

RESUME

Les systèmes porphyriques et les gisements associés constituent une source importante d'approvisionnement en métaux dans le monde. La Ceinture Polymétallique du Pérou central abrite de nombreux gisements associés à la mise en place de stocks porphyriques fertiles au cours de l'Oligocène et le Miocène. Certains de ces stocks sont mis en place dans des séquences carbonatées associées à des bassins d'arrière-arc développés dans la région tout au long du Mésozoïque, où d'importants dépôts polymétalliques carbonatés ont été formés, comme le cas du gisement de skarn à Cu-Mo de classe mondiale d'Antamina et des corps massifs de remplacement de carbonate à Cu-Zn-Pb de Huanzala. Ces gisements semblent directement associés aux intrusions et ils ont été largement étudiés, c'est pourquoi un modèle génétique de la minéralisation a été proposé et a permis d'estimer l'étendue globale de l'altération et de la minéralisation.

Le gisement de Santander, se situant dans la Ceinture Polymétallique du Pérou central, a été défini comme un skarn distal de Zn-Pb(-Ag) et un gisement de remplacement de carbonate en raison de sa minéralogie, de ses textures et de l'absence d'intrusion génétiquement associée à la minéralisation. La minéralisation a été mise en place dans des séquences carbonatées datant du Crétacé inférieur à supérieur (formations de Pariahuanca, Chulec, Pariatambo et Jumasha). Elle forme des groupes séparés, structurellement contrôlés par des plis et des failles régionales. À ce jour, un modèle génétique de l'altération et de la minéralisation fait toujours défaut et la véritable étendue spatiale de la minéralisation est encore inconnue. Dans la présente étude, différentes méthodes analytiques ont été utilisées pour caractériser l'altération et la minéralisation hydrothermale à Santander dans le but d'établir un cadre plus détaillé pour de futures études et potentiellement construire un modèle génétique du système magmatique-hydrothermal. Ces méthodes comprennent la pétrographie optique, le MEB, l'EPMA, la géochimie des éléments-traces par LA-ICP-MS dans les silicates (grenat, clinopyroxène, épidote, chlorite), les sulfures (sphalérite) et les oxydes (magnétite) ainsi que la géochronologie U-Pb par LA-ICP-MS sur des grenats et de la titanite.

Cette étude a permis de mettre en évidence quatre événements différents d'altération/minéralisation. Ces derniers ont été définis après l'examen d'échantillons provenant de quatre des centres sélectionnés dans la région.

- Une formation de skarn prograde a été observée dans toutes les zones étudiées. Sa minéralogie est caractérisée par un assemblage précoce de grenats massifs - clinopyroxène - magnétite - apatite - vésuvianite et d'une formation tardive de grenats et de clinopyroxène se présentant sous forme de veines et de disséminations.

- Une formation de skarn rétrograde a été observée dans les quatre zones étudiées et est caractérisée par l'assemblage épidote-chlorite-actinolite-magnétite-sricite-K-feldspath-plagioclase-quartz-calcite. Cet événement est superposé au skarn prograde et est génétiquement associé à deux stades de minéralisation polymétallique. Ces deux stades de minéralisation présentent des différences en termes d'état de sulfuration

des assemblages de minéraux. Le stade précoce est caractérisé par une précipitation de pyrite suivie d'un assemblage à faible sulfuration dominé par la sphalérite riche en Fe, la pyrrhotite, l'arsénopyrite, la chalcopyrite et la galène. Le stade tardif est supérieur au stade précoce et se caractérise par des assemblages de minéraux de sulfuration intermédiaire qui comprennent le remplacement de l'ancienne pyrrhotite par de la pyrite tardive et la génération d'une sphalérite pauvre en Fe, ainsi que de la galène et des tellures mineurs d'As-Sb-Ag. Les deux phases de minéralisation se produisent généralement superposées dans un seul échantillon et même dans une seule veine. La transition se traduit par le remplacement partiel de la phase précédente, ce qui suggère que cette transition est un processus continu et peut refléter l'évolution d'un seul fluide. La minéralisation polymétallique à Santander peut être corrélée à un stade précoce de minéralisation de sulfuration faible à intermédiaire, aussi signalé dans divers gisements au sein de la Ceinture Polymétallique du Pérou central. La géochimie des éléments majeurs et mineurs des silicates provenant du skarn montre des variations systématiques qui sont liées aux différentes conditions de température pendant la minéralisation dans les quatre zones étudiées.

- Des veines de quartz-molybdénite-pyrite de type porphyrique ont été observées dans la section profonde de deux des zones étudiées (Pipe de Santander et prospect Blato) et ont comme spécificité la formation de multiples veines avec des proportions variables des sulfures et de minéraux de gangue. L'altération associée à cet événement est caractérisée par un assemblage potassique dominé par le feldspath K, la biotite, le quartz et la titanite avec des quantités mineures de séricite et de chlorite. Dans la Pipe de Santander, les veines semblent recouper le skarn prograde et sont à leur tour recoupées par la minéralisation polymétallique ultérieure associée à l'assemblage rétrograde du skarn. Dans le Blato prospect, les veines recoupent directement l'altération rétrograde. Ces différences suggèrent une activité prolongée de type porphyrique lors de la formation de l'altération du skarn et de la minéralisation polymétallique à Santander.

- Une formation tardive de carbonate a été reconnue dans toutes les différentes zones étudiées. Ce quatrième événement représente un remplissage tardif des veines et un remplacement de la minéralogie du skarn, ainsi que la formation de veinules de calcite pure.

La géochronologie effectuée sur le grenat a donné des âges U-Pb de $10,72 \pm 0,56$ Ma, $10,72 \pm 0,56$ Ma et $9,53 \pm 0,56$ Ma dans la Pipe de Santander et $9,60 \pm 0,33$ Ma à Blato pour la formation de skarn prograde. La titanite associée aux veines à quartz-molybdénite de type porphyrique a donné des âges U-Pb de $10,89 \pm 0,47$ dans la Pipe de Santander et de $11,07 \pm 0,45$ Ma et $11,69 \pm 0,35$ Ma dans le prospect de Blato.

Enfin, ces travaux constituent les fondations et le cadre minéralogique des futures études détaillées, dans le but de construire un modèle génétique de la minéralisation de Santander et de tester la présence de vecteurs minéralogiques et géochimiques susceptibles d'orienter efficacement les futurs efforts d'exploration dans la région

Mots-clés : Ceinture Polymétallique du Centre du Pérou, Santander, Skarn distal, minéralisation polymétallique