

## **Reconsidérations des systèmes métallogéniques de la Boutonnière de Bou Azzer-El Grâara (Anti-Atlas occidental). Maroc.**

L. Maacha<sup>1</sup>, M.Elghorfi<sup>1</sup>, M. Zouhair<sup>1</sup>, O. Sadiqui<sup>2</sup>, A. Soulaïmani<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Managem , Direction Exploration et Développement, Twin Center, Casablanca, Maroc.

<sup>2</sup> Faculté des Sciences Ain Chok, Université Hassan II, Casablanca .

<sup>3</sup> Faculté Smlalia, Université Cadi Ayyad .

Les minéralisations de la boutonnière sont loin d'être suffisamment explorées et on décrira dans cette présentation ce qui est connu en l'état actuel des connaissances. Elles dessinent une zonalité de l'Ouest vers l'Est, retraçant l'histoire métallogénique de la boutonnière et les impacts des évolutions lithologiques (Fig. 1). Le cobalt et les sous-produits de nickel, d'arsenic et d'or sont liés aux métaharzburgites et s'étalent de Méchoui jusqu'au filon 51 à Ait Hmane. L'argent, sous sa forme native, est logé au contact des serpentines avec les diorites. La roddingite, produit d'une interaction métasomatique entre les deux formations, en constitue la roche hôte. Il est répertorié au niveau de Tizi, à l'ouest du filon 7/5 et au Barrage Barron. La chromite commence à partir d'Ambed et s'étend jusqu'à Ait Abdellah. Elle est intimement liée aux dykes et podes de dunites. Un contrôle tectonique précoce est mis en évidence dans le cadre de cette étude marqué par une mise en place dans un régime transtensif ayant engendré des ouvertures en pull-apart remplis de dunites et de chromites. Les sulfures primaires de nickel sont décrits à Ambed tandis que les sulfures et les arséniures liés à la serpentinisation (Wafik, 2001) sont relevés à l'Est de la boutonnière. Wafik décrit une association paragénétique à pyrite, chalcoppyrite, arsénopyrite, millérite, Co, As, S<sub>2</sub>, le glaucodot et des alliages. Le cuivre de la série verte commence à partir de Tamdrost ou un niveau de roches basiques à cuivre est cartographié au sein des métaharzburgites. Un autre niveau est en cours de mise en valeur par les géologues de Managem à Ambed associé aussi aux roches basiques. Plus à l'Est, les gabbros à cuivre de l'oued Ait Hmane ont révélé la présence du platine, du palladium et de l'argent en inclusions dans la chalcoppyrite. Dans la zone de Douissat-Elmnissi, les niveaux de cuivre sont dans les serpentines et les basaltes à exhalites. A Bleida, la série volcanosédimentaire et le schistogréseux encaissent les minéralisations sulfurées de cuivre. Et enfin, dans la couverture adoudounienne, les minéralisations de cuivre, à oxydes, carbonates et sulfures combinés, sont bien documentées dans le gisement de Jbel laasal.

Un premier cycle métallogénique précoce est à rattacher au Tonien et synchrone de la mise en place de la série verte, de la plateforme et les roches intermédiaires associées (Fig. 1 et 2). Dans la série verte, les minéralisations magmatiques sont représentées par les chromites podiformes, les sulfures de nickel et de cuivre, les PGE et des alliages de terres rares. Dans les séries volcanosédimentaires et schistogréseuses de Bleida, des niveaux stratiformes de pyrite à soufre biogénique témoignent d'un hydrothermalisme exhalatif précoce. Un épisode de redistribution et de reconcentration du nickel et de cobalt sous forme d'arséniures et de sulfures a été décrit (Alansari, 2008) mais dont l'âge n'est pas élucidé. L'auteur l'associe à la serpentinisation qui serait aussi responsable de la formation d'une magnétite secondaire

enrichie en ces éléments. Il est probable que le gisement à or et palladium de Bleida Farwest récemment découvert soit de type magmatique et associé à cet épisode de rifting.

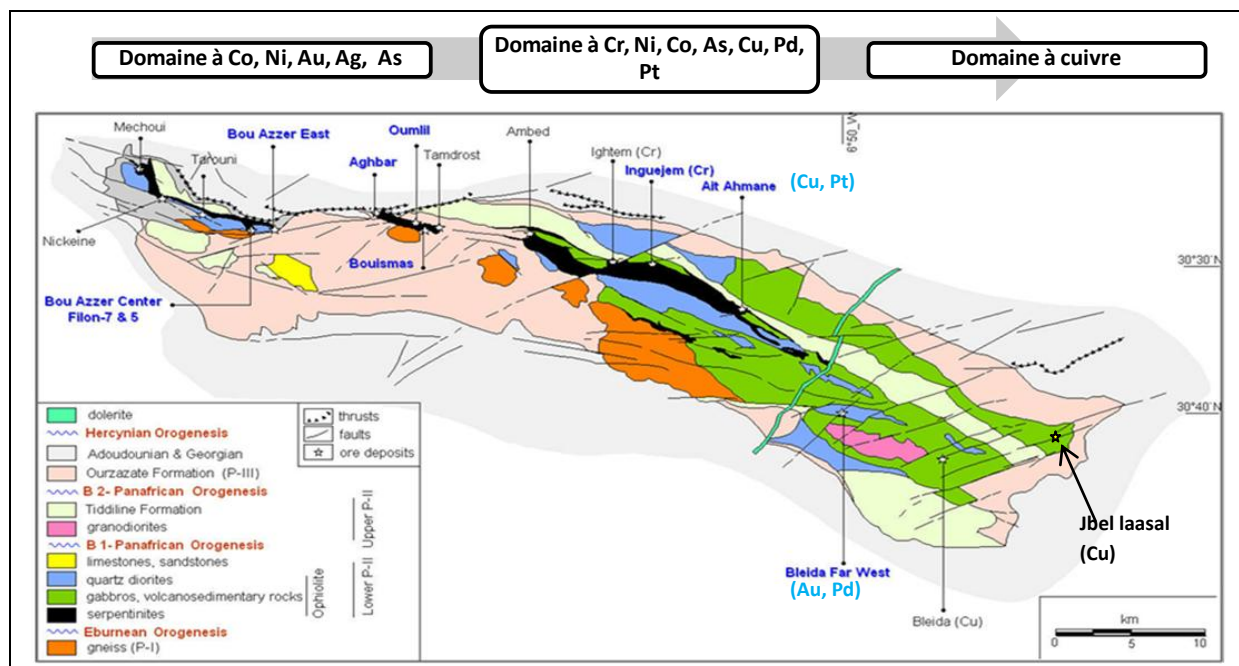


Figure 1 : Domaines métallifères de la boutonnière de Bou Azzer Elgraara. De l'est vers l'ouest, les associations métalliques évoluent en relation avec les séries ophiolitiques avec i) un premier ensemble mantellique de Bou Azzer Centre, ii) la zone de transition à Ait Hmane et Ait Abdallah et enfin iii) la série de plateforme de Bleida. Y sont aussi représentés les principaux gisements de la boutonnière.

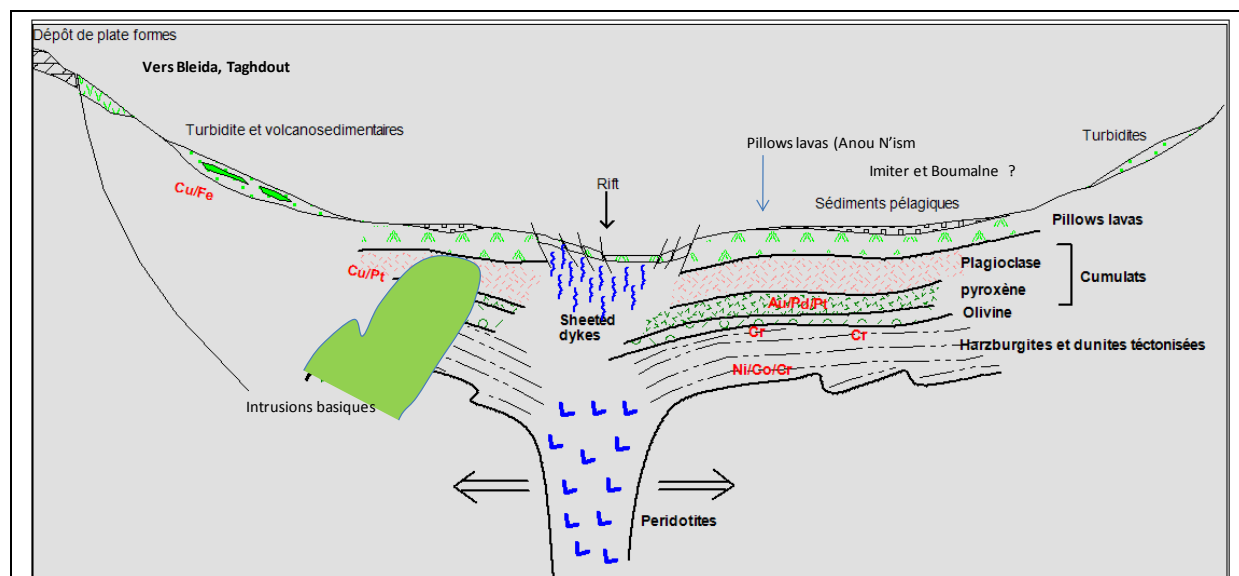


Figure 2: Modèle conceptuel de la mise en place des roches vertes et de la série de plateforme et les minéralisations magmatiques associées.

Pour ce qui est des minéralisations de cobalt et des sous-produits associés, la serpentinisation a joué un rôle précurseur majeur. La serpentinisation est fonction de la composition des roches ultramafiques magmatiques, le chimisme du fluide et le système

ouvert ou fermé du processus. Dans le cas de Bou Azzer, les pyroxènes sont aussi serpentinisés. Les olivines contiennent du nickel et du cobalt à des teneurs respectives de 3900 et 200 ppm. Le fluide est probablement chargé en calcium et en magnésium comme en témoigne les dépôts de la magnésite et des masses de listwénites.

Dans ces conditions, la serpentinisation se serait produite dans un système ouvert avec apport de l'acide carbonique, du calcium et de l'eau. En plus de la serpentine et de la magnétite, ils se forment des carbonates de calcium et de magnésium ainsi que des carbonates de nickel et de cobalt. Le stock en cobalt est finalement reconcentré dans minéraux facilement lixiviable comme la magnétite et les carbonates. L'action des fluides hydrothermaux et l'apport de l'arsenic des sédiments et du soufre des saumures vont conduire à sa reconcentrations sous forme d'arséniures, sulfo-arséniures et sulfures.

En ce qui concerne la partie du nickel et du cobalt associés aux sulfures, la serpentinisation a également joué un rôle important dans sa redistribution et en concomitance avec la transformation de l'olivine. Généralement, les roches ultra-mafiques non altérées peuvent renfermer des sulfures magmatiques, telles que la pyrrhotite, la pentlandite et la chalcopryrite. Les différences de compositions minéralogiques entre les roches ultra-mafiques non altérées et celles transformées en serpentines suggèrent un contrôle de la minéralogie des sulfures secondaires de Ni-Co-Fe-S par les réactions chimiques intervenant lors de la serpentinisation. Les assemblages minéraux des sulfures secondaires de ces métaux dépendent du degré de serpentinisation. Une serpentinisation partielle dans laquelle l'olivine est transformée en serpentine, magnétite et pentlandite avec le transfert chimique du contenu en cobalt, nickel et fer. La pyrrhotite primaire monoclinique et la pentlandite sont transformées en pyrrhotite hexagonale, mackinawite et la magnétite avec une redistribution des concentrations en fer, soufre, nickel et cobalt. Dans certains cas, la mackinawite est absente et peuvent apparaitre des minéraux de heazlewoodite et de godlevskite. Il est aussi possible que la pyrrhotite secondaire soit monoclinique ou même absente. Dans le cas de Bou Azzer, la serpentinisation est totale et les phases minérales secondaires sont différentes. Elles regroupent la polydimite, la millerite et l'orcélite.

Dans la magnétite, la proportion pondérale du cobalt varie de 6,74 à 8,5%. La polydimite contient 50,86% de nickel et 4,38 % en cobalt. Elle contient des inclusions d'orcélite dont les analyses ont révélé 60,81% poids en nickel. La millerite est aussi cobaltifère avec des teneurs respectives de 57,77% en nickel et le cobalt qui s'échelonnent entre 3,13 et 5,36%.

Les événements tectoniques ont contribué à la concentration des fluides métamorphogènes qui vont jouer un rôle important dans la concentration économique de certains métaux. Ils sont libérés lors des déformations sismiques liés à la distension infracambrienne dont témoignent les niveaux dolomitiques remaniés de l'Adoudounien mais aussi la tectonique qui contrôle les minéralisations hydrothermales et hydrothermo-magmatiques de la boutonnière. En effet, l'ensemble des veines à arséniures de Bou Azzer,

sont générées par une tectonique cassante ou toute les directions ont été ouvertes et remplies par la gangue quartzo-carbonatées et les phases métalliques associées. Cette ouverture a eu lieu à un niveau structural superficiel dont la profondeur ne dépasse pas 1km selon la pression de mise en place et les reconstitutions stratigraphiques avant l'érosion. Les filons longent les contacts des serpentines sous forme de foyers de déformation qui dénotent d'un héritage tectonique des structures panafricaines. Les études géologiques, géochimiques, minéralogiques et des inclusions fluides nous ont permis d'en établir un modèle conceptuel de mise en place illustré par la [figure 3](#).

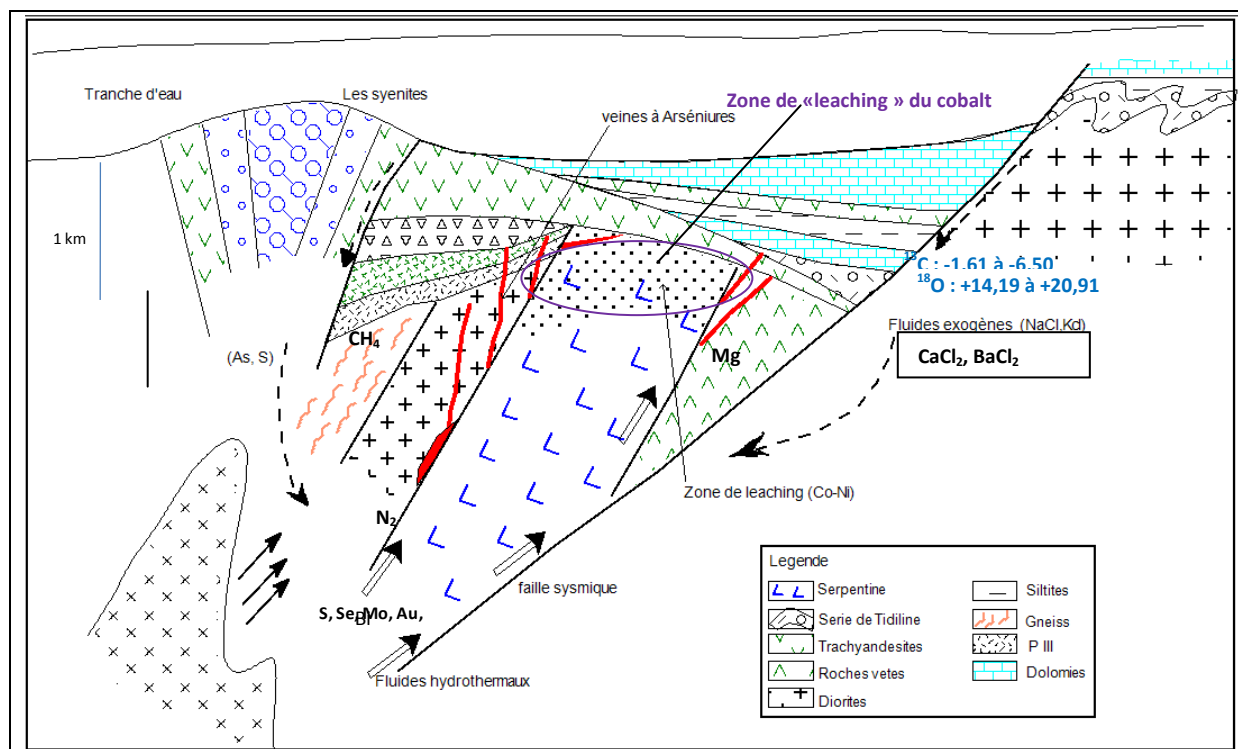


Figure 3 : Essai de modélisation génétique des minéralisations à arséniures, sulfo-arséniures, séléniures et sulfures de Bou Azzer.

Les sulfures de cuivre de Bleida s'intègrent parfaitement dans le même contexte. Longtemps considérée de type SEDEX, cette minéralisation présente un contrôle structural indéniable. En effet, l'ensemble des corps minéralisés sont concentrés autour d'un système d'accidents NE, leurs conjuguées et leurs satellites ([Fig. 4](#)). Ces failles contrôlent une zonalité concentrique des phases minérales, des minéraux d'altération et des conditions de température de mise en place. Elles sont similaires en âge et en cinématique de déformation à celles de Bou Azzer qui portent les arséniures. Elles ont joué tardivement et décalent les corps minéralisés en senestres pour la direction N70 à N45 et dextre pour la NW. Néanmoins, la signature exhalative est marquée par des niveaux à magnétite au Sud, les chloritites, les jaspes et les pyrites stratiformes à soufre lourd biogénique. La présence de la sylvanite, les isotopes du soufre et les rapports Ni/Co indiquent une origine hydrothermale des fluides d'origine partiellement mantellique. Le cuivre proviendrait des roches basiques et ultrabasiques par lessivage et transport sous forme de chlorures. Les niveaux grossiers du

Sud, et pyriteux du Nord, ont joué le rôle de réceptacles avec des processus respectifs d'infiltration et de remplacement-mimétisme. Ce dernier a conféré la texture rubanée à la minéralisation du Nord.

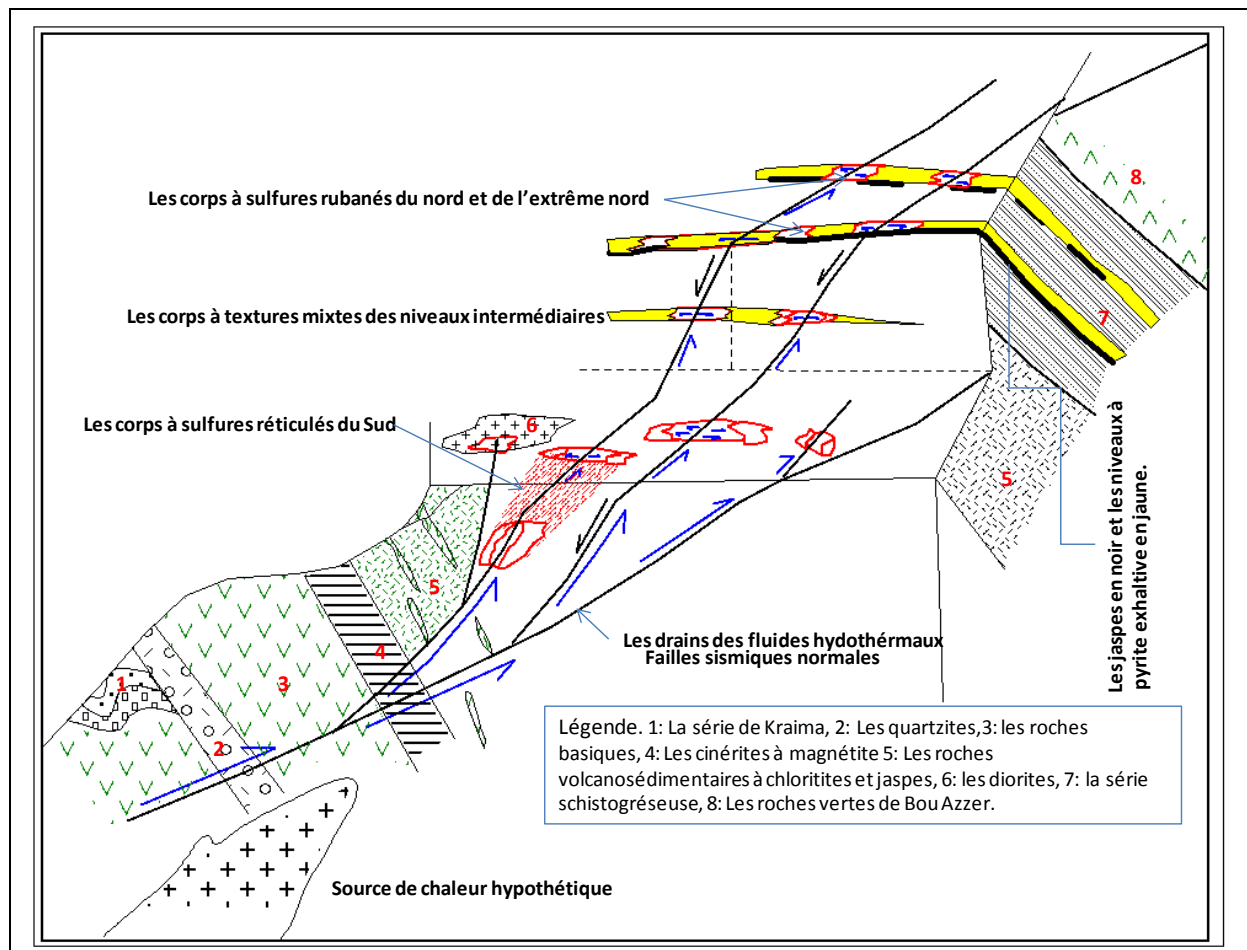


Figure 4 : Modèle conceptuel de la genèse des minéralisations sulfurées de Bleida.