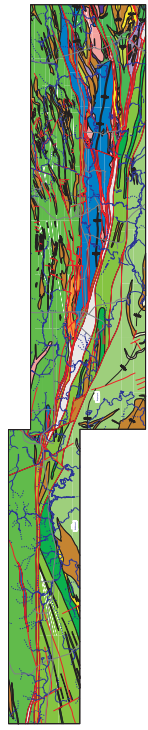
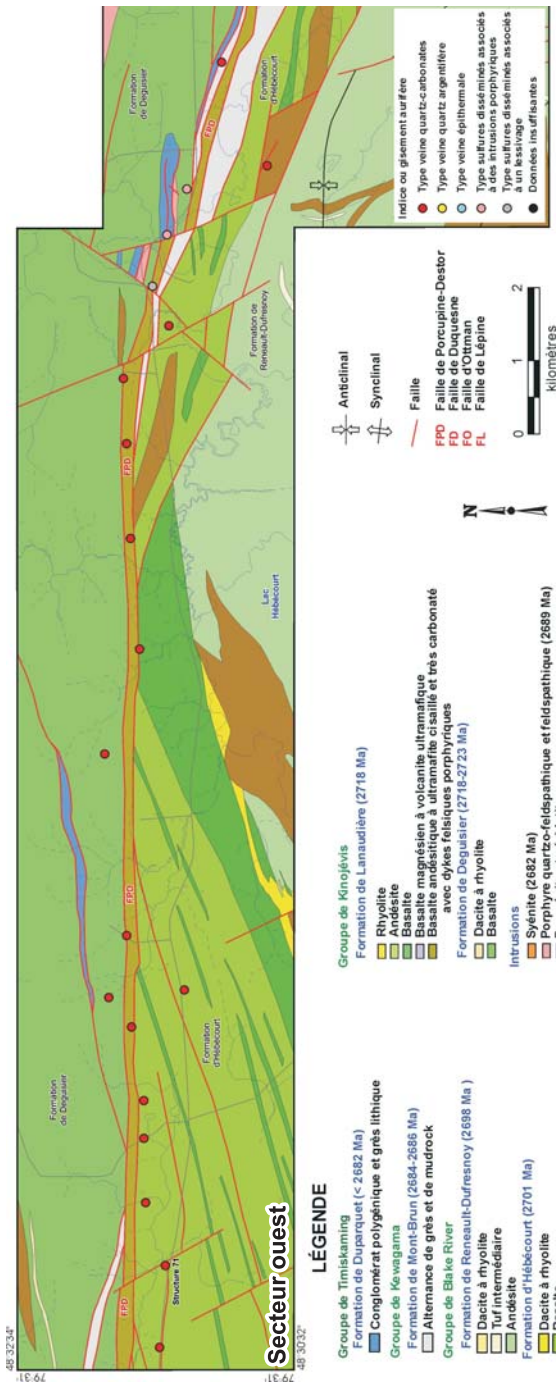


Figure 2 - Cartes géologiques régionales du secteur de la Faille de Porcupine-Destor. La figure est tirée des cartes SIGÉOM (Goutier, 2003a, b, c). Les types de minéralisations aurifères sont illustrés selon différentes couleurs. Les encadrés indiquent la position des figures 3 et 4.

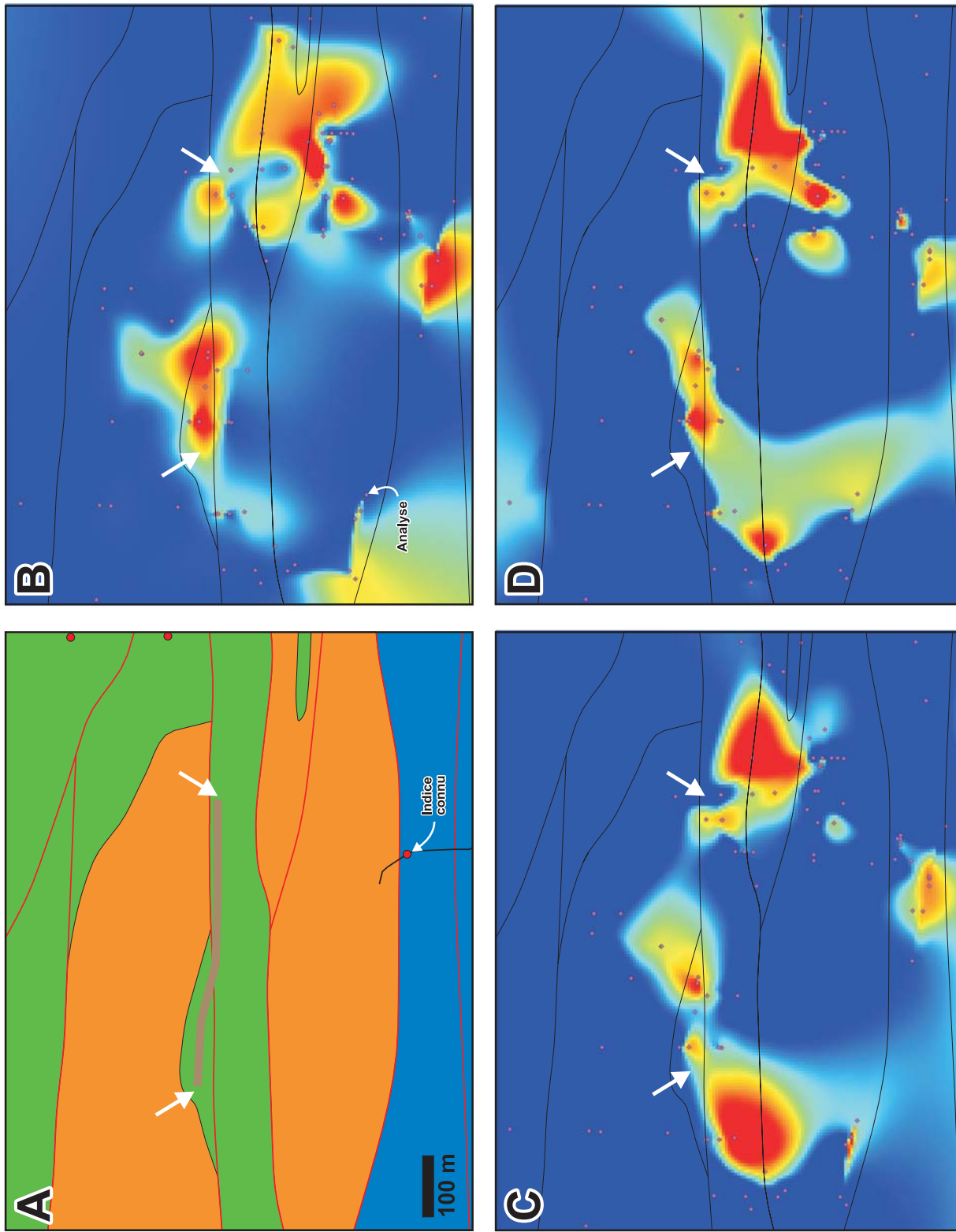


Figure 3 - Secteur du gisement Central Duparquet 1. A) Carte géologique montrant la forte proportion de syénites (orange). Le trait brun représente une nouvelle cible aurifère de type sulfures disséminés associés à une intrusion alcaline déterminée par les figures suivantes. Voir figure 2 pour légende et localisation. B) Indice frais de [Piché, 2004 #1990]. Indice frais = $(AB + OR + AN + CX) / (PE + PL + SR + CL) + (AB + OR + AN + CX) / (AB + OR + AN + CX)$ normatifs. Bleu vers rouge indique des échantillons de plus en plus altérés. C) Quartz normatif. IMP = $SR + PE / SR + PE + AB + OR$ normatifs. Bleu vers rouge indique une quantité de quartz de plus en plus élevée. Étant donné la présence surtout de basalte et de syénite, le quartz normatif représente probablement une silicification. Minéraux normatifs calculés avec NORMAT (Piché et Jébrak, 2004). Les figures B, C et D furent construites à l'aide de Vertical Mapper et MapInfo®. Les abréviations des minéraux selon [MRNQ, 1996 #1965].

Indice ou gisement aurifère

- Type veine de quartz-carbonates
- Type veine de quartz argentifère
- Type veine épithermale
- Type sulfures disséminés associés à des intrusions porphyriques
- Veinules de quartz tardives

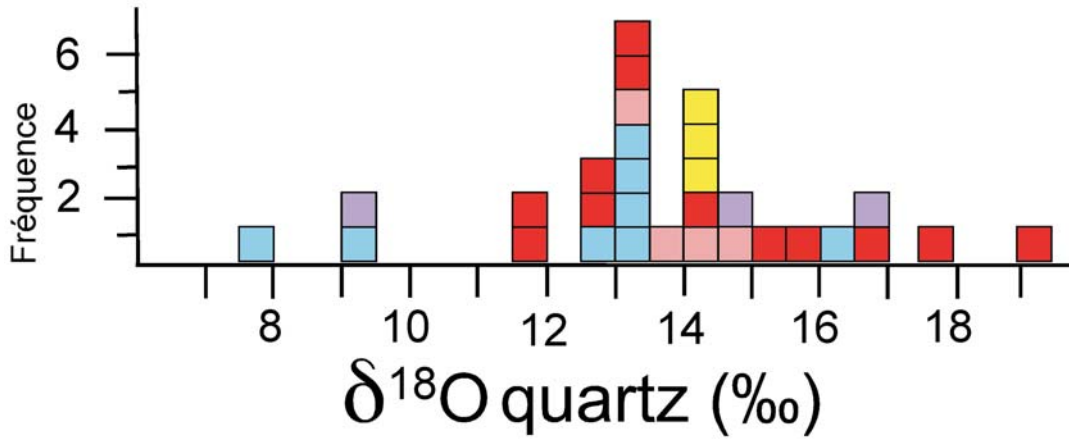


Figure 4 - Histogramme de la composition isotopique du quartz selon les types de minéralisation.

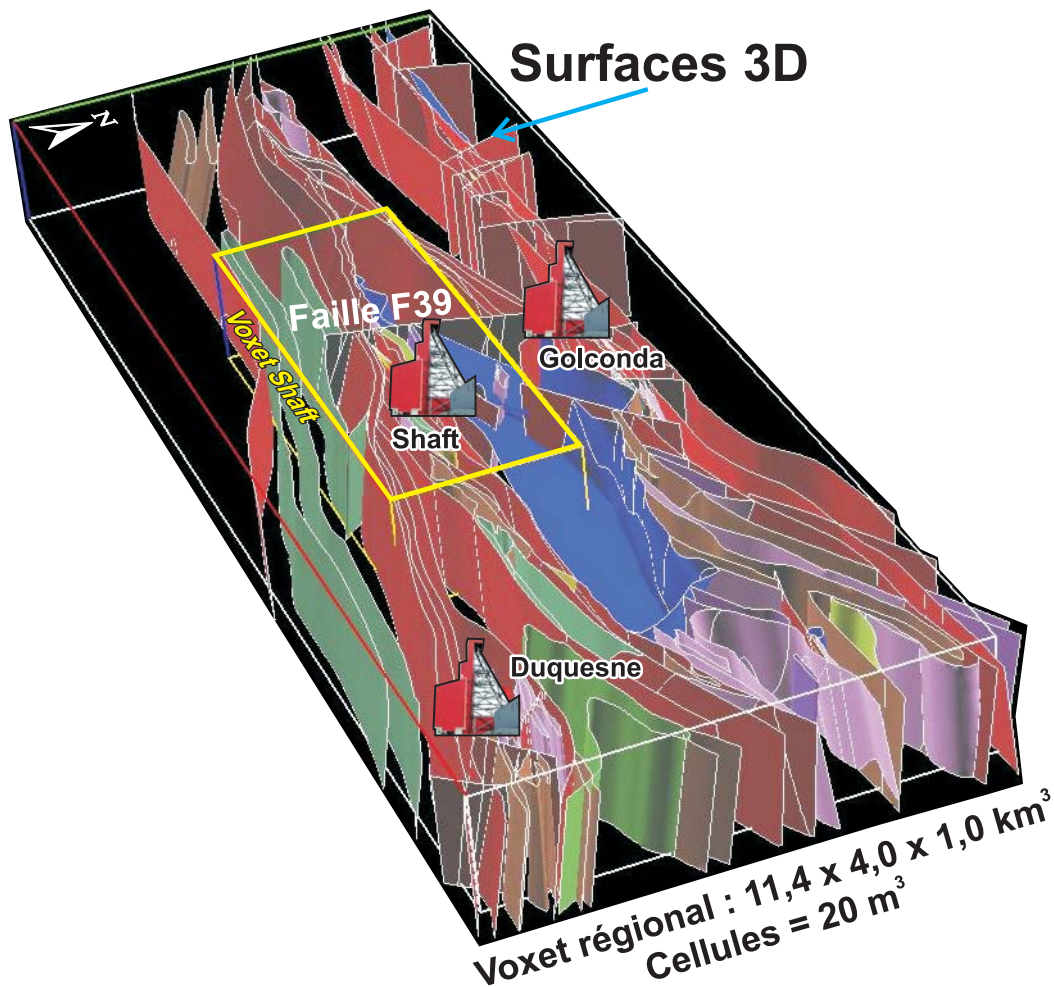


Figure 5 - Surfaces géologiques en 3D d'un segment de la Faille de Porcupine-Destor. Voir figure 2 pour la légende de la carte géologique ainsi que pour la position du voxel.

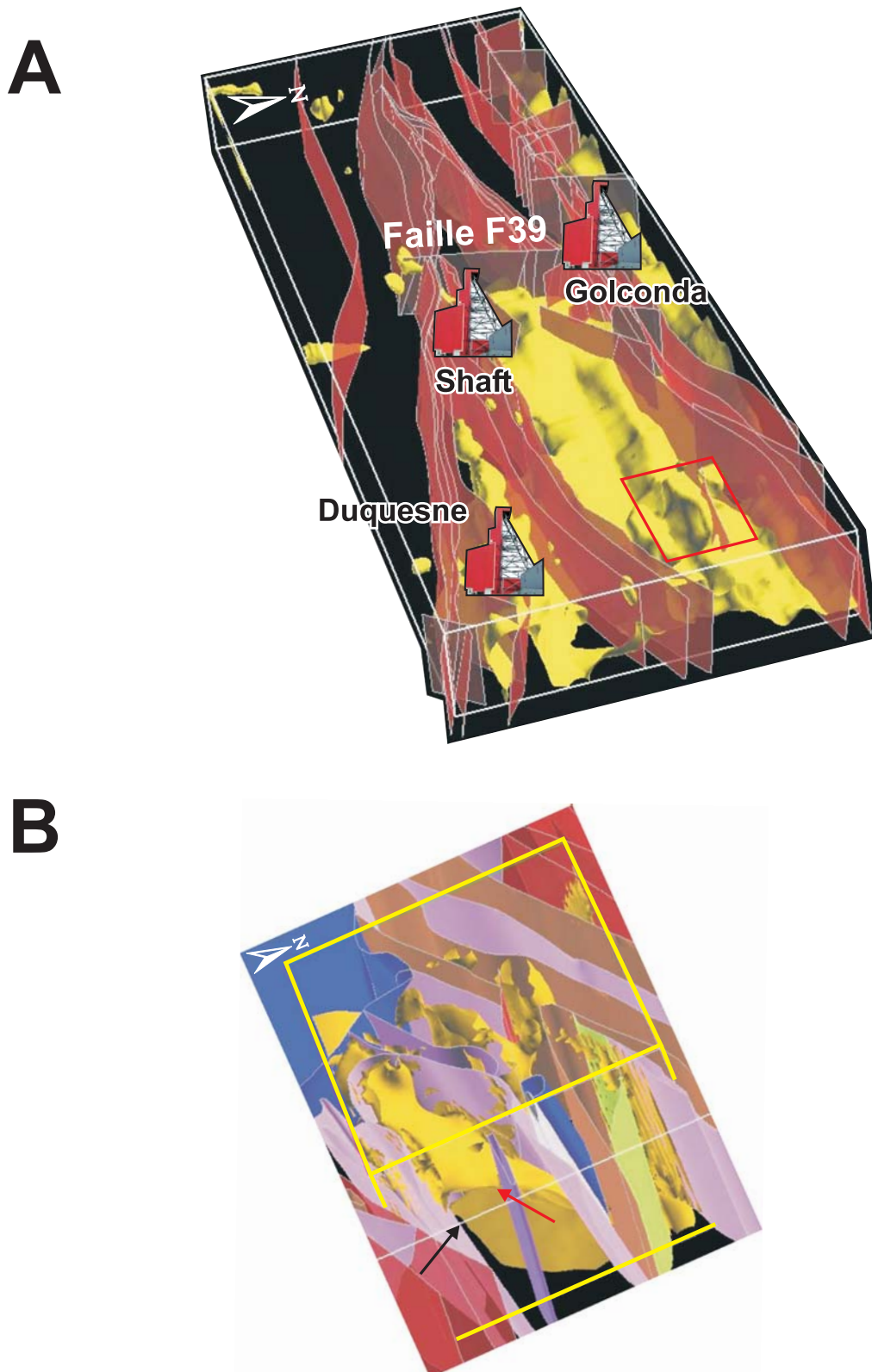


Figure 6 - Inversion magnétique non-contrainte (A) et contrainte (B). L'isosurface de 0,05 SI (A) et 0,1 SI (B) correspond à la susceptibilité magnétique d'un basalte ou d'un gabbro moyen. Dans la figure B, le contact sud du porphyre (flèche noir) est interprété comme étant abrupt, tandis que l'inversion magnétique suggère un contact à plus faible pendage (flèche rouge). Le cadre dans la partie de la figure A illustre la position de la figure B, tandis que le cube dans la figure B montre les limites de l'inversion contrainte.

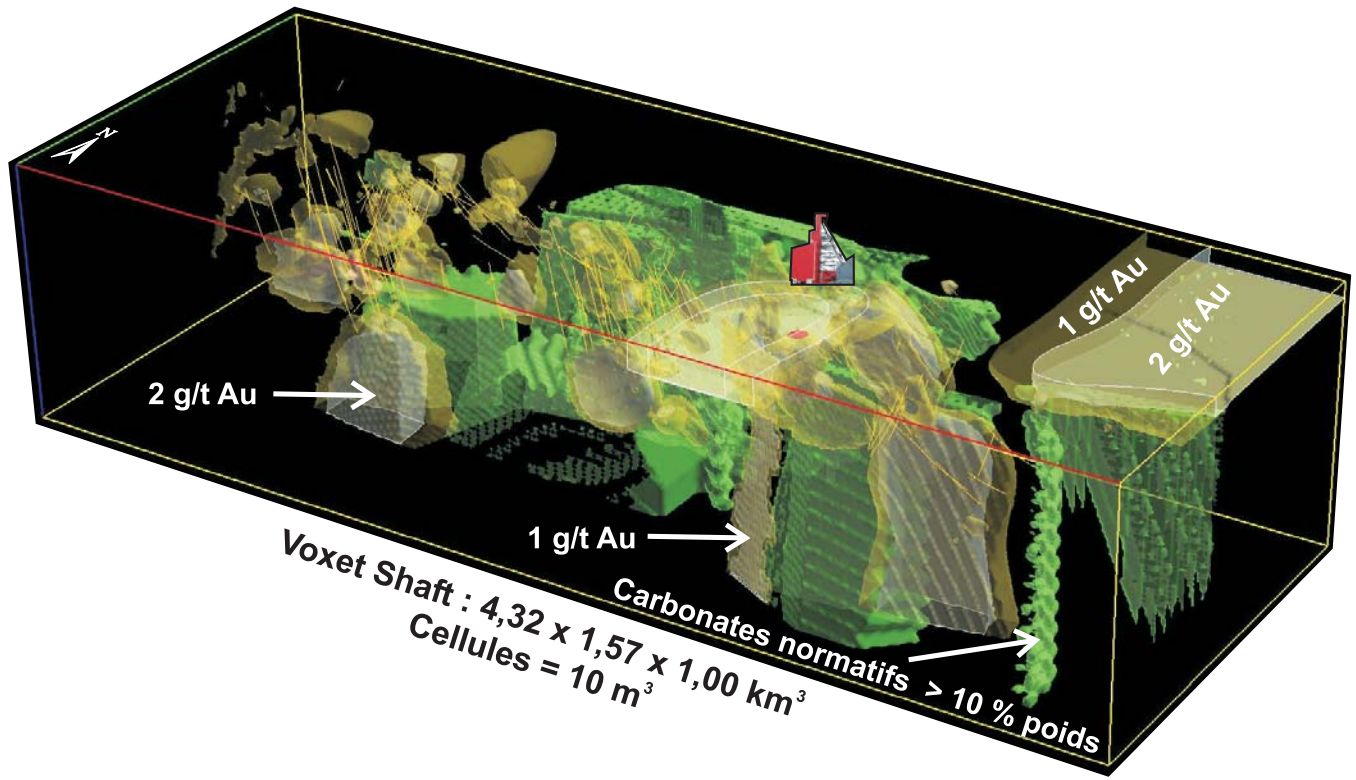


Figure 7 - Isosurfaces des teneurs aurifères (1 et 2 g/t) ainsi que du pourcentage de carbonates normatifs (10 % poids) pour le voxel Shaft. La position de l'indice Shaft est représentée par le chevalement. Les traits jaunes représentent la trace des forages.

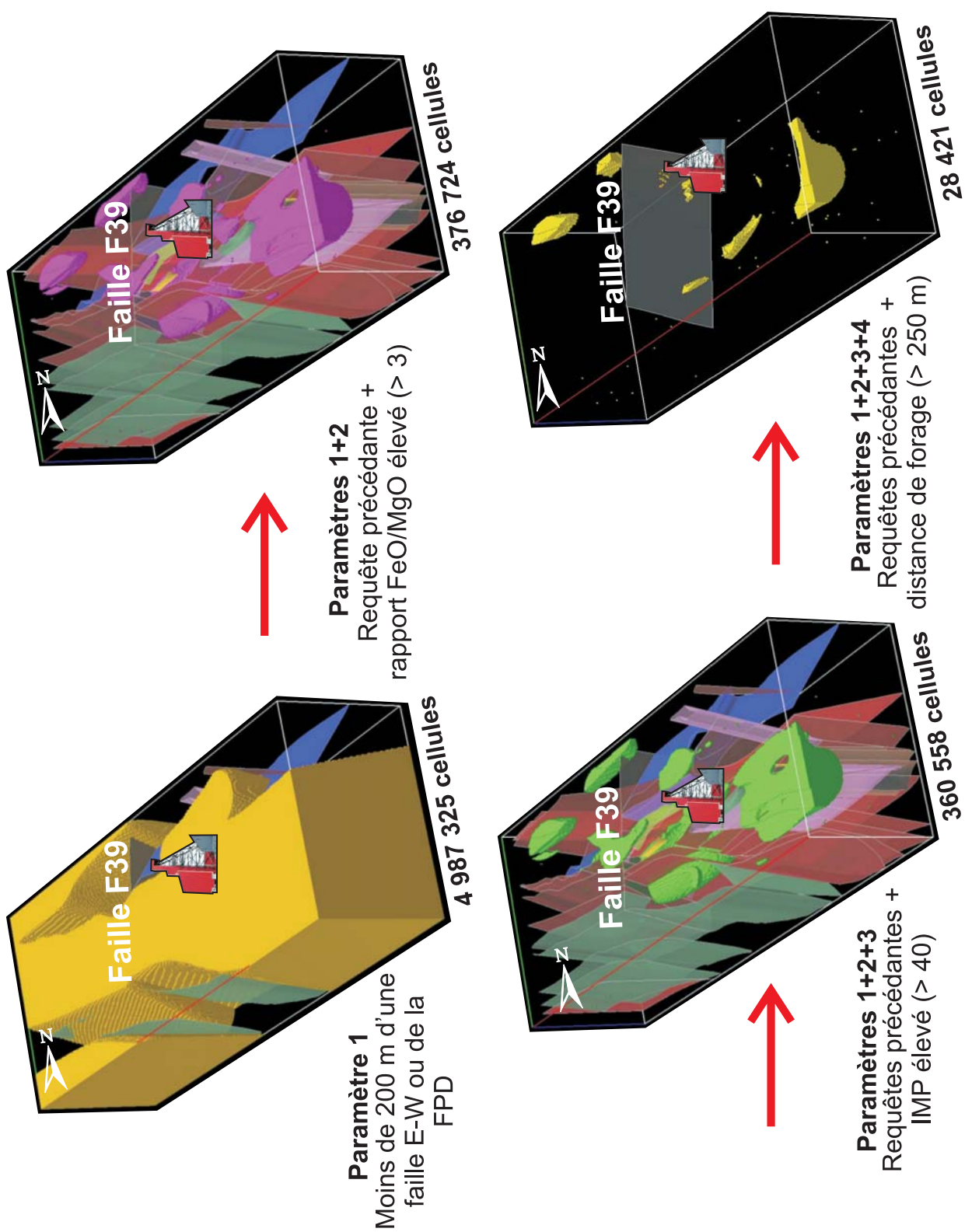


Figure 8 - Exemple de requêtes pour la définition de nouvelles cibles aurifères. Dans cet exemple, le type veine quartz-carbonates est recherché. Voir intitulé de la figure 3 pour la définition du IMP. Minéraux normalisés calculés avec NORMAT (Piché et Jébrak, 2004).

Tableau 1 - Caractéristiques générales des différents types de minéralisation aurifère retrouvée le long de la Faille de Porcupine-Destor.

Type	Veine épithermale	Sulfures disséminés associés à lessivage	Veine quartz-carbonates	Sulfures disséminés associés à une intrusion alcaline	Veine de quartz argentifère
Sous-type	-----	-----	-----	Intrusion alcaline	-----
Style	Veines, veinules	Résidu quartz-pyrite massif	Veines, veinules	Sulfures disséminés	Veines, veinules
Altération¹	Silicification ^{dp} , carbonatation ^{dp} , séricitisation ^{dp} , sulfuration ^p	Séricitisation ^d , carbonatation ^d , sulfuration ^p	Carbonatation ^d , séricitisation ^p , sulfuration ^p	Carbonatation ^d , séricitisation ^d , silicification ^p , sulfuration ^p	Carbonatation ^p , sulfuration ^p
Cortège métallique	Au, Ag, Zn, Cu, Pb, Mo, Hg	Au	Au, As, W	Au, As, Mo	Ag, Au, Cu, Sb, Zn, Hg
Au/Ag²	2,41 ± 3,04 (49)	11,4 ± 17,6 (18)	7,30 ± 11,4 (62)	5,68 ± 4,70 (11)	0,028 ± 0,030 (9)
Encaissant majeur³	Basalte, QFP/FP	Basalte, tuf intermédiaire, QFP/FP	Basalte, komatiite, grès, QFP/FP, gabbro	Syénite, contact de syénite	Gabbro, syénite, basalte
Contrôle	Failles syn-volcaniques ou sédimentaires ?	Failles de deuxième ordre (failles syn-sédimentaires ?)	Failles de premier et de deuxième ordre, contacts lithologiques	Failles de deuxième ordre, contacts lithologiques	Rhéologique près d'un cisaillement E-W
Chronologie	Pré- à syn-déformation régionale	Syn-déformation régionale	Début à tardi-déformation régionale	Syn-déformation régionale	Tardi-déformation régionale
Classification	Gisements épithermaux neutres	Gisements épithermaux acides	Gisements orogéniques	Sulfures disséminés associés à des syénites	Veines Ag-Pb-Zn dans roches métasédimentaires clastiques
Potentiel économique	Faible à moyen	Faible	Moyen à élevé	Moyen à élevé	Faible
Exemples	Nipissing East Stinger NIP	Fox Jacques	Mine Donchester Structure 71 Golconda	Mine Beattie Central Duparquet 1 Hélène	Nipissing Ouest Central Duparquet 2 Nipissing

¹ Étendue de l'altération : distal (d) versus proximale (p)

² Moyenne ± écart-type (nombre d'analyses)

³ QFP – porphyre à quartz et feldspath; FP – porphyre à feldspath