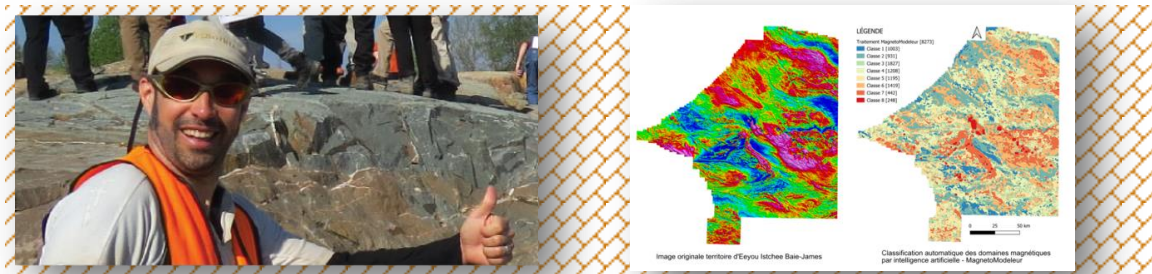


Projet 2021-07 : Traitement automatique des levés magnétométriques : Le logiciel CONSOREM « MagnetoModeleur 4.0 » - PHASE V



Jérôme Lavoie, ing., M. Sc.A., CONSOREM

Collaborateurs : Michel Allard, ing., M.Sc.A., chercheur associé CONSOREM, Mikaël Simard, ing., Ph.D. Sc., chercheur associé CONSOREM et Jean-Luc Cyr, ing., M.Sc.A., chercheur associé CONSOREM

Le projet 2021-07 (Phase V), en collaboration avec le réseau d'expertise en innovation minière MISA, a permis de clore le développement du logiciel prototypage « MagnetoModeleur » (projets 2017-01, 2018-01, 2019-07 et 2020-07). Le logiciel CONSOREM MagnetoModeleur est un logiciel interactif et automatique unique, spécifiquement conçu pour le traitement et l'interprétation de levés magnétométriques, autant à l'échelle régionale que locale. Le traitement est effectué sur des cellules (ou fenêtres) chevauchantes ou fixes par : 1) le calcul de 11 paramètres fréquentiels spatiaux et fréquentiels spatiaux directionnels qui proviennent de développement unique au CONSOREM (Lavoie et Allard, 2017; Lavoie et al., 2019); 2) le calcul de 91 paramètres statistiques texturaux basé sur les travaux de Zwanenburg et al. (2016) et van Griethuysen et al. (2017); 3) la détection, l'extraction et la vectorisation des anomalies « linéaires » magnétométriques positives. Le logiciel permet, par des techniques de segmentation d'images, de réduction de variables (analyse en composante principale) et de classification des 102 paramètres calculés, la délimitation de domaines magnétométriques par 3 algorithmes différents. Le traitement classe alors les cellules statistiquement semblables en domaines magnétométriques.

Cette ultime phase a permis d'introduire dans le logiciel deux éléments qui changent de façon significative la façon dont le logiciel traite les levés magnétométriques : 1) une nouvelle méthode d'analyse par les cellules chevauchantes par rapport à l'espacement entre les lignes de vol; et 2) les calculs en parallèles sur plusieurs cœurs de l'ordinateur. La nouvelle méthode d'analyse par les cellules chevauchantes effectue le traitement sur une aire d'investigation plus grande que la cellule d'origine de l'extrapolation et qui chevauche les cellules voisines. Également, cette phase a permis l'implémentation d'un nouvel algorithme de classification, soit la k-moyenne spatiale (Alexandrov et Kobarg, 2011). Comme nouveauté, nous pouvons également mentionner que le logiciel peut actuellement exporter les 102 paramètres calculés dans un fichier multibande en format GeoTIFF et ce, en six (6) catégories différentes (paramètres fréquentiels, statistiques de premiers ordres et 4 catégories de paramètres texturaux). Ce fichier multibande peut être ouvert dans tous les logiciels SIG.

Finalement, le logiciel est en mesure d'enregistrer une séquence de traitement format *checkpoint* (.ckt) et en format texte (.txt), ce qui permet l'exportation d'un point de contrôle. Cette fonction sauvegarde une

séquence de traitement par la mise en mémoire d'un levé d'intérêt, des paramètres d'analyse et du type d'analyse effectué. L'utilisateur peut alors mettre en mémoire, avec la création d'un fichier *checkpoint* (.ckt), un chemin d'accès sur l'ordinateur pointant vers une image originale, les informations concernant les paramètres utilisés pour un traitement et la mise en mémoire de ce traitement en cours. Le fichier texte (.txt) offre un format lisible de la séquence de traitement sauvegardée. L'utilisateur peut donc reprendre une analyse en cours sans passer par toutes les étapes requises afin d'effectuer une première analyse.

Le logiciel CONSOREM MagnetoModeleur, version 4.0, permet le traitement interactif et automatique des levés magnétométriques par la classification et la délimitation de domaines magnétométriques. Tous les résultats générés des traitements effectués par le logiciel peuvent être exportés 1) en format matriciel géoréférencé (.GeoTIFF); 2) en format *Comma Separated Values* (.csv); ou 3) en format PDF haute résolution. Les résultats peuvent être visualisés dans la majorité des SIG ou dans la plupart des logiciels tableur (p. ex. Microsoft® Excel). Après cinq phases de développement, nous pouvons affirmer que le logiciel MagnetoModeleur représente très bien l'avenir de l'exploration minière. Il est un outil innovant d'aide à l'interprétation et qui comble plusieurs besoins en exploration minière, par exemple : 1) la compréhension de nouveaux territoires; 2) le gain de productivité pour les géologues et les entreprises; 3) et l'aide à la cartographie et à la recherche de nouveaux gisements.

FICHE SOMMAIRE PROJET 2021-07

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Développement d'un outil logiciel pour le traitement automatique des levés magnétométriques ; ◆ Optimisation de l'outil logiciel.
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Implémentation d'un calcul par cellules chevauchantes ; ◆ Calculs en parallèles sur plusieurs cœurs de l'ordinateur ; ◆ Exportation des 102 paramètres calculés dans un fichier multibande format GeoTIFF ; ◆ Enregistrement d'une séquence de traitement de style Workspace ; ◆ Exportation des résultats en format PDF de haute résolution.
Innovations	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Logiciel avec calculs de paramètres uniques développés par CONSOREM ; ◆ Résolution du traitement décuplée par l'implémentation d'un calcul par cellules chevauchantes.
Produits livrés	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Exécutable MagnetoModeleur, version 4.0 avec procédure d'installation ; ◆ Rapport 2021-07 ; ◆ 3 présentations ; ◆ Accompagnement disponible sur demande.

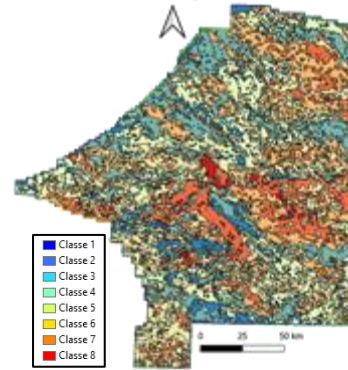


Figure 1 : Logiciel CONSOREM MagnetoModeleur, version 4.0 et exemple de traitement d'un levé magnétoétrique, secteur Grande Rivière de la Baleine (DP 2016-04 ; Intissar et Benhamed, 2016 et DP 2021-09 ; Intissar et Benhamed, 2021).

RÉFÉRENCES

Alexandrov, T., & Kobarg, J. H. (2011). Efficient spatial segmentation of large imaging mass spectrometry datasets with spatially aware clustering. *Bioinformatics*, 27(13), i230-i238.

Intissar, R., Benhamed, S. (2016). Levé aéromagnétique dans le secteur ouest de la Grande Rivière de la Baleine, Baie-James. MERN, GEO DATA SOLUTIONS GDS INC; DP 2016-02, 7 pages, 2 plans.

Intissar, R., Benahmed, S., Khan, K., 2021. Levé aéromagnétique dans le secteur de la Grande Rivière de la Baleine, Province du Supérieur. MERN, GEO DATA SOLUTIONS GDS INC; DP 2021-09, 50 pages.

Lavoie, J., & Allard, M. (2017). Développement de nouvelles approches pour le traitement et l'interprétation géologique des levés aéromagnétiques de haute résolution. Projet CONSOREM 2017-01.

Lavoie, J., Allard, M. et Simad, M. (2019). Traitement automatique des levés magnétoétriques : le logiciel prototypage CONSOREM « MagnetoModeleur » – Phase III. Projet CONSOREM 2019-07.

van Griethuysen, J. J. M., Fedorov, A., Parmar, C., Hosny, A., Aucoin, N., Narayan, V., Beets-Tan, R. G. H., Fillon-Robin, J. C., Pieper, S., Aerts, H. J. W. L., 2017. Computational Radiomics System to Decode the Radiographic Phenotype. *Cancer Research*, 77(21), e104–e107. <https://cancerres.aacrjournals.org/content/77/21/e104>

Zwanenburg, A., Leger, S., Vallières, M., & Löck, S. ,2016. Image biomarker standardization initiative. arXiv preprint arXiv:1612.07003.

<https://pyradiomics.readthedocs.io/en/latest/features.html>