

**Classe des Sciences humaines
Klasse voor Menswetenschappen
&
Classe des Sciences techniques
Klasse voor Technische Wetenschappen**

26 maart – mars 2026

Étude des oxydes complexes de cobalt et de manganèse du Katanga (RDC) au moyen de techniques spectroscopiques: implications pour la robotisation des méthodes d'extraction de minerai

par

Christian BURLET*

MOTS-CLÉS. — Arc cuprifère; Raman; LIBS; Oxydes Co-Mn; Robotique.

RÉSUMÉ. — Les gisements de l'arc cuprifère du Katanga (République Démocratique du Congo) constituent l'une des principales sources mondiales de cobalt. La minéralogie de ces gisements est complexe et dominée par des oxydes et hydroxydes secondaires de cobalt et de manganèse issus de processus d'altération supergène. Parmi les phases fréquemment observées figurent l'hétérogénite, l'asbolane et la lithiophorite, ainsi que divers oxydes manganésifères souvent désignés comme «psilomélanes», difficiles à identifier précisément et présents sous forme d'agrégats cryptocristallins ou de phases intimement mélangées.

Dans ce contexte, l'identification rapide et fiable de ces phases représente un enjeu important pour l'optimisation des procédés de tri et d'extraction du minerai. Cette étude explore l'utilisation combinée de la spectroscopie Raman et de la spectroscopie LIBS (*Laser-induced Breakdown Spectroscopy*) pour la caractérisation d'échantillons de ces oxydes complexes. La spectroscopie Raman permet d'identifier le type de microstructures cristallines de ces minéraux, tandis que la LIBS fournit une information rapide sur la présence de cobalt, nickel, lithium, ou autre élément critique sans traitement préalable de l'échantillon.

L'association de ces deux approches spectroscopiques ouvre des perspectives prometteuses pour le développement de systèmes analytiques automatisés, directement embarqués sur des machines d'extraction robotisées. Ces engins seront capables d'effectuer une reconnaissance minéralogique quasi instantanée et *in situ*, permettant une extraction sélective du minerai avec un haut degré d'autonomie. Cette intégration contribuerait également à réduire significativement la production de déchets miniers, à limiter la présence humaine sous terre, et à affiner les stratégies d'exploitation minière dans des contextes géologiques complexes.

KEYWORDS. — Copperbelt; Raman; LIBS; Co-Mn Oxides; Robotics.

SUMMARY. — *Study of Complex Cobalt and Manganese Oxides from Katanga (DRC) by using Spectroscopic Techniques: Implications for the Robotization of Ore Extraction Methods.* — The deposits of the Katanga Copperbelt (Democratic Republic of the Congo) are among the world's main sources of cobalt. The mineralogy of these deposits is complex and dominated by secondary cobalt and manganese oxides and hydroxides formed through supergene alteration processes. Commonly observed phases include heterogenite, asbolane, and lithiophorite, as well as various Mn-rich oxides often referred to as "psilomelanes", which are difficult to identify precisely and typically occur as cryptocrystalline aggregates or closely intergrown phases.

In this context, the rapid and reliable identification of these phases is a key issue for optimizing ore sorting and extraction processes. This study explores the combined use of Raman spectroscopy and LIBS (Laser-induced Breakdown Spectroscopy) for the characterization of samples of these complex oxides. Raman spectroscopy makes it possible to identify the type of crystalline microstructures present in these minerals, while LIBS provides rapid information on the presence of cobalt, nickel, lithium, or other critical elements without prior sample preparation.

The combination of these two spectroscopic approaches opens promising prospects for the development of automated analytical systems directly embedded in robotic mining machines. Such devices would be capable of performing near-instantaneous, *in situ* mineralogical recognition, enabling selective ore extraction with a high degree of autonomy. This integration would also help significantly reduce mining waste production, limit human presence underground, and refine mining strategies in complex geological settings.