3D 2005-01

Modèle 3D géo-intégré le long du Front du Grenville (1.0)

Documents complémentaires

Additional Files





Licence



License

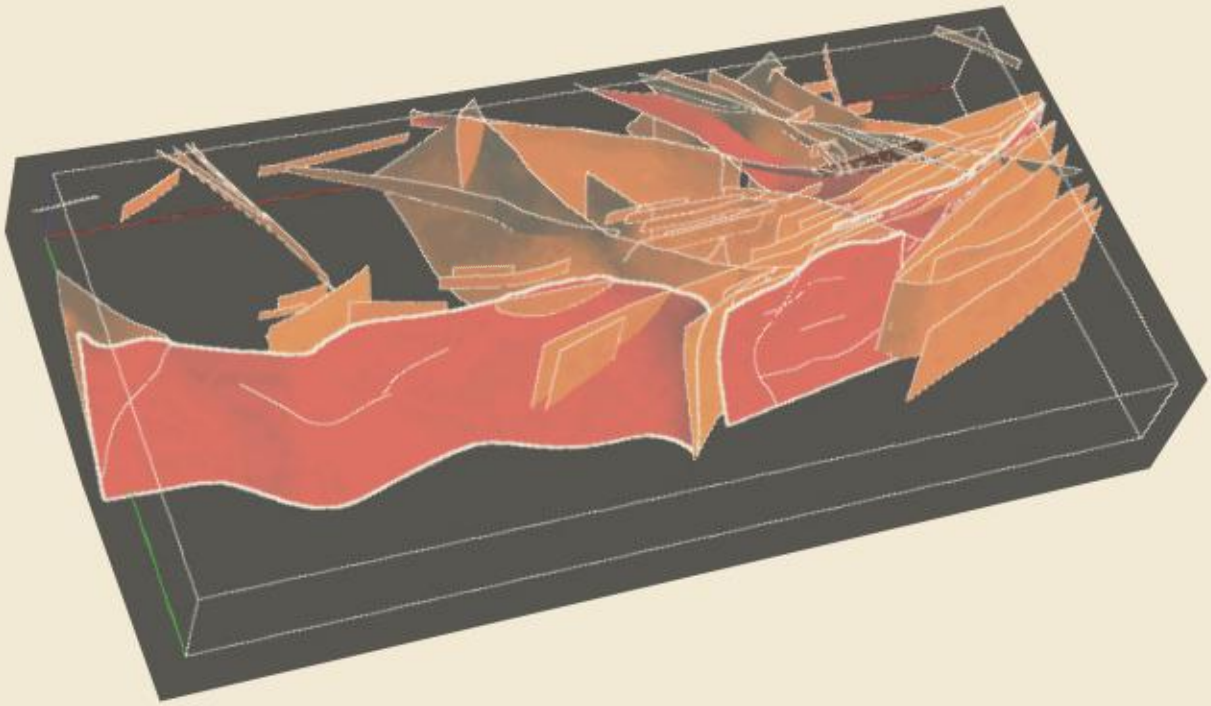
Cette première page a été ajoutée au document et ne fait pas partie du rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources naturelles
Québec

3D 2005-01

Modèle 3D géo-intégré

le long du Front du Grenville (1.0)



2005

Olivier Rabeau
Francine Fallara
Li Zhen Cheng
Michel Hocq
Normand Goulet
Michel Chouteau
Robert Marquis
Denis Bois
Karine Bédard

DIVEX DIVERSIFICATION DE L'EXPLORATION MINÉRALE AU QUÉBEC
URSTM
Québec

Modèle 3D géo-intégré le long du Front du Grenville

Olivier Rabeau[1]
Francine Fallara[1]
Li Zhen Cheng[1]
Michel Hocq[2]
Normand Goulet[3]
Michel Chouteau[4]
Robert Marquis[2]
Denis Bois[1]
Karine Bédard[5]

3D 2005-01

Mots-clés : Grenville, modèle 3D, kimberlite, diamant, gravimétrie

1. URSTM – Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
2. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
3. Université du Québec à Montréal
4. École polytechnique de Montréal
5. Université Laval

DOCUMENT PUBLIÉ PAR GÉOLOGIE QUÉBEC

Direction générale de Géologie du Québec
Robert Marquis
Bureau de l'exploration géologique du Québec
Sylvain Lacroix
Direction de la géoinformation
Pierre Verpaelst

Édition
Louis Madore
Dessin
Johanne Jobidon
Graphisme
Carole Roy

Document accepté pour publication le 29 septembre 2006

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-551-23522-3
© Gouvernement du Québec, 2007

Résumé

Le Front du Grenville est une discontinuité structurale majeure du Bouclier canadien. Il résulte d'une série d'événements tectoniques que l'on associe à une collision continentale. Cette structure complexe sépare la Province de Grenville, au sud-est, des provinces géologiques plus anciennes dont la Province du Supérieur, au nord-ouest. Dans la région à l'étude, le Parautochtone grenvillien est un terrain de haut grade métamorphique qui témoigne de l'exhumation de roches archéennes provenant de niveaux crustaux profonds. Cette exhumation s'est produite lors de l'Orogenèse grenvillienne qui couvre la période entre 1500 et 900 Ma.

Cette étude s'intéresse à la géologie profonde d'un secteur incluant l'intersection entre le Front du Grenville et la suture archéenne qui sépare les sous-provinces de l'Opatica et de l'Abitibi. La zone à l'étude occupe un volume de 150,5 x 70 x 15 km situé entre le 49^{e} parallèle et le 50^{e} parallèle, dans le secteur de Chibougamau.

Le modèle 3D géo-intégré nous permet de faire une interprétation de la géologie en sub-surface pour le secteur à l'étude. La construction du modèle 3D géo-intégré a été effectuée à l'aide de 15 coupes géologiques basées sur les données publiques. Au modèle, s'ajoutent des données provenant de projets de cartographie réalisés depuis 2002 par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (Roy et Cadéron, 2006; Roy, *et al.* 2005; Bandyayera *et al.* 2005; Bandyayera *et al.* 2004) ainsi que d'études réalisées à l'Université du Québec à Montréal sur la caractérisation des structures de chevauchement (Goulet et Cadéron, 2003). Le modèle 3D permet d'améliorer la carte géologique et d'identifier des zones d'intersection entre des structures profondes. Il permet aussi de préciser le sens du mouvement sur certaines structures importantes et d'identifier les failles de chevauchement. Des traitements numériques d'inversion géophysique ont été effectués à partir de données issues de banques de données des gouvernements provincial et fédéral ainsi que d'un nouveau levé gravimétrique à travers le Front du Grenville effectué dans le cadre de cette étude.

TABLE DES MATIÈRES

LOCALISATION....5

INTRODUCTION....5

OBJECTIFS DU PROJET....6

CONTEXTE GÉOLOGIQUE....6

MÉTHODOLOGIE....6
Intégration des données et modélisation 3D....8
Nouveau levé gravimétrique au sol....9
Traitement des données géophysiques....9
Analyse des données....11

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS....12

RÉFÉRENCES....14

ANNEXE - Liste des fichiers de données....15

LOCALISATION

La région à l'étude s'étend sur une portion du Front du Grenville, dans un secteur où on observe l'intersection entre le Front du Grenville et la suture archéenne qui sépare les sous-provinces de l'Opatica et de l'Abitibi (figures 1 et 5). La zone modélisée est située dans le secteur de Chibougamau, entre le 49^{e} parallèle et le 50^{e} parallèle. Elle occupe un volume de 150,5 x 70 x 15 km.

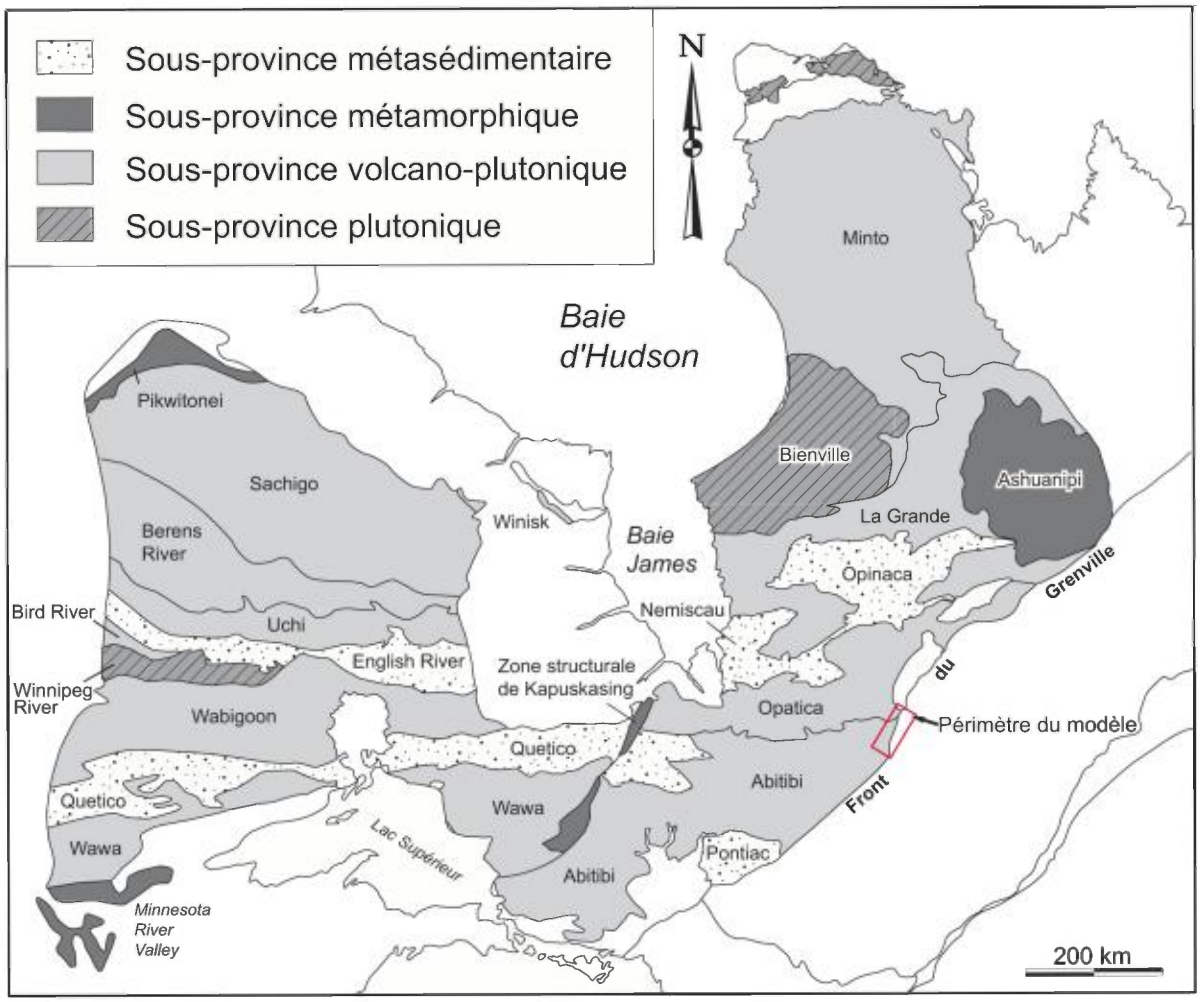


FIGURE 1 - Grandes divisions de la Province géologique du Supérieur et localisation du périmètre du modèle 3D géo-intégré (carte modifiée de Goutier *et al.*, 2001).

INTRODUCTION

Plusieurs études à travers le monde montrent qu'il est possible d'établir un lien entre la mise en place des kimberlites diamantifères et les grandes structures de la croûte terrestre réactivées près d'un front orogénique (White *et al.*, 1995; Kaminsky *et al.*, 1995). Au Québec, il est possible d'observer ce genre de phénomène dans le secteur des monts Torngat et des monts Otish.

Ce projet tente, à travers l'étude structurale d'un front orogénique, de développer un outil d'exploration qui permettra de localiser les zones de faiblesse de la croûte terrestre afin de cibler les endroits où les intrusions de kimberlite sont susceptibles de se trouver.

OBJECTIFS DU PROJET

Ce projet de modélisation 3D géo-intégré vise à :

- développer un nouvel outil d'exploration pour les kimberlites diamantifères près d'un front orogénique,
- identifier les linéaments géologiques pouvant correspondre à des structures profondes et évaluer leur importance à partir des données géophysiques,
- proposer des cibles d'exploration pour les kimberlites diamantifères à proximité d'un front orogénique, en se basant sur la localisation de zones de fracturation en profondeur.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le Front du Grenville est une discontinuité structurale majeure du Bouclier canadien. Il résulte d'une série d'événements tectoniques que l'on associe à une collision continentale. Cette structure complexe sépare la Province de Grenville, au sud-est, des provinces géologiques plus anciennes dont la Province du Supérieur, au nord-ouest. Dans la région à l'étude, le Parautochtone grenvillien est adjacent aux sous-provinces de l'Abitibi et d'Opatica. Il représente un terrain de haut grade métamorphique qui témoigne de l'exhumation de roches archéennes provenant de niveaux crustaux profonds. Cette exhumation s'est produite lors de l'Orogenèse grenvillienne qui couvre la période entre 1500 et 900 Ma

À l'échelle locale, le Front du Grenville se présente comme une zone de transition complexe constituée de domaines structuraux et métamorphiques, imbriqués tectoniquement à la faveur de failles ayant enregistré des déplacements de plusieurs kilomètres. Des travaux de cartographie à l'échelle de 1/50 000 ainsi qu'une étude sur le métamorphisme, effectués par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, sont actuellement en cours. Les nouvelles données recueillies lors de ces travaux permettront de raffiner notre compréhension du Front du Grenville, notamment en quantifiant le mouvement le long des failles où les déplacements verticaux sont les plus considérables.

MÉTHODOLOGIE

Ce projet d'étude a été élaboré en quatre grandes étapes :

- Une première étape consiste à intégrer les données géoscientifiques disponibles sur une plateforme numérique à référence spatiale en 3D.
- Par la suite, l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (URSTM) a réalisé un levé gravimétrique au sol le long de la route 167.
- Les données magnétiques et gravimétriques disponibles pour le secteur à l'étude proviennent du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (Auger, 1988; Dion, 1993; Produits et services en ligne du ministère), du site Internet des Ressources naturelle du Canada ainsi que du nouveau levé gravimétrique au sol effectué dans le cades de cette étude. Ces données sont intégrées au modèle puis traitées, notamment en y effectuant des calculs d'inversion géophysique.
- Pour achever cette étude, nous avons effectué une analyse du modèle à l'aide de requêtes. Cette analyse a permis de visualiser des structures cassantes et les zones d'intense fracturation jusqu'à une profondeur de 15 km.

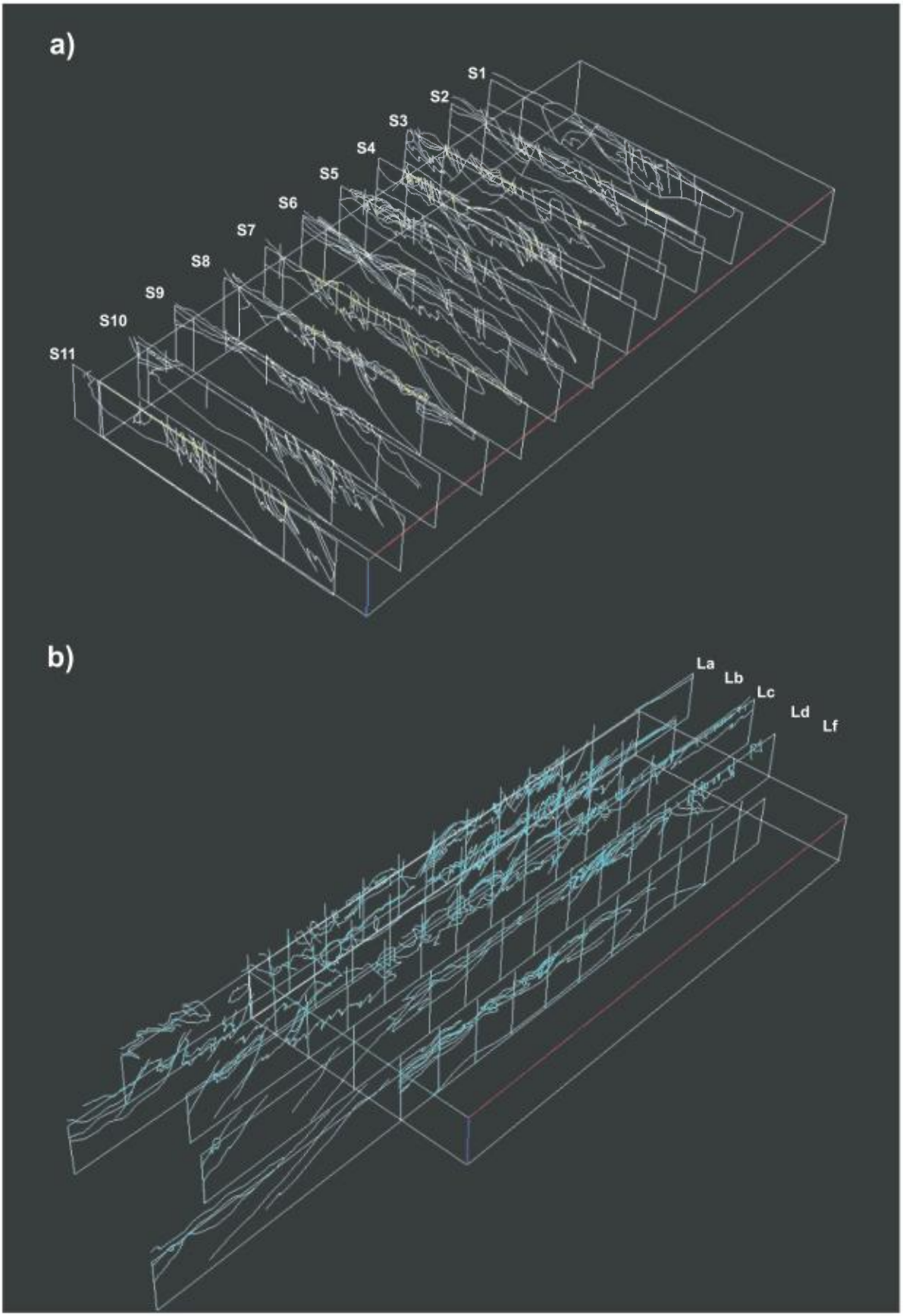


FIGURE 2 - Coupes géologiques servant à construire la géologie en 3D. Ces coupes sont réparties en a) 11 sections transversales et b) 5 sections longitudinales.

Intégration des données et modélisation 3D

La première étape consiste à intégrer les données géologiques de surface et les données géophysiques, notamment la gravimétrie, très utile pour investiguer les structures profondes. Ces données comprennent les cartes des la géologie de surface de la région, les données structurales ainsi que les coupes géologiques construites spécifiquement pour le projet.

Par la suite, une géologie en 3D a été interprétée à partir des 16 coupes géologiques comprenant onze sections transversales et cinq sections longitudinales. Ces coupes ont été produites à partir de données diffusées par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Elles sont présentées sur la figure 2.

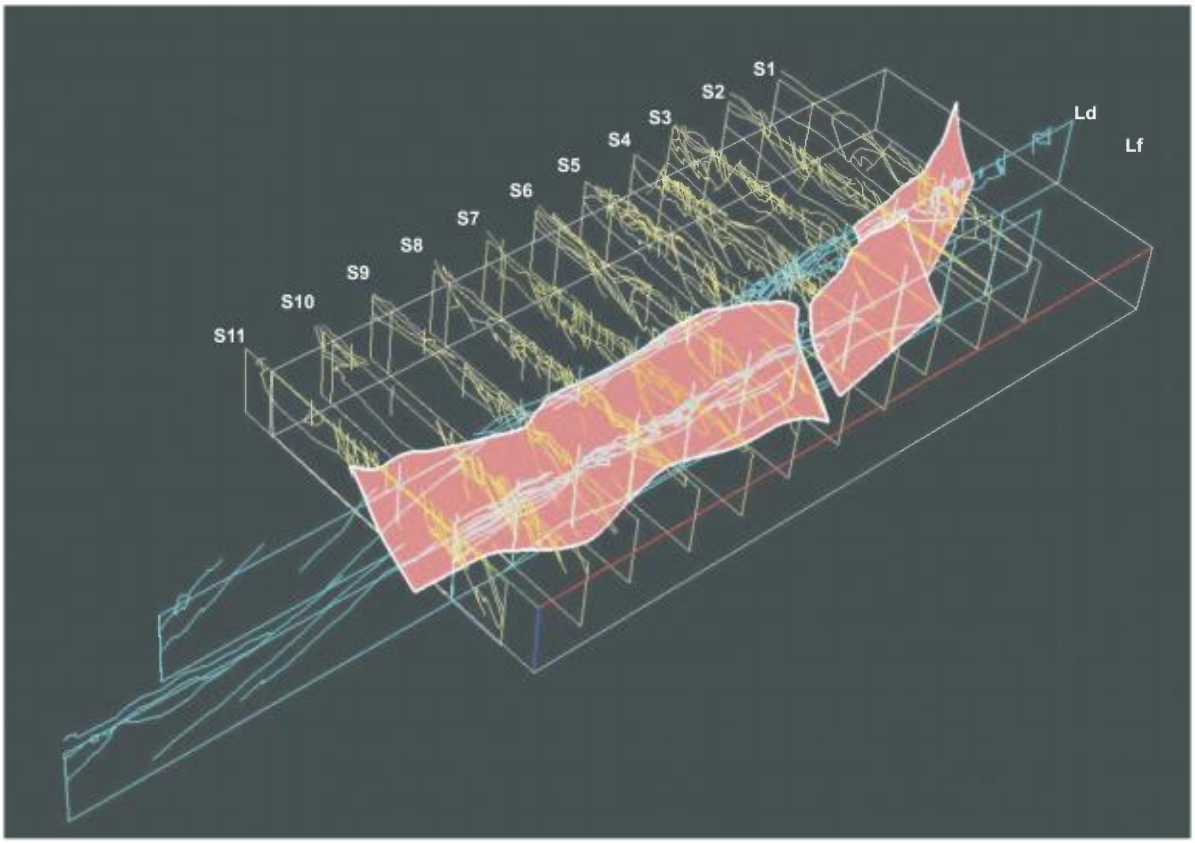


FIGURE 3 - Exemple de surfaces triangulées construites à l'aide des coupes géologiques. Les surfaces en rouge représentent le Front du Grenville.

Dans le volume du modèle 3D, les différentes entités géologiques (contacts et failles) sont représentées graphiquement par une surface triangulée, c'est-à-dire un polygone plus ou moins complexe, positionné en x, y et z. Ces surfaces sont construites de façon à respecter les relations de recoupement entre les entités. La figure 3 présente les surfaces triangulées correspondant au Front du Grenville.

Pour le modèle 3D, 169 surfaces ont été crées. De ces surfaces, 66 représentent des failles alors que 103 sont des contacts lithologiques. Ces surfaces divisent le volume du modèle en régions tridimensionnelles. Chacune de ces régions est constituée de cellules auxquelles on assigne un grand

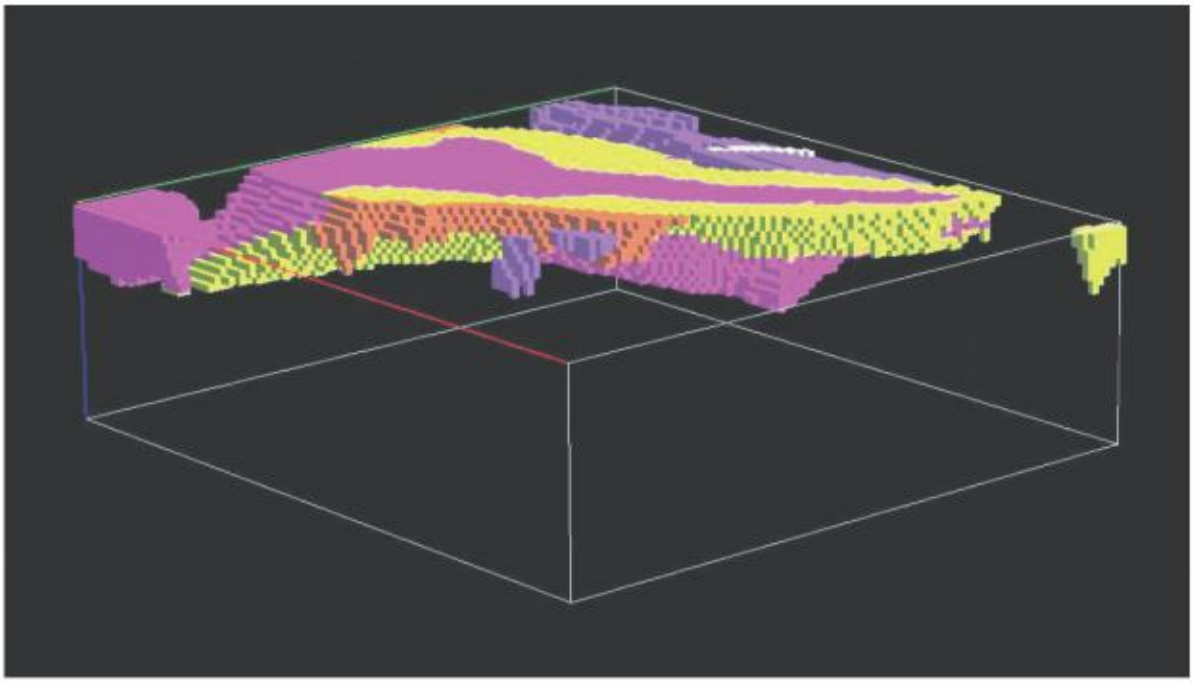


FIGURE 4 - Exemple de régions tridimensionnelles générées à partir du modèle 3D géo-intégré. Ces régions représentent une partie du Complexe du Lac Doré et du Pluton de Chibougamau.

nombre de propriétés relatives au corps géologique représenté. Ainsi, pour chaque cellule, il est possible d'associer des informations concernant la propriété physique (densité, magnétisme) ou lithologique (composition chimique, minéralogie). Il est aussi possible d'associer à une cellule des informations de nature plus complexe comme les indices d'altération basés sur différentes méthodes d'évaluation géochimique. La figure 4 présente un exemple de régions tridimensionnelles générées pour le modèle.

Nouveau levé gravimétrique au sol

Pour mener à terme ce projet, il a été jugé nécessaire de réaliser un levé gravimétrique complémentaire aux données diffusées par le ministère des Ressources naturelles du Québec et par Ressources naturelle du Canada. Ce levé gravimétrique au sol a été effectué pendant la saison estivale 2004, le long de la route 167 dans le secteur de Chibougamau (figure 5). Les stations ont été choisies avec un espacement d'environ 500 m. Le gravimètre utilisé pour le levé était un SCINTREX CG-5 AutoGrav d'une résolution de 0,001 mGal. L'altitude de chacune des stations a été mesurée en faisant le rapport entre une station mobile de mesures de pression atmosphérique et une station fixe.

Traitement des données géophysiques

Afin de mieux contraindre le modèle géologique et pour valider la géométrie des corps géologiques en profondeur, les données de magnétisme et de gravimétrie disponibles ont été intégrées au modèle 3D. Les données gravimétriques sont particulièrement utiles puisqu'elles nous informent sur les contrastes de densité à une très grande profondeur. À partir de calculs d'inversion sur les données gravimétriques, nous pouvons identifier des failles ou des discontinuités géophysiques majeures pouvant servir de conduits lors de la mise en place de kimberlites. Deux types de calcul d'inversion ont été effectués. Dans un premier temps, nous avons procédé à un calcul d'inversion géophysique non contrainte sur l'ensemble de la région étudiée. Cette première étape nous a permis de choisir un secteur plus restreint sur lequel un calcul d'inversion géophysique contrainte a été faite. La répartition des données gravimétriques utilisées pour le modèle 3D ainsi que la localisation du secteur ayant fait l'objet d'un calcul d'inversion géophysique contrainte sont présentées à la figure 6.

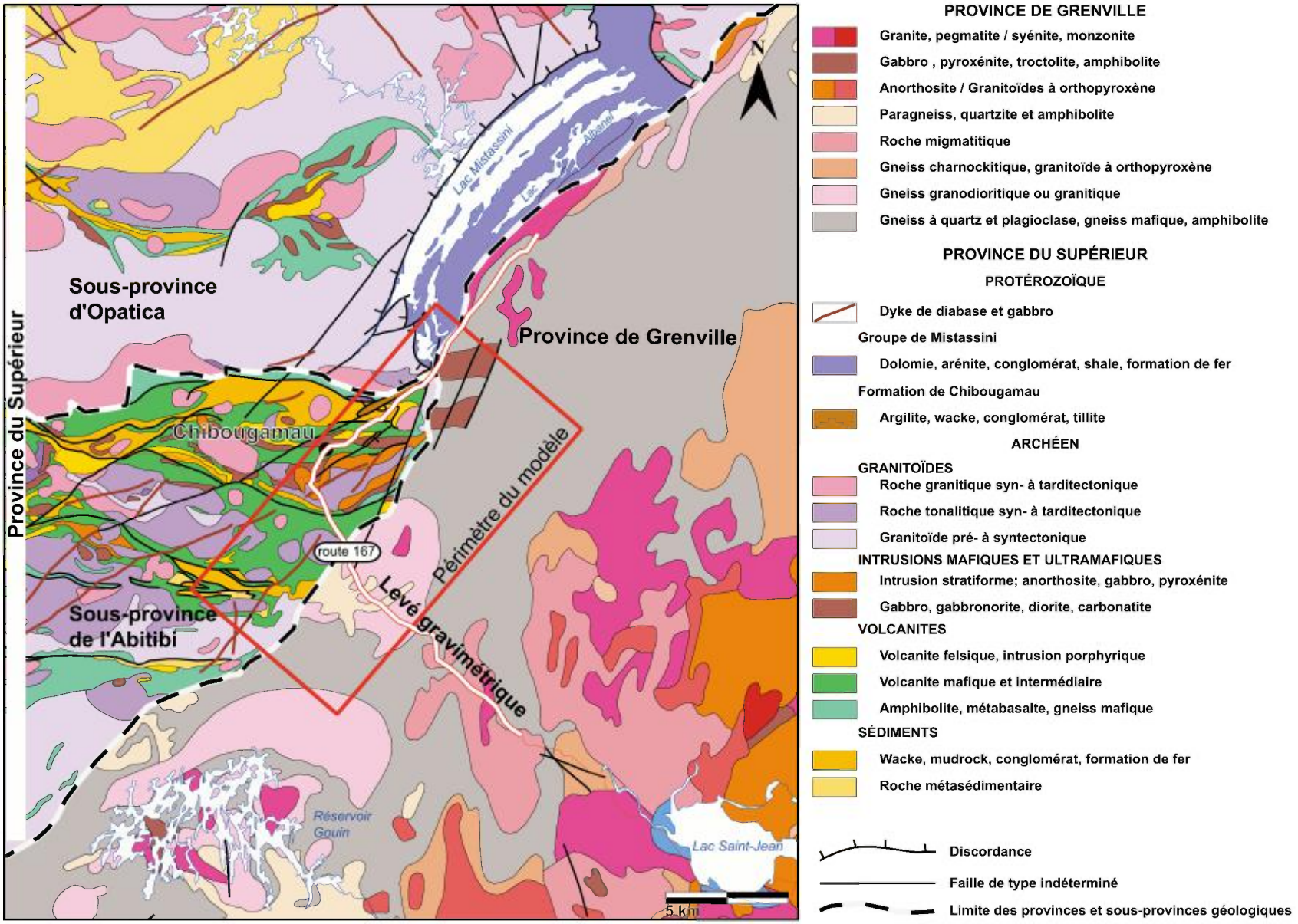


FIGURE 5 - Géologie régionale, périmètre du modèle 3D géo-intégré et tracé du levé gravimétrique effectué dans le cadre du projet.

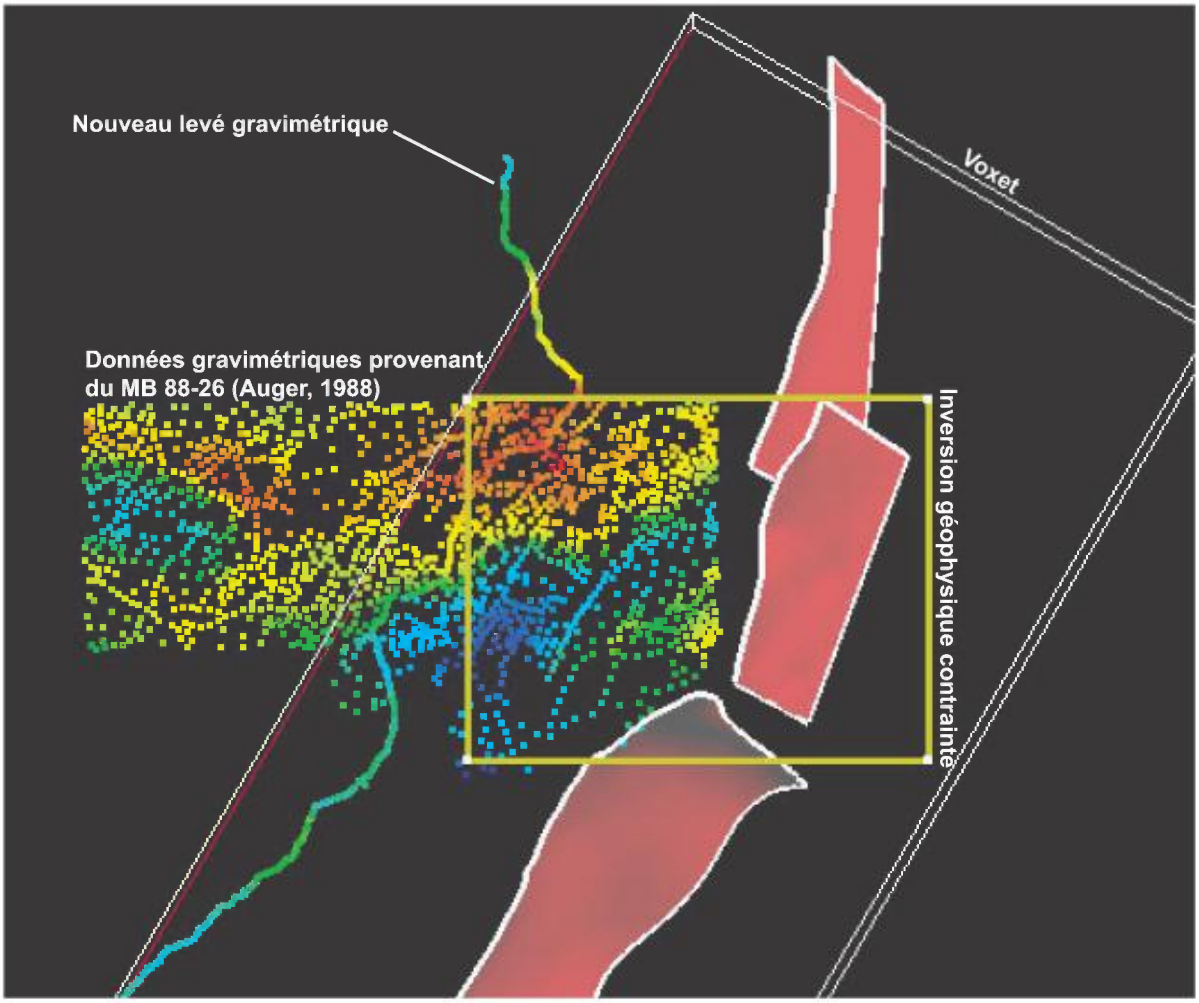


FIGURE 6 - Répartition des données gravimétriques utilisées pour le modèle 3D et localisation du secteur faisant l'objet d'un calcul d'inversion géophysique contrainte. Les surfaces en rouge représentent le Front du Grenville.

Analyse des données

Une fois le modèle 3D géo-intégré terminé et validé, nous avons effectué une requête permettant de localiser précisément les endroits où il y a recoupement entre plusieurs failles. Toutes les failles qui ont été modélisées et qui servent à cette requête est présentée à la figure 7. Les résultats de la requête, visualisables en 3D, sont présentés à la figure 8.

Les zones de recoupement entre les failles constituent des structures linéaires qui sont des endroits bien délimités où la croûte terrestre est affectée par une fracturation particulièrement intense. L'identification des zones de fracturation intense à la surface, combinée à des traitements d'inversion géophysique contrainte et plus particulièrement pour les données gravimétriques, permettent d'étendre l'interprétation des principaux réseaux de fracturation jusqu'à une profondeur de 15 km. Ces réseaux de fracturation représentent des zones de faiblesse à l'échelle crustale qui favorisent la mise en place de kimberlite.

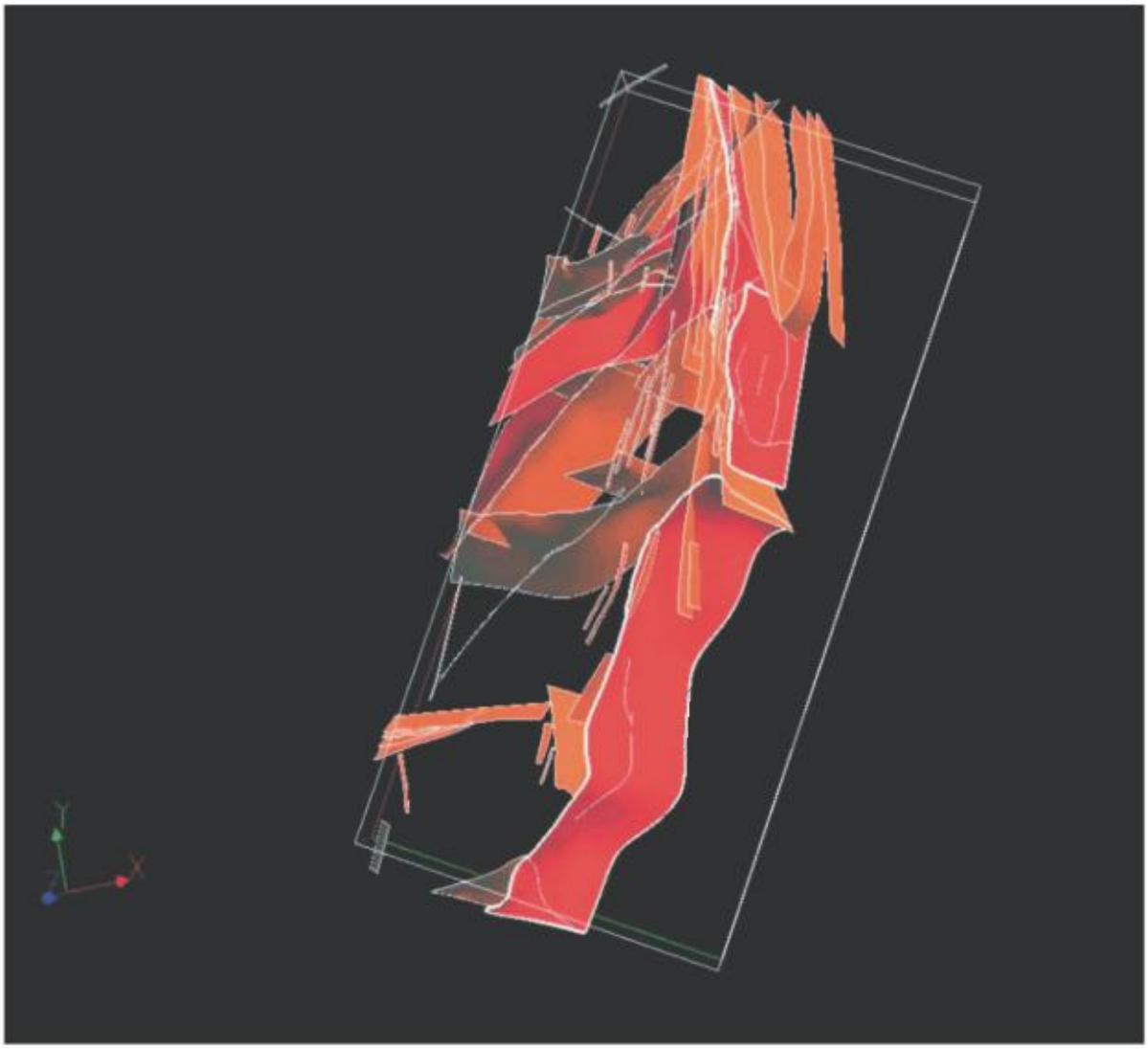


FIGURE 7 - Totalité des failles modélisées. Ces failles servent à déterminer les zones de recoupements entre les plans de fracturation.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Ce projet a permis de développer un nouvel outil prévisionnel adapté à l'exploration pour le diamant. Le contexte géologique du secteur à l'étude est très particulier puisqu'il inclut l'intersection entre le Front du Grenville et la suture archéenne qui sépare les sous-provinces de l'Opatica et de l'Abitibi, mettant en relation trois ensembles géologiques qui se distinguent par leurs âges respectifs, leurs compositions lithologiques et leurs caractéristiques tectono-métamorphiques. De prime abord, ce secteur possède un potentiel intéressant pour la découverte de kimberlites diamantifères.

Pour initier l'étude, nous avons tout d'abord intégré l'information géologique et géophysique pertinente dans le logiciel gOcad, une plateforme numérique géoréférencée en 3D. Cette étape a permis de bâtir une géologie en 3D du secteur à l'étude. Par la suite, nous avons concentré nos travaux sur les zones fracturées pour faire ressortir les zones de faiblesse dans la croûte terrestre. Ces zones sont propices à la mise en place de roches intrusives très profondes, notamment les kimberlites.

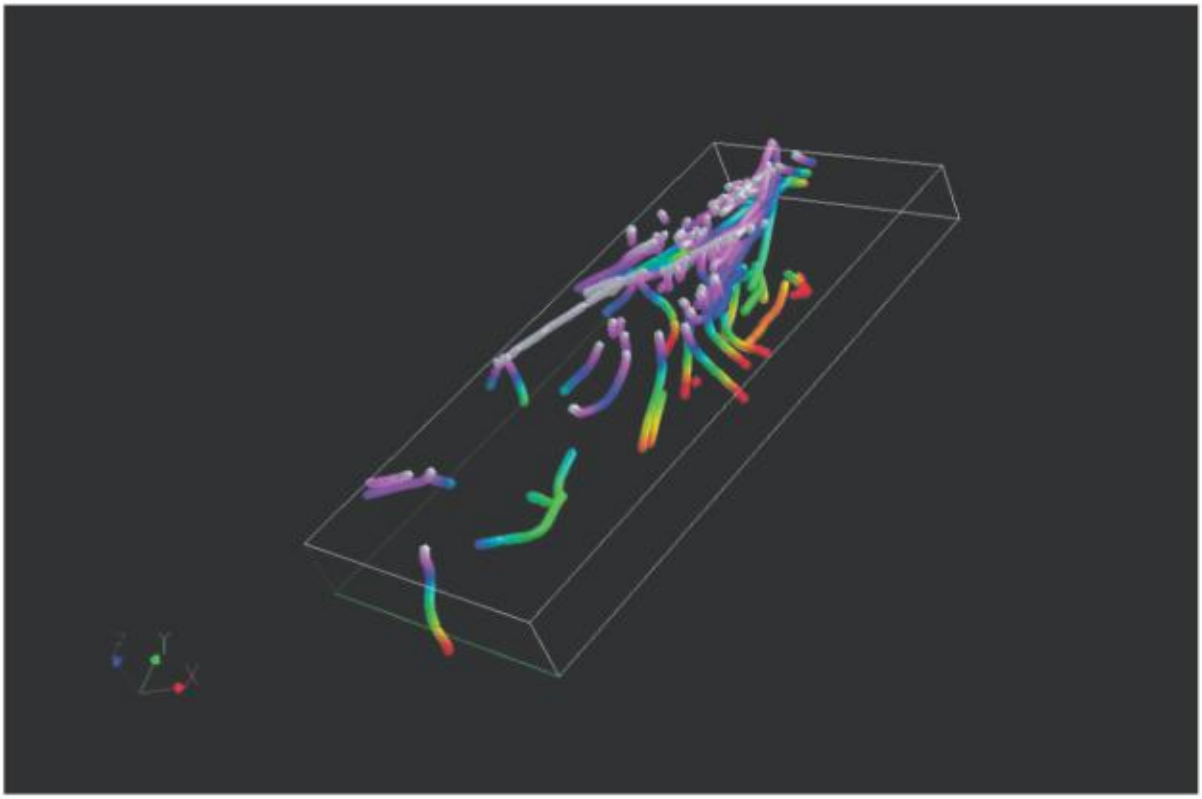


FIGURE 8 - Zones d'intersections entre failles correspondant à des zones de faiblesse à l'échelle crustale.

Après avoir développé des requêtes permettant d'analyser le modèle, nous avons pu identifier des structures cassantes et les zones d'intense fracturation jusqu'à une profondeur de 15 km. Il faudrait toutefois être en mesure de poursuivre ces structures cassantes et ces zones d'intense fracturation à une profondeur encore plus considérable. Pour ce faire, il faudra effectuer de nouveaux travaux, notamment l'exécution de nouveaux levés gravimétriques ou sismiques beaucoup plus détaillés.

Pour en savoir plus sur nos travaux, visitez le site Internet du Centre de modélisation géologique 3D de l'Abitibi-Témiscamingue.

RÉFÉRENCES

AUGER, A., 1988 – Levé gravimétrique dans la région de Chibougamau-Chapais. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 88-26, 74 pages, 12 cartes à l'échelle de 1/50 000.

BANDYAYERA, D. – CADÉRON, S. – HOULE, P. – SHARMA, K. N. M., 2005 – Géologie de la région du lac Mitshisso (32H13). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2005-04, 12 pages, 4 carte à l'échelle de 1/20 000.

BANDYAYERA, D. – RHÉAUME, P. – CADÉRON, S. – GIGUÈRE, E. – SHARMA, K. N. M., 2004 – Géologie de la région du lac Lagacé (32B/14). Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec; RG 2004-02, 32 pages, 4 cartes à l'échelle de 1/20 000.

DION, D.J., 1993 – Données gravimétriques dans la région de l'Abitibi (Chibougamau, Rouyn-Noranda, Val-d'Or) et de Manicouagan. Ministères des Ressources naturelles, Québec; MB 93-61X, données numériques.

GOULET, N. – CADÉRON, S. – HOULE, P., 2003 – Cr-uvarovite garnet in Archean «ophiolite», Abitibi Greenstone belt: Implications for diamond and Ni-Co mineralisations in the Cummings Complex, Quebec, Canada. *In:* Vancouver 2003, GAC-MAC-SEG Joint Annual Meeting, May 25-28, Vancouver, Canada; Abstracts volume 28, 1 CD-ROM.

GOUTIER, J. – DION, C. – OUELLET, M.C., 2001 – Géologie de la région de la colline Bezier (33G/12) et du lac de la Montagne du Pin (33G/13). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2001-13, 53 pages, 2 cartes à l'échelle de 1/50 000.

KAMINSKY, F.V. – FELDMAN, A.A. – VARLAMOV, V.A. – BOYKO, A.N. – OLOFINSKY, L.N. – SHOFMAN, I.L. – VAGANOV, V.I., 1995– Prognostication of primary diamond deposits. Journal of Geochemical Exploration; volume 53, pages 167-182.

ROY, P. – CADÉRON, S., 2006 – Géologie de la région des lacs Rohault et Bouteroue (32G08-200-0101 et 32G08-200-0102). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2006-02, 22 pages, 2 cartes à l'échelle de 1/20 000.

ROY, P. – TURCOTTE, S. – CADÉRON, S. – HOULE, P. – SHARMA, K. N. M., 2005 – Géologie de la région du lac Charron (32G08 et 32G09), Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RG 2005-02, 35 pages, 3 cartes à l'échelle de 1/20 000.

WHITE, S.H. – BOORDER, H. – SMITH, C.B., 1995– Structural controls of kimberlite and lamproite emplacement. Journal of Geochemical Exploration; volume 53, pages 245-264.

ANNEXE - Liste des fichiers de données

3D 2005-01 - Modèle 3D géo-intégré le long du Front du Grenville	
Répertoires et sous répertoires	Description des fichiers de données
Données gOcad	
OBJETS gOcad	
GRENVILLE_COLORMAPS_2005	• Fichier Excel (.xls) servant à établir la palette de couleurs des zones géologiques • Fichier à importer dans gOcad (.CMAP) pour définir la palette de couleurs des zones géologiques du modèle 3D
GRENVILLE_GEOLOGY_2005	• Fichiers 2D et 3D des données géologiques (affleurement, structure, contact, faille, pli, surface lithologique…)
GRENVILLE_GEOPHYSICS_2005	• Fichiers 2D et 3D des données géophysiques provenant de levés aéromagnétiques, de mesures de susceptibilité magnétique et de levés gravimétriques
GRENVILLE_SECTIONS_2005	• Fichiers des tracés de sections transversales et longitudinales utilisées pour la construction du modèle 3D
GRENVILLE_TOPOGRAPHY_2005	• Fichiers contenant les point et courbes d'élévation, le tracé du réseau routier et hydrographique, les surfaces topographiques…
GRENVILLE_ZMODELS_2005	• Fichiers contenant les voxets des constituant du modèle 3D géo-intégré
PROJETS gOcad	
GRENVILLE_QUERIES_2005.prj	• Fichiers contenant les résultats des requêtes
SURFACES.pjr	• Fichiers des surfaces servant à construire le modèle géologique en 3D
SURFACES-voxets.pjr	• Fichiers contenant les résultats des calculs d'inversion géophysique contrainte et non contrainte et des voxets divisés en régions géologiques
Données de base	
COUPES_GÉOLOGIQUES	• Fichiers AutoCAD (.dxf) des sections longitudinales et transversales
LEVÉ_GRAVIMÉTRIQUE	• Fichier ASCII (.txt) des valeurs provenant du levé gravimétrique réalisé dans le cadre de cette étude
Carte géologique	
	• Carte de la géologie de surface du modèle 3D géo-intégré en format PDF

Ressources naturelles et Faune
Québec