

5 mai 2021

NEXT fait progresser l'exploration minérale dans les terrains glaciaires

Sur cette photo de couverture, on voit Pertti Sarala, professeur de recherche en exploration géochimique au Service géologique de Finlande (GTK) et à l'École des mines d'Oulu, en train de prélever des échantillons de sol supérieur. L'échantillonnage géochimique de la couche supérieure du sol est l'une des techniques d'exploration géochimique de



surface avancées et respectueuses de l'environnement, qui a été testée avec succès dans le cadre du projet financé par l'UE **Horizon 2020 New technologies d'exploration (NEXT)**. Pour cet article, nous avons invité Pertti pour nous expliquer plus en détail les avancées de l'exploration minérale dans les terrains glaciaires menées par le projet NEXT.

Pouvez-vous nous donner un bref historique de l'exploration minérale dans les terrains glaciaires ?

Depuis plus de cent ans déjà, les études de la géologie de surface, des blocs de surface et des minéraux lourds sont utilisées dans l'exploration minérale des terrains glaciaires. Les méthodes géochimiques sont également à la base de la cartographie du potentiel minéral de ces terrains depuis plus de 50 ans. À partir des années 1950, le développement des techniques d'analyses chimiques a été continu, ce qui a permis de déterminer les niveaux de concentration de plus en plus faibles et ceux d'un groupe d'éléments qui ne cesse de s'élargir. Partant des métaux de base, c'est-à-dire le cuivre, le plomb, le nickel et le zinc, explorés dans les années 1960, l'industrie minière est passée des métaux précieux comme l'or et le platine dans les années 1980, aux métaux de haute technologie comme le gallium, l'indium et le scandium. Les éléments de terres rares et les métaux utilisés dans la technologie des batteries font l'objet d'explorations et d'exploitations minières intensives depuis les années 1990. Ces étapes de développement analytique ont en fait été un facteur de stimulation de l'exploration minière dans le monde entier.

Comment ces avancées sont-elles liées à notre compréhension des processus d'exploration minière ?

En particulier dans les terrains glaciaires, notre compréhension des processus de transport et de dépôt a augmenté grâce à l'utilisation de techniques de recherche géologique de surface. Le développement de ce que l'on appelle l'interprétation morphologique, notre meilleure compréhension des processus de formation en relation avec les conditions sous-glaciaires et la dynamique glaciaire ont apporté d'importantes contributions à l'élargissement de nos connaissances. À titre d'exemple, on peut citer l'utilisation de la méthode de télédétection, dite « LiDAR », qui est utilisée pour examiner la surface de la Terre. Les modèles d'élévation basés sur le LiDAR ont complètement renouvelé le processus de cartographie morphologique, car la quantité accrue de détails des caractéristiques glaciaires établit une interprétation beaucoup plus avancée. Cela apporte une richesse d'informations, qui nous permet d'approfondir des aspects tels que la dispersion secondaire des matériaux minéralisés dans les terrains glaciaires.

Quelles sont les caractéristiques que vous considérez comme les plus importantes dans le contexte de l'exploration minérale des terrains glaciaires ?

Une caractéristique clé pour l'exploration minérale est le **till** ou **till glaciaire**, qui peut être décrit comme un sédiment glaciaire non trié, dérivé de l'érosion et de l'entraînement de matériaux par la glace lors du mouvement d'un glacier. Par conséquent, le till représente un mélange de substratum rocheux frais, de substratum rocheux préglaciaire altéré et d'autres sédiments préexistants. Les débris de till et les fragments de roche sont toujours retrouvés à une certaine distance par rapport aux sources dont ils sont issus. Comme ils se dispersent dans la direction de l'écoulement glaciaire, ils donnent une indication plus importante et plus homogène de la ou des sources que le socle rocheux lui-même. Cependant, cette dispersion est influencée par de nombreux facteurs différents, c'est-à-dire la géologie, la topographie et les conditions sous-glaciaires avec les variations de la masse de glace, et dépend fortement des environnements de dépôt glaciaire composés de l'érosion glaciaire, du transport et du dépôt de débris.

Les **dépôts glaciogènes épais**, les **grandes zones de marais** et le **substratum rocheux altéré préglaciaire** constituent un défi pour l'exploration minérale et nécessitent des méthodes de recherche coûteuses. Ces environnements géologiques sont typiques de vastes zones de

l'hémisphère nord et sont très sensibles aux changements climatiques et environnementaux ainsi qu'aux actions de toute nature qui peuvent perturber la végétation et les sols.

Comment l'échantillonnage est-il traditionnellement réalisé dans ces terrains glaciaires ?

Les échantillons de till ont traditionnellement été collectés à l'aide de puits d'essai faits à la main, mais le plus souvent, des méthodes d'échantillonnage plus lourdes telles que l'excavateur de tracteur, le forage à percussion et le forage du sol sont nécessaires pour obtenir des échantillons plus représentatifs, en profondeur de la couverture transportée. Des fractions spécifiques de la taille du till, comme celles inférieures à 0,063 mm, sont utilisées dans les analyses géochimiques utilisant la lixiviation partielle. La détermination de la composition élémentaire des échantillons nécessite des méthodes basées sur la spectroscopie d'émission atomique et la spectroscopie d'absorption atomique. Cela explique pourquoi cette procédure d'échantillonnage traditionnelle est généralement à la fois coûteuse et longue.

Il faut également garder à l'esprit que les différents intérêts liés à l'utilisation des terres et les vastes zones conservées peuvent limiter les travaux d'exploration minière sur le terrain en utilisant les méthodes traditionnelles d'échantillonnage et d'analyse géochimique. Par exemple, les zones nordiques subarctiques de la Fennoscandie et de la Finlande sont typiquement vulnérables et appartiennent à Natura 2000 ou à d'autres programmes de protection de la nature. Malgré l'activité actuelle liée à l'exploration minérale et qui est relativement importante dans notre partie du monde, de vastes zones en Finlande et dans le bouclier fennoscandien sont au contraire peu étudiées pour l'exploration.

Pourriez-vous décrire les avancées en matière d'exploration minérale des terrains glaciaires apportées par le projet NEXT ?

Notre objectif est d'évaluer l'efficacité des méthodes de recherche géochimique qui offrent un moyen facile de collecter des échantillons avec un impact faible à négligeable sur la nature et qui seraient également rentables. Pour ne plus avoir recours à l'échantillonnage intensif sous la surface couverte par les terrains glaciaires, il faut trouver de nouvelles méthodes d'échantillonnage et d'analyse qui nous donneront un signal géochimique directement à partir du substratum rocheux sous-jacent.

Notre utilisation de **méthodes avancées d'exploration géochimique de surface** est basée sur la **migration des ions métalliques à travers les dépôts sédimentaires**. Comme l'a expliqué

ma collègue de recherche, Maarit Middleton, dans le cadre du projet NEXT financé par l'UE dans le cadre d'Horizon 2020, dans son article précédent (Lien), les sols supérieurs, les plantes et la neige constituent des supports d'échantillonnage relativement faciles, rapides et rentables, avec un impact environnemental très faible. De ce fait, les traces de ce type d'échantillonnage sont même difficiles à repérer sur le terrain.

De plus, avec des exigences de prétraitement mineures, soutenues par de nombreuses techniques de lixiviation faible ou partielle, ces méthodes sont très rentables pour de nombreux types de minerais dans différents terrains. Par ailleurs, de nouvelles techniques d'analyse géochimique sur le terrain, telles qu'un instrument à sonde électrochimique en cours de développement dans le cadre du projet NEXT, ainsi que d'autres analyseurs de terrain modernes, comme le XRF portable, peuvent soutenir l'exploration géochimique de surface en les communiquant directement d'éléments sur place.. Il s'agit d'un avantage considérable car il offre la possibilité d'obtenir les résultats des prélèvements en temps réel au lieu de devoir envoyer les échantillons à un laboratoire et d'attendre plusieurs jours pour obtenir les résultats.

Comment décririez-vous les avantages des nouvelles méthodes géochimiques de surface pour NEXT ?

La mise au point de nouvelles techniques d'échantillonnage et de méthodes d'analyse utilisant les couches supérieures du sol, les plantes et la neige permet une exploration minière rentable et respectueuse de l'environnement dans des zones écologiquement sensibles comme l'Arctique. Dans ces régions, la couverture transportée est généralement constituée d'épais déblais glaciaires et de vastes zones couvertes de tourbe qui représentent un défi pour les méthodes d'exploration traditionnelles. Ainsi, de vastes zones ont un accès restreint en raison de grandes étendues inhabitées. Il existe également de nombreuses zones de réserve naturelle, ce qui rend l'utilisation de machines lourdes pour l'exploration minière très inappropriée.

Il convient également de noter que l'on trouve fréquemment d'épaisses couvertures transportées et que ces techniques sont parfaitement adaptées pour ces terrains. Les méthodes géochimiques de surface se sont avérées être efficaces pour reconnaître de nombreux types de corps minéralisés enfouis ou d'unités lithologiques minéralisées et de structures du substratum rocheux. Il s'agit d'un avantage important lorsqu'il faut sélectionner des cibles pour de nouvelles études d'exploration. Je pense donc que la

réduction de l'impact environnemental et de l'empreinte écologiques, grâce à ces technologies, peut contribuer à l'accroissement de l'acceptation sociale de l'exploration minière sur ces terrains.

En savoir plus sur NEXT:

www.new-exploration.tech

