

# Modèle 3D géo-intégré du secteur du lac aux Loutres, synthèse métallogénique d'Urban-Barry (phase 1 de 2)

Francine Fallara<sup>1</sup>  
Pierre Rhéaume<sup>2</sup>  
Li Zhen Cheng<sup>1</sup>  
Geneviève Boudrias<sup>2</sup>  
Daniel Bandyayera<sup>2</sup>

RP 2004-06

Mots-clés : Urban-Barry, 3D, requêtes, cibles, SMV-Au

## RÉSUMÉ

Les travaux effectués en 2003 dans le secteur du Lac aux Loutres visent à compléter le travail de cartographie régionale du MRNFP débuté à l'été 2000 dans le but de mettre en valeur le potentiel minéral de la Ceinture d'Urban-Barry (CUB). Les objectifs de cette étude comprennent le développement de nouveaux outils d'exploration, la validation du cadre géologique et une modélisation 3D géo-intégrée à partir d'une nouvelle synthèse métallogénique régionale (Rhéaume *et al.*, 2004). La synthèse métallogénique indique la présence d'au moins trois grandes classes de minéralisations présentant chacune des caractéristiques spécifiques (Rhéaume *et al.*, 2004). Ces classes minéralisées montrent des caractéristiques variant de syn-volcanique à syn-orogénique.

Les principaux objectifs généraux valides pour tous nos projets de modélisation 3D sont de :

1. Produire un modèle régional 3D géo-intégré regroupant l'ensemble des données géoscientifiques disponibles dans un voxel dont la taille varie d'un projet à l'autre (dans le cas du Lac aux Loutres le voxel mesure 9,0 x 5,0 x 1,5 km<sup>3</sup>).
2. Définir la distribution en 3D des lithologies, des métaux, et des altérations.
3. Valider le modèle 3D géologique en réalisant des inversions géophysiques contraintes et non contraintes au modèle.
4. Évaluer l'emploi du logiciel gOcad© en dehors des camps miniers traditionnels dans un secteur exploré où la densité et la distribution des données sont hétérogènes.
5. Formuler des requêtes en utilisant les données géologiques, géophysiques et géochimiques afin d'identifier de nouveaux secteurs propices à l'exploration pour l'or et les métaux de base en exploitant les données disponibles à leur pleine capacité.

Les travaux de modélisation 3D ont permis la construction des surfaces, des régions géologiques ainsi que des isosurfaces des teneurs aurifères et des inversions géophysiques. Le développement conjoint de la carte géologique et du modèle géologique 3D par un processus de validation itératif a permis d'optimiser l'emploi des données disponibles et de produire un modèle géologique 3D robuste et fiable.

À partir de ce moment, un modèle 3D particulier devient un outil d'exploration dynamique susceptible d'être interrogé selon des critères géologiques reflétant les caractéristiques des divers types de minéralisation (Fallara *et al.*, 2003, 2004). Pour le modèle 3D de la région du Lac aux Loutres, plusieurs résultats intéressants ont été obtenus concernant les zones d'altération (54 analyses en surfaces et 365 analyses provenant des forages) ainsi que la définition de cibles économiques aurifères (incluant 12 222 analyses en Au) et en métaux de base (incluant jusqu'à 1 232 analyses en Cu).

1. URSTM-UQAT  
2. MRNFP

La définition des cibles de sulfures massifs volcanogènes (SMV) pour le secteur du Lac aux Loutres a été réalisée en deux étapes correspondant aux zones proximales (séparées en sous-zones de lessivage (ZL) et en sous-zones propice aux précipitations métallifères (ZPM)) et aux zones distales. Cette démarche permet de tirer profit des données lithogéochimiques dans le modèle proximal. Le modèle distal fait abstraction des propriétés lithogéochimiques, et n'est basé que sur des propriétés pénétratives de l'inversion magnétique et de l'appartenance géologique. Ceci met ce modèle distal à l'abri des biais engendrés par l'hétérogénéité de l'échantillonnage. La définition des cibles pour l'orogénique dans le secteur du Lac aux Loutres a aussi été réalisée en deux étapes correspondant aux cibles proximales et distales pour l'exploration de l'or.

Les cellules restantes pour les environnements Au-orogénique et SMV ont ensuite servi de surface de projection pour les diverses propriétés intégrées au modèle 3D géo-intégré du secteur du Lac aux Loutres. Cette étape a permis de souligner des zonations latérales et verticales dans la distribution spatiale de certains indices d'altération ou teneurs pour les cibles de SMV. Généralement, on observe une altération plus forte du flanc sud des cibles, une zonation de direction E-SE centrée sur la faille SMV, ainsi qu'un axe d'altération de la surface en profondeur vers l'ESE. Les cibles aurifères peintes ont aussi permis de souligner des zonations latérales et verticales dans la distribution spatiale de certains indices d'altération ou teneurs. Généralement, autour du gisement de Murgor (volume proximal) on observe une zonation positive de direction WSW, ainsi que deux zones sub-horizontales d'altération en carbonates sur deux paliers indépendants, la première en surface et la seconde aux environ de 350 mètres de profondeur. Les exemples les plus marqués de ces zonations sont notamment ICARB et IAB.

Le modèle 3D géo-intégré de la région d'Urban-Barry démontre l'utilité d'un tel outil en dehors des camps miniers matures. Dans un contexte d'exploration minérale peu avancée, même si les données géologiques sont peu nombreuses et leur distribution spatiale est hétérogène la modélisation 3D est un outil d'exploration très utile qui permet d'obtenir un modèle dynamique pouvant être bonifié avec l'apport de nouvelles données. Le modèle du secteur du Lac aux Loutres a permis une meilleure visualisation et compréhension tridimensionnelle ainsi qu'une utilisation maximum des données compilées permettant de définir de nouvelles zones minéralisées.

## INTRODUCTION

---

Le projet d'étude dans la Ceinture d'Urban-Barry (CUB) est localisé dans la partie centre Est de la zone volcanique nord (ZVN) de la Sous-province de l'Abitibi (figure 1), à 120 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon. La CUB est marquée par une activité considérable en exploration minière depuis les années 80. On y recense un grand nombre de découvertes récentes de minéralisations principalement aurifères de découverte récente (figure 1). Aucun gîte de la CUB n'a été mis en production à ce jour, mais on y connaît déjà trois gîtes avec tonnage (le gîte Nubar - 510 110 t à 6.17 g/t Au, le gîte Barry IV - 610 000 t à 6.80 g/t Au et le gîte du lac Rouleau - 544 000 à 7.2 g/t Au; figure 1).

Les travaux effectués par Rhéaume *et al.*, en 2003, dans le secteur du Lac aux Loutres visaient à compléter le travail de cartographie régionale de Bandyayera *et al.* (2001). Ce projet a pour objectif de mettre en valeur le potentiel minéral de la Ceinture d'Urban-Barry (CUB) en développant de nouveaux outils d'exploration, notamment une modélisation 3D géo-intégrée (présente étude). Les principaux objectifs généraux valides pour tous nos projets de modélisation 3D sont de :

1. Produire un modèle régional 3D géo-intégré regroupant l'ensemble des données géoscientifiques disponibles dans un voxel dont la taille varie d'un projet à l'autre (dans le cas du Lac aux Loutres le voxel<sup>1</sup> mesure 9,0 x 5,0 x 1,5 km<sup>3</sup>).
2. Définir la distribution en 3D des lithologies, des métaux, et des altérations.
3. Valider le modèle 3D géologique en réalisant des inversions géophysiques contrainte et non contrainte au modèle.
4. Évaluer l'emploi de gOcad© en dehors des camps miniers traditionnels dans un secteur exploré où la densité et la distribution des données sont hétérogènes.
5. Formuler des requêtes en utilisant les données géologiques, géophysiques et géochimiques afin d'identifier de nouveaux secteurs propices à l'exploration pour l'or et les métaux de base en exploitant les données disponibles à leur pleine capacité.

La construction du modèle 3D géo-intégré du secteur du Lac aux Loutres a été bâtie à partir de la nouvelle compilation géologique comprenant :

1. 3 229 points d'élévation topographique (DEM) pour la construction de la surface topographique.
2. Les données de 378 forages aux diamants :
  - a. Données quantitatives :
    - i. Données de collets et de déviations
    - ii. Pourcentage des sulfures
    - iii. Degré de déformation (0 à 5)
    - iv. Mesures de susceptibilité magnétique
    - v. Teneurs (12 222 analyses en Au et en 1 232 analyses en Cu).
    - vi. Analyses lithogéochimiques (365 analyses)

- b. Données qualitatives :
  - i. Présence de veines, minéraux associés et relation avec l'encaissant (concordant ou discordant)
  - ii. Compilation lithologique du secteur de la grille Barry IV
  - iii. Concentration des altérations ou des minéraux
3. L'extraction pour chaque grille (Barry IV-Murgor, Nubar et Souart) des données géophysiques correspondantes.
4. Onze sections transversales ainsi que deux sections longitudinales.

Globalement, ce modèle 3D est constitué de 37 surfaces (contacts lithologiques et failles) à l'intérieur d'un voxel de 9,0 x 5,0 x 1,5 km (figure 2). Ces surfaces définissent 16 régions ou corps géologiques formés de 8,44 x 10<sup>6</sup> cellules de 20 m<sup>3</sup>.

L'inversion des données magnétiques est un processus qui permet de produire un modèle terrestre 3D pouvant expliquer l'ensemble des anomalies magnétiques mesurées lors d'un levé de surface ou aéroporté. En comparant les résultats d'une inversion de ce type avec le modèle 3D géologique, il est possible d'établir un niveau de confiance et d'identifier des secteurs problématiques où de nouvelles données seraient nécessaires. Ces opérations ont été effectuées avec le logiciel gOcad© et les logiciels d'inversion géophysique de l'Université de Colombie Britannique (Li et Oldenburg, 1996). L'inversion géophysique a été effectuée en quatre étapes:

1. Compilation des données magnétiques au sol
  - a. 33 559 points provenant des grilles Barry IV, Nubar et Souart
  - b. 936 mesures de susceptibilité magnétique en surface (39 stations saisissant 24 mesures par station)
  - c. 5 211 mesures provenant des forages aux diamants
2. Compilation des données magnétiques aériennes
  - a. 2 000 points provenant du levé magnétique aérien
3. Estimation de la profondeur des sources principales des anomalies magnétiques à l'échelle régionale
4. Réduction des anomalies résiduelles
5. Interprétation des anomalies résiduelles en fonction des contraintes géologiques (données de surface et de forages).

Les données magnétiques ont été traitées pour éliminer l'anomalie régionale par une fonction polynôme au premier ordre pour ensuite être utilisées dans l'inversion géophysique. Les résultats de l'inversion non contrainte des données magnétiques du secteur du Lac aux Loutres ont permis de préciser la distribution des mesures de susceptibilité de la surface jusqu'à 1 km de profondeur. L'excellente correspondance entre les prolongements structuraux de la surface en profondeur nous a incités à continuer avec une inversion contrainte qui s'est avérée encore une fois très satisfaisante. Cependant, l'exercice devrait être continué cette fois-ci en utilisant les données de levés magnétiques au sol pour une validation plus détaillée des diverses unités géologiques.

1. Un **voxel** est un volume borné par les limites du modèle et sous divisé en plusieurs cellules.

## RÉSULTATS DES REQUÊTES 3D POUR LA RÉGION DU SECTEUR DU LAC AUX LOUTRES

---

Un modèle 3D géo-intégré agit comme une plate-forme d'intégration de données géoscientifiques quantitatives. La frontière délimitant le modèle 3D géo-intégré correspond au *voxet* qui est lui-même subdivisé en cellules contenant les diverses données numériques (Fallara *et al.*, 2003, 2004). Lorsque la modélisation 3D géo-intégrée est terminée l'interpolation des diverses propriétés choisies est calculée pour chaque cellule du voxet qui contient déjà l'information concernant les différentes lithologies, les indices d'altération, la densité et la distribution spatiale des forages, les levés géochimiques et géophysiques ainsi que les propriétés physiques ponctuelles (Fallara *et al.*, 2003, 2004).

À partir de ce moment, un modèle 3D particulier devient un outil d'exploration dynamique susceptible d'être interrogé selon des critères géologiques reflétant les caractéristiques des divers types de minéralisation (Fallara *et al.*, 2003, 2004). Pour le modèle 3D de la région du Lac aux Loutres plusieurs résultats intéressants ont été obtenus concernant les zones d'altération (54 analyses en surfaces et 365 analyses provenant des forages) ainsi que la définition de cibles économiques aurifères (incluant 12 222 analyses en Au) et en métaux de base (incluant jusqu'à 1 232 analyses en Cu).

### Cibles pour les SMV dans le secteur du Lac aux Loutres

La définition des cibles de sulfures massifs volcanogènes (SMV) pour le secteur du Lac aux Loutres a été réalisée en deux étapes correspondant aux zones proximales (séparées en sous-zones de lessivage (ZL) et en sous-zones propice aux précipitations métallifères (ZPM)) et aux zones distales (figures 3). Cette démarche permet de tirer profit des données lithogéochimiques dans le modèle proximal. Le modèle distal fait abstraction des propriétés lithogéochimiques, et n'est basé que sur des propriétés pénétratives de l'inversion magnétique et de l'appartenance géologique. Ceci met ce modèle distal à l'abri des biais engendrés par l'hétérogénéité de l'échantillonnage. Premièrement, les zones de lessivage (ZL) découlent de la série de contraintes suivantes :

- > Région où les cellules correspondent aux ROCK\_CODE =ALIM
- > Région où la distance aux forages se situe entre 100 et 500 m d'un forage
- > Région où les indices d'altération et minéraux normatifs choisis correspondent aux seuils (75<sup>e</sup> percentile, tableaux 1 et 2) établis avec une série d'histogrammes statistiques sur les valeurs interpolées à travers le voxet.

Ensuite, les zones propices aux précipitations métallifères (ZPM) proviennent du résultat des contraintes suivantes :

- > Région où les cellules correspondent aux ROCK\_CODE =ALIM
- > Région où les teneurs choisies et la concentration du MnO correspondent aux seuils (75<sup>e</sup> percentile, tableau 2) établis avec une série d'histogrammes statistiques sur les valeurs interpolées à travers le voxet
- > Région où l'indice de susceptibilité magnétique calculé correspond au seuil (75<sup>e</sup> percentile, tableau 2) établi avec un histogramme sur les valeurs interpolées à travers le voxet.

Finalement, l'intersection des cellules résultant respectivement des deux sous zones de lessivage (ZL) et de précipitation de métaux (ZPM) avec les cellules correspondant aux exhalites (V1\_M30 ; figure 3) identifie les nouvelles cibles favorables pour la mise en place de SMV proximaux n'ayant pas fait l'objet de forage à ce jour.

Subséquentement, la spécification des SMV distaux correspond à l'intersection entre les :

- > Régions où les valeurs de susceptibilité magnétique découlant des inversions géophysiques contraintes au modèle 3D répondent au seuil (75<sup>e</sup> percentile, tableau 2) établi avec un histogramme sur les valeurs interpolées à travers le voxet et les cellules coïncidant avec les exhalites (V1\_M30 ; figure 3).

### Cibles pour l'or orogénique dans le secteur du Lac aux Loutres

La définition des cibles pour l'or orogénique dans le secteur du Lac aux Loutres a aussi été réalisée en deux étapes correspondant aux cibles proximales et distales pour l'exploration pour l'or (figure 5). Initialement, les cibles d'exploration proviennent de la série de contraintes suivantes :

- > Région où la distance aux failles est inférieure à 400 m
- > Région où l'indice de susceptibilité magnétique découlant des inversions géophysiques contraintes au modèle 3D répond au seuil (75<sup>e</sup> percentile, tableau 2) établi avec un histogramme sur les valeurs interpolées à travers le voxet
- > Région où la distance aux forages est inférieure à 100 m
- > Région où les teneurs aurifères sont anormales (> 50 ppb) et l'indice d'altération d'albite (IAB) correspond au seuil (75<sup>e</sup> percentile, tableaux 1 et 2) établi avec un histogramme sur les valeurs interpolées à travers le voxet du secteur du Lac aux Loutres.

Finalement, les cibles d'un futur volume distal pour l'or ont été établies essentiellement avec les cellules résultant des contraintes de distance aux failles inférieure à 400 m et où les valeurs de susceptibilité magnétique découlant des inversions géophysiques contraintes au modèle 3D répondent au seuil (75<sup>e</sup> percentile, tableaux 1 et 2). Cette démarche en deux étapes est essentiellement l'adaptation au système Au-orogénique de l'approche que nous avons appliqué au système SMV.

## INTERPRÉTATION DES CIBLES

---

Les cellules restantes pour les environnements Au-orogénique et SMV ont ensuite servi de surface de projection pour les diverses propriétés intégrées au modèle 3D géo-intégré du secteur du Lac aux Loutres.

Cette étape a permis de souligner des zonations latérales et verticales dans la distribution spatiale de certains indices d'altération ou teneurs pour les cibles SMV. Généralement, on observe une altération plus forte du flanc sud des cibles, une zonation de direction E-SE centrée sur la faille SMV, ainsi qu'un axe d'altération de la surface en profondeur vers le ESE. La figure 4 indique très bien les exemples les plus marqués de ces zonations.

Les cibles aurifères peintes ont aussi permis de souligner des zonations latérales et verticales dans la distribution spatiale de certains indices d'altération ou teneurs. Généralement, autour du gisement de Murgor (figure 5, volume proximal) on observe une zonation positive de direction WSW, ainsi que deux zones sub-horizontales d'altération en carbonates sur deux paliers indépendants, soit la première en surface et la seconde aux environ de 350 mètres de profondeur. La figure 6 désigne très bien les exemples les plus marqués de ces zonations, notamment ICARB et IAB.

## CONCLUSIONS

---

Le modèle 3D géo-intégré de la région d'Urban-Barry démontre l'utilité d'un tel outil en dehors des camps miniers matures. Dans un contexte d'exploration minérale peu avancée, même si les données géologiques sont peu nombreuses et leur distribution spatiale est hétérogène la modélisation 3D est un outil d'exploration très utile qui permet d'obtenir un modèle dynamique pouvant être bonifié avec l'apport de nouvelles données. Le modèle du secteur du Lac aux Loutres a permis une meilleure visualisation et compréhension tridimensionnelle ainsi qu'une utilisation maximum des données compilées permettant de définir de nouvelles zones minéralisées.

## REMERCIEMENTS

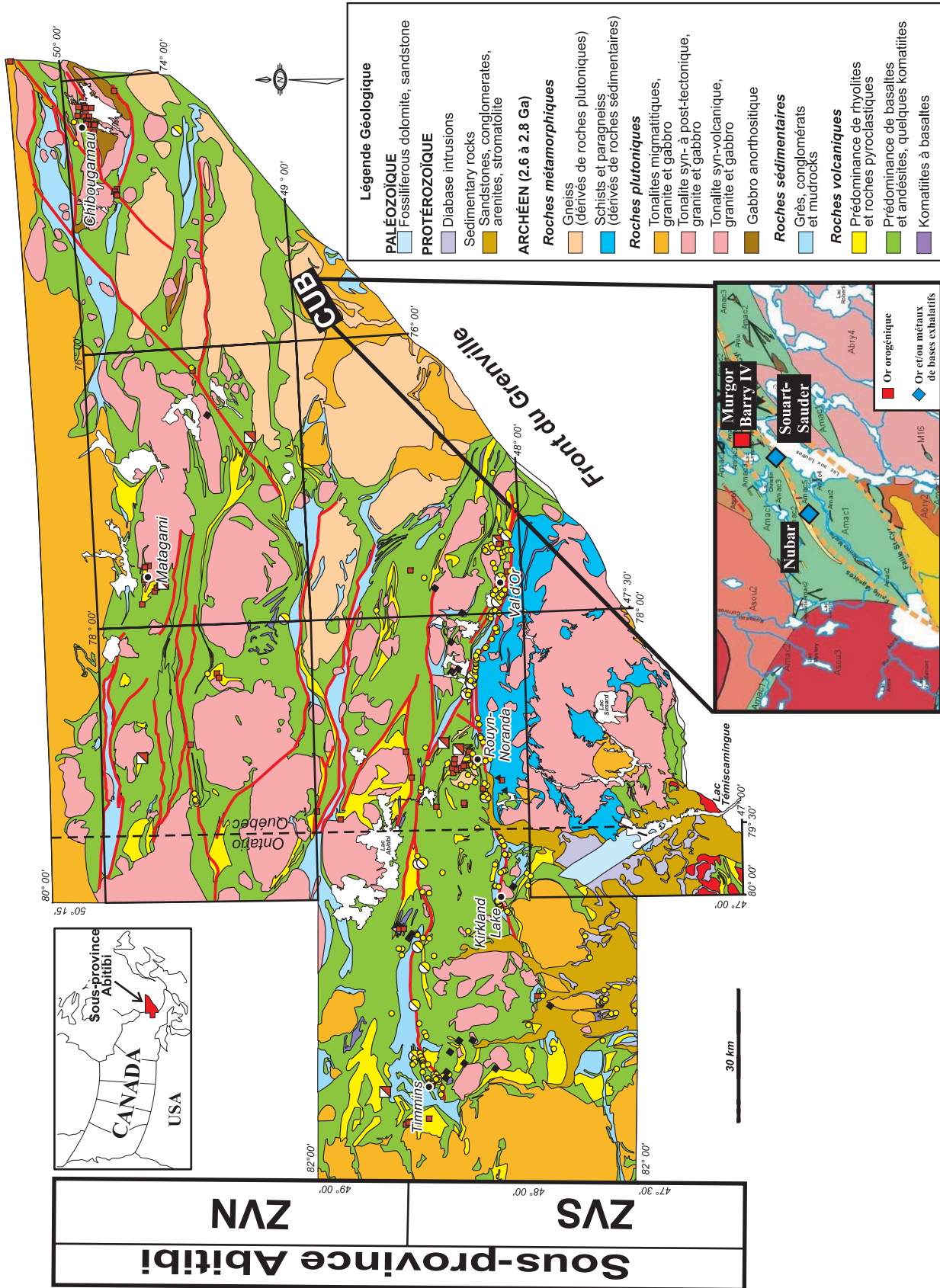
---

Nous tenons à remercier J. Jobidon pour le graphisme et G. Morin pour l'informatique. Nos remerciements vont également à Ressources Murgor, Ressources Unifiées Beaufield, Ressources Goldhawk, la Société de Développement de la Baie-James, Exploration Diamantifère Oasis, Exploration Minière du Nord, Provenor pour la divulgation d'informations et le libre accès aux carottes de forage, ainsi que P. Bérubé pour les données géophysiques brutes. Nous voudrions enfin remercier Robert Marquis et Pierre Verpaelst pour la lecture critique du rapport et les commentaires pertinents.

## RÉFÉRENCES

---

- ISHIKAWA, Y., SAWAGUCHI, T., IWAYA, S. ET HORIUCHI, M., 1976. Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on modes of volcanism of underlying dacite and alteration haloes. *Mining Geology*, 26, 105-117.
- FALLARA, F., LEGAULT, M. ET PERRON, G., 2003. Modèle 3D géo-intégré : Un nouvel outil d'exploration appliqué aux camps miniers de Joutel et de Duparquet, Abitibi. [http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2003-02/modele\\_3d.jsp](http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2003-02/modele_3d.jsp)
- FALLARA, F., LEGAULT, M. ET RABEAU, O., 2004. 3D Integrated Geological Modelling in the Abitibi Subprovince (Quebec): Techniques and Applications.
- LI, Y. ET OLDENBURG D.W., 1996. 3-D inversion of magnetic data. *Geophysics*, vol. 61, No 2, p394-408.
- PICHÉ, M. ET JÉBRAK, M., 2004. Normative Minerals and Alteration Indices Developed for Mineral Exploration. *Journal of Geochemical Exploration*.
- RHÉAUME, P., BANDYAYERA, D., FALLARA, F., BOUDRIAS, G. ET CHENG, L. Z., 2004. Géologie et métallogénie du secteur du Lac aux Loutres, synthèse métallogénique d'Urban-Barry (phase 1/2). Recherche en cours. Ministère des ressources naturelles, faune et parcs.



**Figure 1** - Le projet d'étude dans la Ceinture d'Urban-Barry (CUB) est localisé dans la partie centre Est de la zone volcanique nord (ZVN) de la Sous-province de l'Abitibi, à 120 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon. La CUB recense un grand nombre de minéralisations principalement aurifères. Aucun gîte n'a été mis en production à ce jour, mais on connaît déjà trois gîtes avec tonnage : le gîte Nubar - 510 110 t à 6.17 g/t Au, le gîte Barry IV - 610 000 t à 6.80 g/t Au et le gîte du lac Rouleau - 544 000 à 7.2 g/t Au.

# Modèle 3D géo-intégré d'Urban-Barry

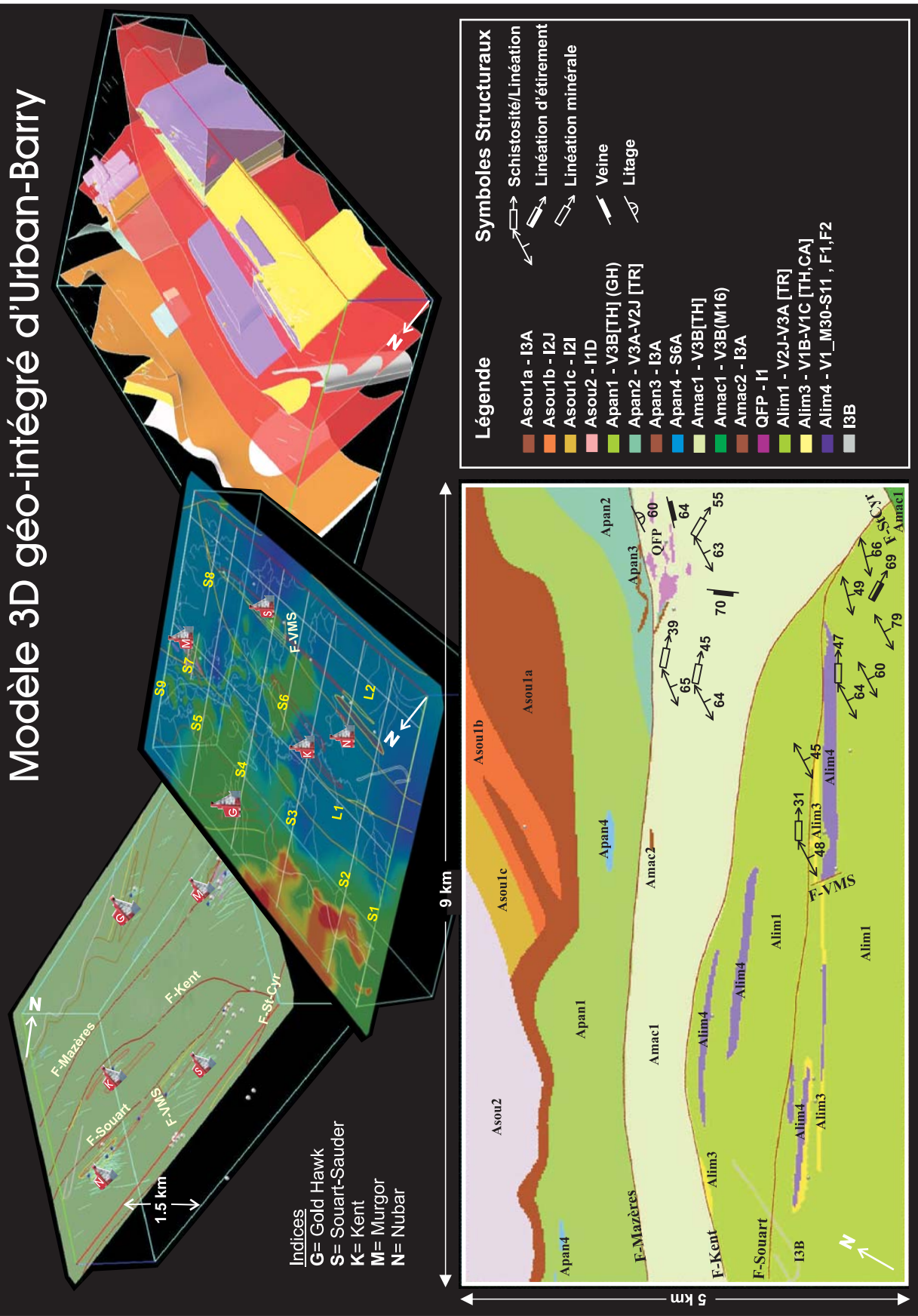
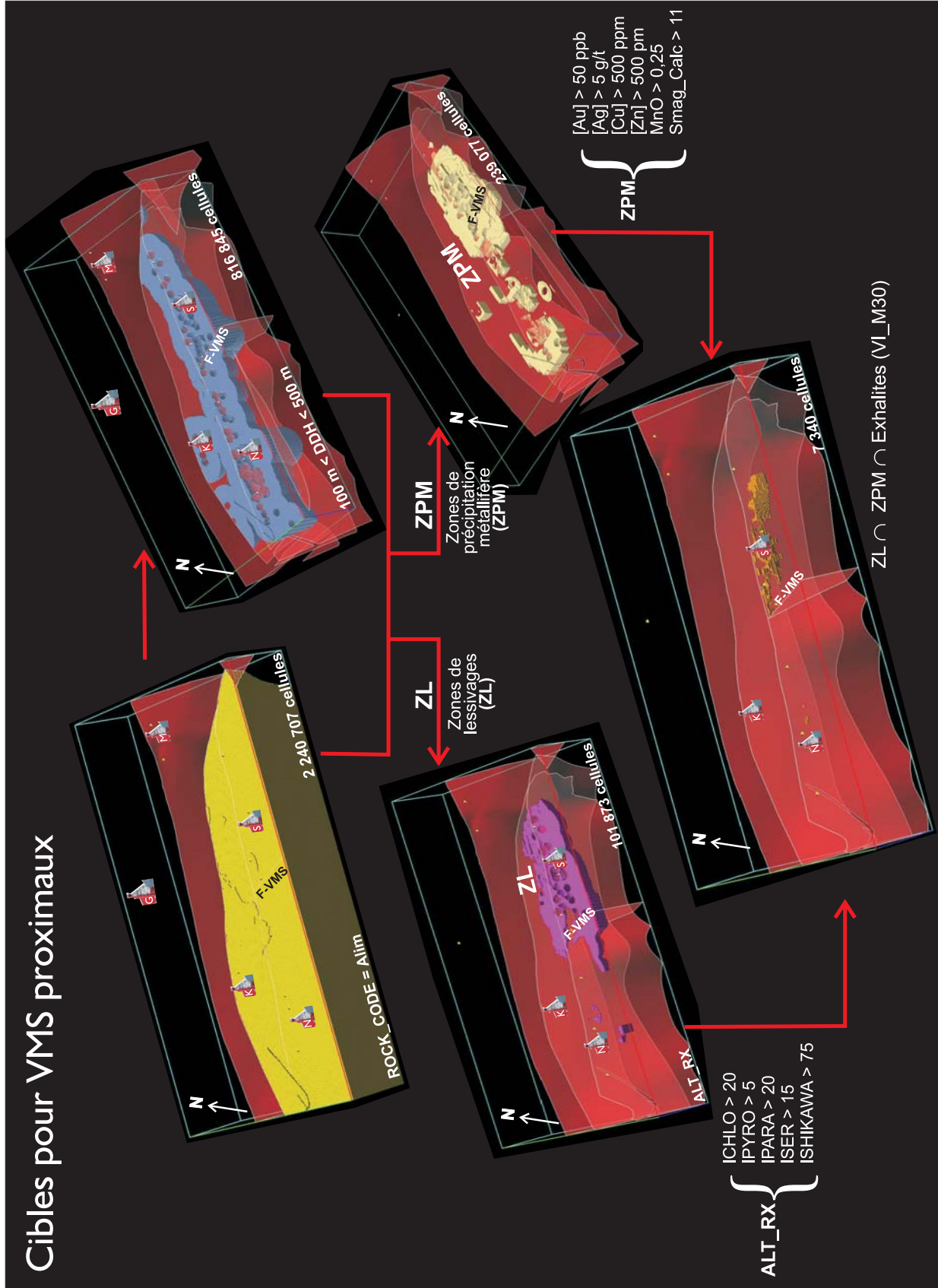
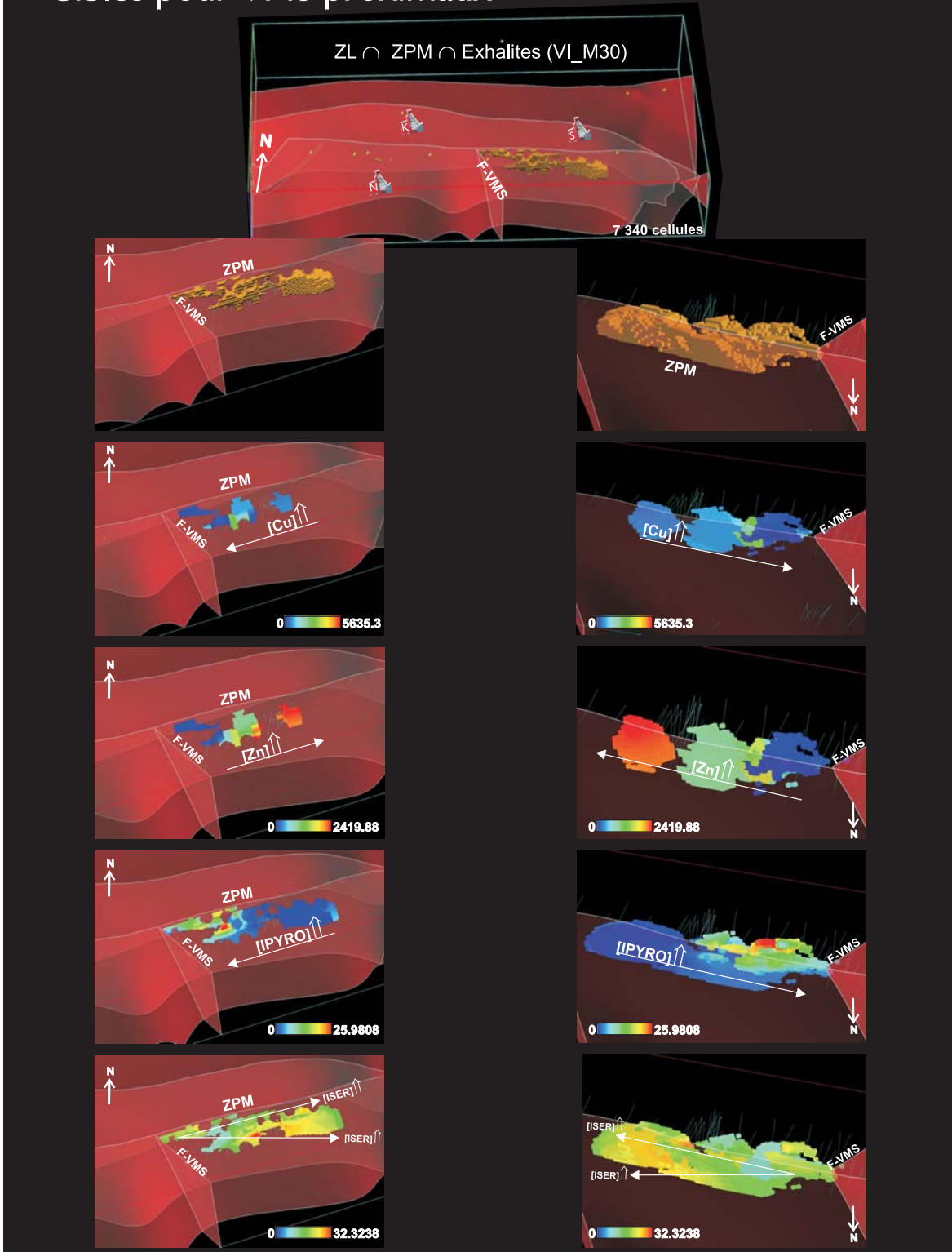


Figure 2 - Modèle 3D géo-intégré du secteur du Lac aux Loutres. Globalement, ce modèle 3D est constitué de 37 surfaces (contacts lithologiques et failles) à l'intérieur d'un voxel de 9,0



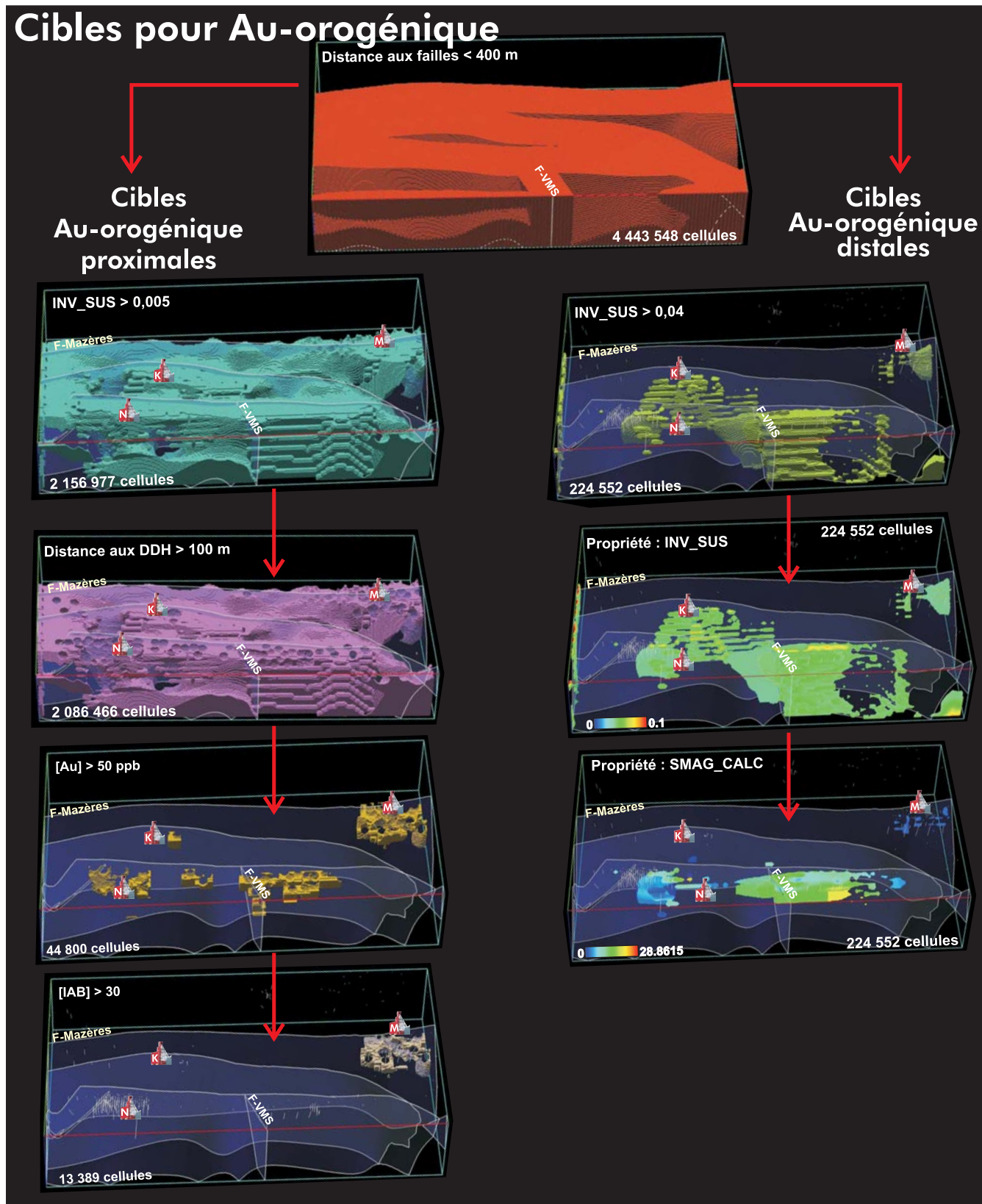
**Figure 3** - L'intersection des cellules résultant respectivement des deux sous zones de lessivage (ZL) et de précipitation de métaux (ZPM) avec les cellules correspondant aux exhalites (VI\_M30) identifie les nouvelles cibles favorables pour la mise en place de SMV proximaux n'ayant pas fait l'objet de forage à ce jour.

# Cibles pour VMS proximaux



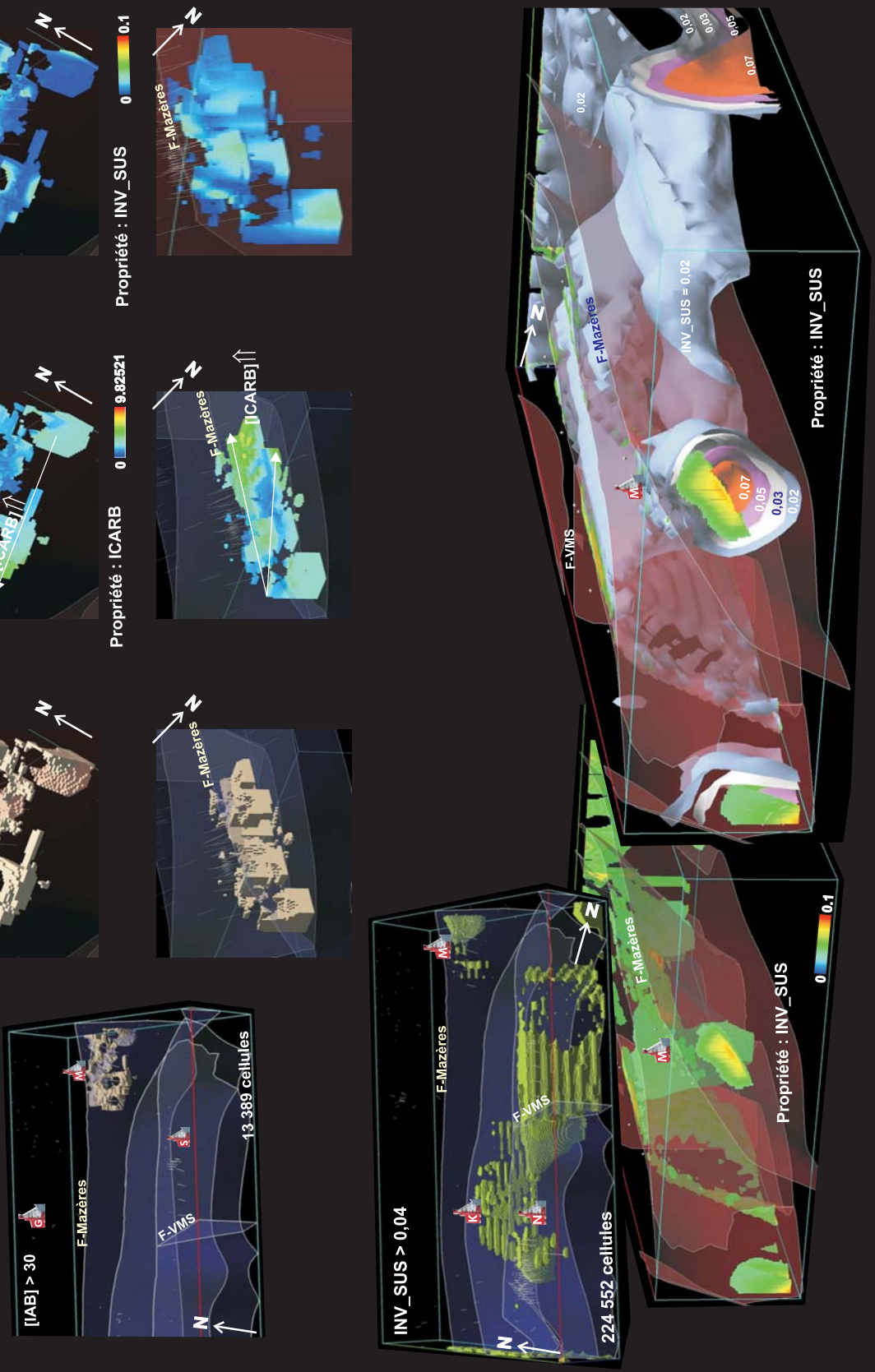
**Figure 4** - Les cellules restantes pour SMV ont servi de surface de projection pour les diverses propriétés intégrées au modèle 3D géo-intégré du secteur du Lac aux Loutres. Cette étape a permis de souligner des zonations latérales et verticales dans la distribution spatiale de certains indices d'altération (IPYRO et ISER) ou teneurs (Cu et Zn) pour les cibles SMV. Généralement, on observe une altération plus forte du flanc sud des cibles, une zonation de direction E-SE centrée sur la faille SMV, ainsi qu'un axe d'altération de la surface en profondeur vers le ESE.

# Cibles pour Au-orogénique



**Figure 5** - La définition des cibles aurifères orogéniques dans le secteur du Lac aux Loutres a aussi été réalisée en deux étapes correspondant aux cibles d'exploration aurifères proximales et distales. Les cibles d'exploration proviennent de la série de contraintes suivantes : **a)** Région où la distance aux failles est inférieure à 400 m, **b)** Région où l'indice de susceptibilité magnétique découlant des inversions géophysiques contraintes au modèle 3D répond au seuil (75<sup>e</sup> percentile) établi par un histogramme sur les valeurs interpolées à travers le voxel, **c)** Région où la distance aux forages est inférieure à 100 m et **d)** Région où les teneurs aurifères sont anormales ( $> 50$  ppb) et l'indice d'altération d'albite (IAB) correspond au seuil (75<sup>e</sup> percentile) établi avec un histogramme sur les valeurs interpolées à travers le voxel. Les cibles d'un futur volume aurifère distal ont été établies essentiellement avec les cellules résultant des contraintes de distance aux failles inférieure à 400 m et où les valeurs de susceptibilité magnétique découlant des inversions géophysiques contraintes au modèle 3D répondent au seuil (75<sup>e</sup> percentile). Cette démarche en deux étapes est essentiellement l'adaptation au système Au-orogénique de l'approche que nous avons appliqué au système SMV.

# Cibles pour Au-orogénique



**Figure 6** - Les cibles aurifères peintes ont aussi permis de souligner des zonations latérales et verticales dans la distribution spatiale de certains indices d'altération ou teneurs. Généralement, autour du gisement de Murgor on observe une zonation positive de direction WSW, ainsi que deux zones sub-horizontales d'altération en carbonates sur deux paliers indépendants, soit la première en surface et la seconde aux environ de 350 mètres de profondeur. Les figures 5 et 6 désignent très bien les exemples les plus marqués de ces zonations, notamment ICARB et IAB.

**Tableau 1** - Les indices d'altération et minéraux normatifs utilisés pour les requêtes 3D dans le secteur d'Urban-Barry ont été calculés avec le logiciel Normat© (Piché *et al.*, 2004). L'indice d'ISHIKAWA *et al.* (1976) a été définie pour les unités felsiques.

Indice d'altération	Description
IFRAIS	$\text{MIN. FRAIS} * 100 / (\text{MIN.FRAIS} + \text{MIN.ALT})$
MIN.FRAIS	Albite + Actinolite + Épidote + Orthoclase + Trémolite + Titanite
MIN.ALT	Hydrothermal (Paragonite + Pyrophyllite + Séricite+ Chlorite + Diaspore)
IPARA	$\text{Paragonite Hydrothermale} * 100 / (\text{MIN. FRAIS} + \text{MIN. ALT})$
ISER	$\text{Séricite Hydrothermale} * 100 / (\text{MIN. FRAIS} + \text{MIN. ALT})$
ICHLO	$\text{Chlorite Hydrothermale} * 100 / (\text{MIN. FRAIS} + \text{MIN. ALT})$
IPYRO	$\text{Pyrophyllite Hydrothermale} * 100 / (\text{MIN. FRAIS} + \text{MIN. ALT})$
IAB	$\text{Albite Hydrothermale} * 100 / (\text{MIN. FRAIS} + \text{MIN. ALT})$
ISHIKAWA	$(\text{MGO} + \text{K2O}) / (\text{MGO} + \text{K2O} + \text{CAO} + \text{NA2O})$

**Tableau 2** – Valeurs minimum et maximum des propriétés utilisées pour les requêtes, ainsi que les valeurs des seuils déterminées avec le 75<sup>e</sup> percentiles. Les valeurs du Lac aux Loutres sont comparées aux 75<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> percentiles sur environ 55 000 échantillons compilés par Jean Descarreaux (2000).

ALTERATION INDEX	Urban-Barry - valeurs min -	Urban-Barry - valeurs max -	Urban-Barry - 75 <sup>e</sup> Percentile -	Abitibi - 75 <sup>e</sup> Percentile -	Abitibi - 75 <sup>e</sup> Percentile -
IPARA	0.00	76.19	20	14.96	25.49
ISER	0.00	82.19	15	5.39	22.96
ICHLO	0.00	93.87	20	0.0003	0.0004
IPYRO	0.00	28.63	5	0.0003	0.0004
IAB	0.00	94.11	30	24.29	48.6
ISHIKAWA	9.39	99.86	75	nd	nd
Au_ppb	0	8 614.27	96.9106	nd	nd
Cu_ppm	0	14 780.7	794.464	nd	nd
Zn_ppm	0	11 966.7	388.917	nd	nd
Distance aux DDH (m)	0.4591	2 611.1	1 109.98	nd	nd
Distance aux failles (m)	0.0041	2 560.45	1 046.59	nd	nd
MnO	0.01	133.757	0.177185	nd	nd
inv_sus	-1	0.171535	0.01338	nd	nd