

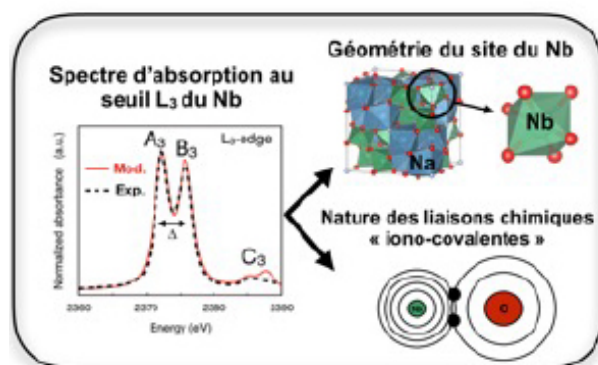
Explorer la minéralogie du niobium grâce au rayonnement synchrotron pour comprendre la formation des gisements

La minéralogie du niobium (Nb) est complexe avec plus d'une centaine de minéraux caractérisés par des échanges multiples entre cations. Pour cette raison, leur identification sur la base d'analyse chimique est souvent équivoque. Identifier avec fiabilité les minéraux de Nb est pourtant primordial pour comprendre les processus géologiques et géochimiques se produisant de la Terre profonde jusqu'à sa surface. Une équipe de chercheurs et de chercheuses de l'IMPMC s'est rendue sur le synchrotron SOLEIL pour acquérir des spectres d'absorption X sur des minéraux de Nb pour la première fois. Ces spectres ont été analysés dans le détail et modélisés afin de déterminer leur sensibilité à l'environnement du Nb à l'échelle atomique. L'équipe montre le potentiel de cette méthode pour comprendre les processus géochimiques menant à l'enrichissement de Nb dans les milieux naturels tels que les gisements.

Le niobium (Nb) est un métal d'importance économique primordiale en raison de ses applications multiples dans les aciers, mais son approvisionnement, principalement en provenance du Brésil, est vulnérable. La complexité chimique des minéraux contenant du niobium rend leur identification difficile dans les gisements, ce qui limite notre compréhension des processus géologiques et géochimiques à l'origine de leur formation.

Pour résoudre ce problème, les chercheurs et les chercheuses ont suivi deux étapes cruciales ayant permis d'explorer la minéralogie du Nb. La première étape consistait à analyser les différences entre les spectres d'absorption des rayons X obtenus sur des minéraux de Nb de structure connue. L'équipe a ensuite utilisé des modèles physiques pour reproduire les spectres dont l'ajustement des paramètres permet de comprendre comment les électrons des atomes de Nb se comportent dans la structure minérale de ces minéraux. Dans une deuxième étape, l'équipe a examiné l'environnement électronique du Nb dans des minéraux où le Nb était présent en faible concentration en remplaçant d'autres métaux dans des oxydes simples.

Leurs découvertes ont montré que la spectroscopie d'absorption des rayons X était sensible au nombre d'atomes voisins entourant le Nb et à la nature de la liaison chimique entre l'atome de Nb et les atomes d'oxygène. Ils ont également observé que le remplacement d'un autre métal par le niobium entraînait des changements dans la structure du site du cation en raison de la différence de charge entre les cations.



Figure

À gauche, la modélisation des pics A_3 et B_3 des spectres XANES au seuil L_3 du Nb permet de déterminer la valeur du champ cristallin (Δ) du Nb dans les minéraux donnant accès à la géométrie du site du Nb.

La reproduction de l'intensité relative des pics A_3 et B_3 ainsi que la présence d'un pic C_3 mettent en évidence le caractère iono-covalent des liaisons Nb-O.

La sensibilité des spectres à la structure des minéraux de Nb mise en évidence par cette étude a des implications directes sur la caractérisation et la compréhension de la formation des gisements de Nb. Une application directe de cette méthode a permis dans une étude ultérieure de suivre l'évolution des porteurs du Nb le long d'un profil d'altération et de comprendre les mécanismes physico-chimiques menant à sa concentration dans des environnements de surface, une étape primordiale à la compréhension du comportement géochimique de cet élément [1].

Référence

"Niobium speciation in minerals revealed by $L_{2,3}$ -edges XANES spectroscopy"

Quentin Bollaert, Mathieu Chassé, Hebatalla Elnaggar, Amélie Juhin, Alexandra Courtin, Laurence Galois, Cécile Quantin, Marius Retegan, Delphine Vantelon et Georges Calas
American Mineralogist, volume 108, pages 595–605 (2023)

[1] Quentin Bollaert, Mathieu Chassé, Thierry Allard, Alexandra Courtin, Laurence Galois, Gautier Landrot, Cécile Quantin, Delphine Vantelon et Georges Calas. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 353 (2023) 142–157

Contact

Quentin Bollaert : quentin.bollaert@sorbonne-universite.fr