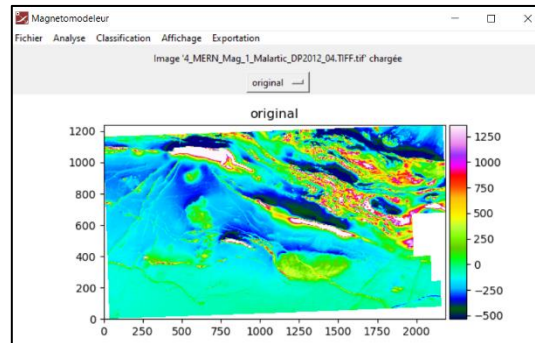


## Projet 2019-07 : Traitement automatique des levés magnétométriques : Le logiciel prototypage CONSOREM "MagnetoModeleur" Version 2.0 – Phase III



Par Jérôme Lavoie, Ing., M.Sc.A. - CONSOREM



Collaborateurs : Michel Allard, Ing., M.Sc.A., Mikaël Simard, M.Sc.A. et Jean-Luc Cyr, Ing.

Le projet 2019-07 (Phase III), en collaboration avec le réseau d'expertise en innovation minière MISA, a permis la poursuite du développement du logiciel prototypage « MagnetoModeleur » (projets 2017-01 et 2018-01). Le logiciel a été conçu spécifiquement pour l'aide à l'interprétation automatique et interactive des levés magnétométriques. Le logiciel permet la délimitation des domaines magnétiques par des techniques de segmentation d'images et de classification de 102 paramètres calculés à partir de l'énergie fréquentielle spatiale de l'intensité magnétique, de l'énergie fréquentielle spatiale directionnelle de l'intensité magnétique et des textures de l'intensité magnétique. Le traitement divise un levé magnétométrique en  $N$  fenêtres de dimension  $i \times j$  puis calcul pour chaque fenêtre un spectrogramme (c.-à-d. un calcul de la quantité ou de puissance d'énergie) contenue dans les différentes composantes fréquentielles du signal magnétométrique spatiale. Ce calcul est effectué à partir de différentes méthodes, par exemple les transformées discrètes de Fourier. Basé sur la méthode développée dans le cadre du projet 2017-01 (Lavoie et Allard, 2018), le traitement rapporte la puissance associée à chaque fréquence spatiale ( $nT^2 \cdot \text{cycles/km}$ ) sur chaque fenêtre.

Plusieurs nouveautés ont été ajoutées au logiciel prototypage durant cette phase :

### 1. Format des fichiers traités

- Le logiciel prototypage peut maintenant ouvrir et traiter des fichiers en format \*.GRD décompressé (FLOAT) et en format \*.GeoTIFF.

### 2. Affichage de la dimension des fenêtres d'analyse

- Dans les paramètres d'analyse géométriques, la dimension des fenêtres d'analyse s'affiche, et ce, selon le type d'analyse choisi (c.-à-d. la résolution du traitement; type d'analyse selon la grosseur du pixel d'origine PIX. ou selon la dimension du levé magnétométrique CEL).

### 3. Analyse des paramètres fréquentiels spatiaux (3 paramètres)

- Calcul automatique des fréquences spatiales de coupures (selon un % de la fréquence de Nyquist<sup>1</sup>) pour le calcul des paramètres fréquentiels spatiaux ;
- Sélection manuelle des fréquences spatiales de coupures (selon un % de la fréquence de Nyquist<sup>1</sup>) pour le calcul des paramètres fréquentiels spatiaux.

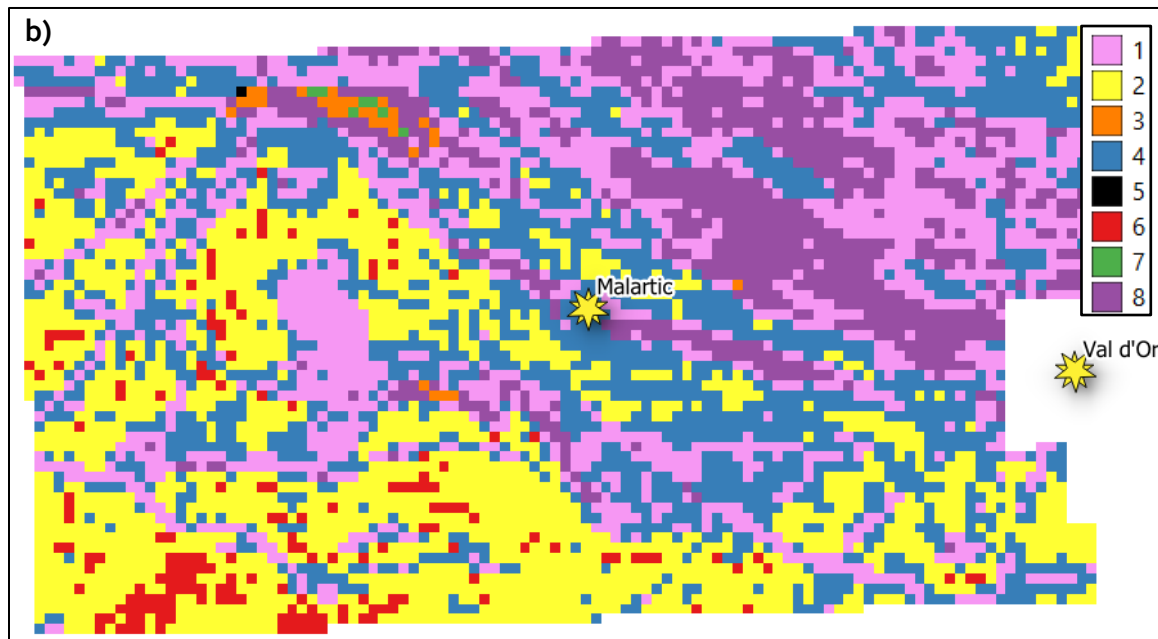
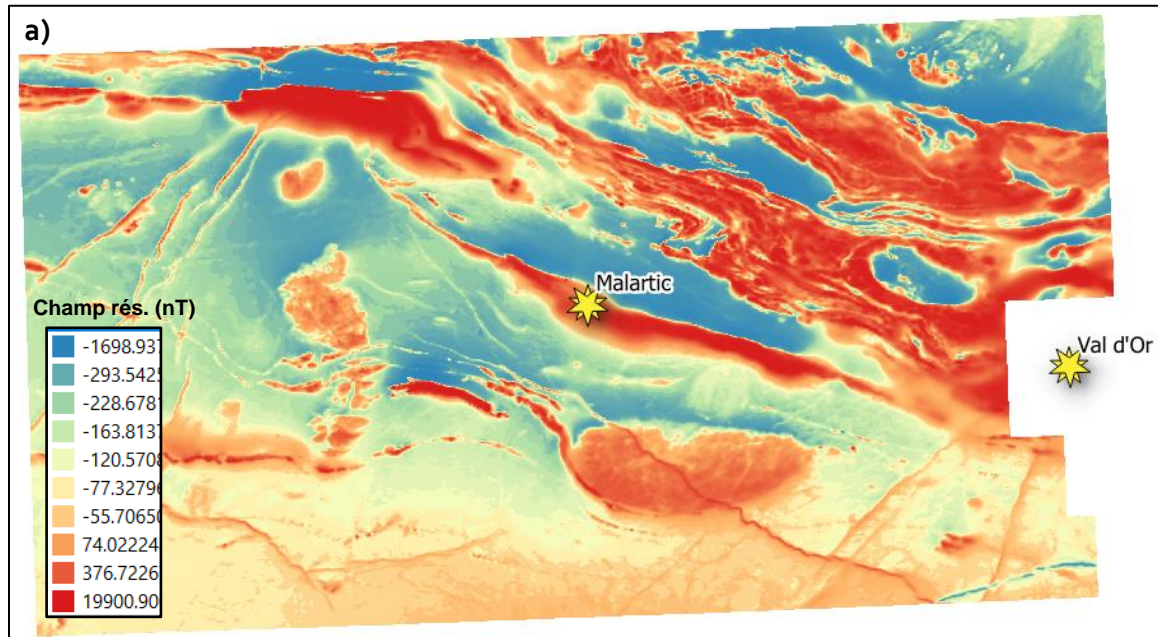
---

<sup>1</sup> Fréquence maximale que doit contenir un signal pour permettre sa description non ambiguë par un échantillonnage à intervalles réguliers.

- 4. Analyse des paramètres fréquentiels spatiaux directionnels (8 paramètres)**
  - a. Calcul de 4 paramètres fréquentiels spatiaux directionnels supplémentaires (N022°, N067°, N112° et N1570°).
  - b. Sélection manuelle de l'angle d'ouverture  $\emptyset$  du cône d'analyse pour le calcul des paramètres fréquentiels spatiaux directionnels.
- 5. Analyse des paramètres texturaux de l'intensité magnétique**
  - a. Implémentation du calcul des 91 paramètres texturaux de l'intensité magnétique basé sur les travaux de Zwanenburg et coll. (2016) et van Griethuysen et coll. (2017).
- 6. Analyse des paramètres de l'analyse en composantes principales**
  - a. Implémentation de l'analyse en composantes principales.
  - b. Ajout du paramètre « V ». Ce paramètre permet de choisir un pourcentage (%) de la variance expliquée (fraction de la variance entre 0 et 1) pour sélectionner le nombre de composantes principales qui seront utilisées ultérieurement lors de la classification. Ce paramètre devrait diminuer la contribution du bruit dans la classification des domaines magnétiques. Le traitement conservera uniquement le nombre de composantes principales qui explique V% de la variabilité dans les données initiales. Plus V est petit, plus un petit nombre de composantes principales sera conservé.
  - c. Sélection des paramètres spectraux : 1) à inclure, ou 2) à exclure de l'analyse en composantes principales.
  - d. Affichage de la variance relative des composantes principales. Les variances sont normalisées, c.-à-d. que leurs sommes sont égales à 1.
  - e. Un explorateur des 10 premières composantes principales calculées sous forme de tableau et leurs contributions sur chaque paramètre calculé par le traitement (exprimés en %).
- 7. Classification des paramètres calculés**
  - a. Implémentation de l'algorithme de partitionnement des données *k-moyennes*. Cet algorithme permet la classification des 102 paramètres calculés par le traitement en différents domaines statistiquement semblables.
  - b. Sélection manuelle du nombre de classes voulues pour la classification.
  - c. Implémentation d'une palette de couleur (échelle qualitative) pour la visualisation des résultats classifiés (*Color Brewer 2.0*, <http://colorbrewer2.org>).
- 8. Exportation des résultats**
  - a. Exportation des résultats de classification et des résultats de l'analyse en composantes principales en format \*.TIFF. Par contre, si le traitement est effectué avec un fichier en format GRD décompressé (FLOAT), le traitement peut être effectué, mais l'exportation des résultats s'avèrera impossible. Pour les résultats de l'analyse en composantes principales, le fichier de sortie en format \*.TIFF est multi-bandes, où chaque bande correspond à une composante principale.
  - b. Exportation des résultats des composantes principales en format \*.CSV.

La phase III du projet a permis de bonifier et d'améliorer significativement le logiciel de prototypage et a permis de livrer la version 2.0 de MagnetoModeleur qui est, jusqu'à aujourd'hui, novateur et unique en son genre. De plus, le caractère interactif du logiciel fait en sorte que l'utilisateur peut interagir rapidement et faire varier plusieurs paramètres lors de l'interprétation des levés magnétométriques. Le traitement et l'exportation des résultats en format \*.TIFF et \*.CSV fait de lui un logiciel très versatile, en permettant l'ouverture des

fichiers dans plusieurs logiciels. Finalement, le traitement de levés magnétométriques, autant à l'échelle locale qu'à l'échelle régionale, en fait un logiciel très performant.



Exemple de traitement d'un levé magnétométrique effectué par le logiciel prototype « MagnetoModeleur ». a) Champ total résiduel du levé magnétométrique DP2012-04, secteur de Malartic, Abitibi (D'Amours et Intissar, 2012). b) Résultat de classification du levé magnétométrique DP2012-04, secteur de Malartic, Abitibi. Paramètres de traitement : dimension du pixel d'origine = 75 m. ; taille d'analyse = par rapport au pixel (PIX.) ; taille d'analyse (résolution du traitement) = 20x20 ; dimension de la fenêtre de traitement = 1,5 x 1,5 km ; angle d'ouverture du cône d'analyse directionnel = 15° ; paramètre « V » (% de variance expliquée) : V = 0,90 ; nombre de classes : K = 8 classes.

## FICHE SOMMAIRE

<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Poursuite du développement du logiciel prototypage « MagnetoModeleur », conçu pour l'interprétation automatique et interactive des levés magnétométriques.</li></ul>
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Livraison de la version 2.0 bonifiée et améliorée du logiciel prototypage.</li></ul>
<b>Innovations</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Développement d'un outil novateur, interactif, performant, versatile et unique pour l'aide à l'interprétation des levés magnétométriques par la classification et la délimitation automatique des domaines magnétiques.</li></ul>
<b>Produits livrés</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 1 logiciel prototypage (MagnetoModeleur v2.0) ;</li><li>◆ 1 rapport sous forme de « Manuel de l'utilisateur » (à venir) ;</li><li>◆ 3 présentations <i>PowerPoint</i>.</li></ul>

## RÉFÉRENCES :

D'Amours, I., Intissar, R., 2012. Levé magnétique hélicoptère dans le secteur de Malartic, Abitibi. MRNF. DP 2012-04, 6 pages et 2 plans.

Lavoie, J. et Allard, M., 2018. Développement de nouvelles approches pour le traitement et l'interprétation géologique des levés aéromagnétiques de haute résolution. Rapport, Projet CONSOREM 2017-01, 63 pages.

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 standardisation initiative. arXiv preprint arXiv:1612.07003.