Institut des Sciences de la Terre d'Orléans

ISTO

UMR 7327

Stage de recherche Master 2 – descriptif

Analyse spatiale des relations structures-minéralisations dans le district antimonifère de Brioude-Massiac (Massif Central, France) : une approche cartographique structurale, géophysique et statistique

Objet : **stage de recherche**

Niveau : **fin de master** (Master 2)

Laboratoire d'accueil : **ISTO (UMR 7327) – Institut des Sciences de la Terre d'Orléans**
Partenariat : **BRGM (REM – Orléans)**

Période : **Janvier 2027 – Juin 2027**

Encadrement : **Charles GUMIAUX (ISTO), Amaury LE DIOURIS (BRGM-ISTO)**

Co-encadrement : Anthony POCHON (BRGM), Florence CAGNARD (BRGM), Aurélie PEYREFITTE (BRGM), Pierre TRAP et Landry MOING (Chrono-Environnement, Besançon)

Référent – contact : **C. Gumiaux (charles.gumiaux@univ-orleans.fr)**

Financement : **ANR – PEPR sous-sol PC13 – Chantier « Massif Central (MCF) »**
Cadre scientifique du stage : **PEPR Massif Central – Tâche antimoine (Sb)**

Titre du stage : **Analyse spatiale des relations structures-minéralisations dans le district antimonifère de Brioude-Massiac (Massif Central, France) : une approche cartographique structurale, géophysique et statistique**

Cadre scientifique : Ce stage de niveau M2 s'inscrit dans le cadre du grand projet de recherche PEPR « *Sous-sol, bien commun » - Chantier Massif Central.* L'étude a pour objectif de mieux contraindre le contexte structural, cartographique et tectonique des minéralisations à antimoine (Sb) formant le district de Brioude-Massiac (Massif Central, région du Haut Allier, France).

Etat des connaissances / problématique : Située au cœur du Massif Central, la région du Haut-Allier fait l'objet de discussions fondamentales concernant son évolution tectonique, pendant l'orogenèse Varisque. Deux modèles d'interprétation cartographique et structurale s'opposent :

- D'une part, un modèle 'historique' (e.g. Carme, 1974 ; Burg et al., 1984) repose sur une interprétation en organisation tectonique verticale d'empilement de nappes comprenant trois unités superposées (de bas en haut) : l'unité para-autochtone (UPA), l'unité inférieure des gneiss (UIG) et l'unité supérieure des gneiss (USG). Ce modèle postule des chevauchements crustaux majeurs à vergence sud-ouest au sein d'un prisme orogénique « froid ».
- D'autre part, les travaux récents de Vanardois et al. (2024) réfutent cette structure d'empilement de nappes au profit d'une déformation très pénétrative et montrant un partitionnement caractéristique des orogènes chauds. La croûte continentale y présente un réseau anastomosé de couloirs de cisaillement combinant des domaines subhorizontaux et des couloirs décrochants conjugués, traduisant un écoulement crustal latéral et longitudinal pénétratif au Carbonifère.

Les hétérogénéités structurales et lithologiques, issues de l'histoire tectonique Varisque, contrôlent de manière évidente la circulation des magmas/fluides et donc le transfert de l'antimoine à travers la croûte. Dans le cadre de ce projet, les premières analyses faîtes à l'échelle locale et sur quelques exemples suggèrent une corrélation entre les couloirs de cisaillement verticaux décrochants et

l'emplacement des minéralisations à Sb. Ce stage a pour vocation de réaliser une étude à l'échelle régionale confrontant les champs de déformation ductile et fragile et de la distribution spatiales des minéralisations à antimoine. Comme détaillé ci-dessous, l'étude s'appuiera sur des outils d'interpolation et d'analyse spatiale (géo)statistiques. Elle se basera pour l'essentiel sur une compilation des données structurales et géophysiques (Radiométrie aéroportée, cartes d'anomalies magnétiques et gravimétriques) existantes et disponibles dans le cadre du projet.

i. **Analyse du champ de déformation ductile** : Sur la base des mesures structurales compilées pour la zone (e.g. cartes géologiques, Vanardois et al., 2024), une modélisation du champ de déformation régional sera réalisée à partir d'algorithmes d'interpolation géostatistiques adaptés au traitement des données directionnelles (Gumiaux et al. 2003). Le schéma structural des structures ductiles s'appuiera sur l'interpolation automatique de cartes de trajectoires réalisées à différentes échelles et pour imager les variations d'orientation du champ de déformation ductile, les gradients et zones ce cisaillements. En s'appuyant sur les contrastes lithologiques existant dans la zone, l'intégration des données d'anomalies magnétiques et gravimétriques permettra de mieux contraindre l'orientation 3D des structures de premier ordre et leur enracinement en profondeur.
ii. **Analyse du champ de déformation fragile** : Un schéma structural des structures fragiles (failles, fractures, filons) sera réalisé sous SIG à l'échelle du district. Celui-ci s'appuiera sur la compilation des données cartographiques publiés (cartes, thèses, rapports pour l'essentiel) et sur une analyse linéamentaire (i) des données topographiques haute-résolution (données Lidar mises à disposition récemment) et (ii) complétées des cartes de radiométrie U-K-Th. Afin de mieux contraindre les paléo-contraintes associées au développement de cette déformation tardive, une étude structurale de terrain sera réalisée pendant ce stage, le long de coupes, en se focalisant sur l'analyse et la mesure des structures fragiles (failles, diaclases, veines).
iii. **Analyse statistique des relations spatiales structures/minéralisations Sb** : Une analyse statistique de la distribution spatiale (e.g. « clustering ») des indices et gisements à antimoine sera menée (e.g Deveaud et al. 2013) afin de mieux contraindre et comprendre (i) les relations pouvant exister entre les gisements de différentes signature pétrographique dans le disctrict et (ii) les relations, à différentes échelles, entre la localisation des gisements et indices et celle des structures fragiles et ductiles.
iv. **Synthèse des résultats et interprétations** : finalisation de la base de données numériques complétée des nouveaux résultats produits pour cette région du Haut-Allier. Synthèse des résultats cartographiques géologiques/géophysiques et interprétation par création d'un schéma structural régional à travers le disctrict. Synthèse des résultats statistiques et interprétation des relations spatiales entre les indices et gisements à Sb et les structures.

Candidatures : Les candidat.e.s à ce stage doivent présenter des compétences et un attrait pour la géologie structurale et le traitement numérique des données cartographiques (géologiques et géophysiques) ; être à l'aise en SIG appliqué aux géosciences ainsi qu'aux statistiques. CV et lettre de motivation sont à envoyer à Charles Gumiaux (charles.gumiaux@univ-orleans.fr).

Références citées :

Burg, J. P., Matte, P., Leyreloup, A., & Marchand, J., 1984. Inverted metamorphic zonation and large-scale thrusting in the Variscan Belt: an example in the French Massif Central. Geological Society, London, Special Publications, 14(1), 47-61.

Carme, F., 1974. Tectoniques superposées dans le Haut-Allier: mise en évidence d'une mégastructure tangentielle formée aux dépens d'un socle plus ancien. *CR Acad. Sci., Paris, 278(D), 2501-2504.*

Deveaud, S., Gumiaux, C., Gloaguen, E., & Branquet, Y. (2013). Spatial statistical analysis applied to rare-element LCT-type pegmatite fields: An original approach to constrain faults-pegmatites-granites relationships. *Journal of Geosciences, 58*(3), 163–182.

Gumiaux, C., Gapais, D., & Brun, J. P. (2003). Geostatistics applied to best-fit interpolation of orientation data. *Tectonophysics, 376*(3–4), 241–259.

Vanardois, J., Trap, P., Teyssier, C., Whitney, D.L., 2024. A Reappraisal of Nappe Structures and Strain Patterns in the Core of the Variscan Orogen (French Massif Central). Tectonics 43, e2024TC008366. https://doi.org/10.1029/2024TC008366