

EXISTE-T-IL DES POTENTIALITÉS EN HIGH-TECH ELEMENTS DANS LA CHAÎNE ALPINE DE L'ALGÉRIE ?

AISSA DJAMAL-EDDINE ET BOU TALEB ABDELHAK

Laboratoire de Métallogénie et Magmatisme de l'Algérie-USTHB , Alger.
djam.aissa@laposte.net

A travers le monde, les High-Tech Elements ne forment que très rarement des gisements spécifiques, mais constituent dans la quasi majorité des cas , des sous-produits récupérés à partir de gisements divers. En Algérie, ces éléments de haute technologie peut-être classés en deux groupes en fonction de leur mode de gisement :

I/Ge –Ga-In-Cd-Se-Te-Tl :

Les gisements à Zn-Pb-Cu demeurent jusqu'à présent la principale source de ces éléments stratégiques. Ils constituent généralement des éléments diffus dans les sulfures et ils s'expriment très rarement sous forme de minéraux propres

A- Gisements de type VMS (Volcanogenic Massiv Sulfides) :

Ce type constitue la plus importante source de ces éléments.

Dans le Nord de l'Algérie, ces gisements sont liés aux divers massifs volcaniques tel que ceux de *Tifaraouine, Beni saf, Ain Temouchent El Aouana, Oued Amizour, ...*

Plus particulièrement, les gisements à Cu-Pb-Zn de Bousoufa et Oued El Kebir (El Aouana, Jijel) sont caractérisés par des teneurs appréciables en éléments traces suivants : Cd, In, Ga, Ge, V, Bi Mo, Ag, Au (ORGM, inédit). Dans ce dernier gisement, on note la présence de Würtzite

B- Gisements de type MVT (Mississippi Valley Type)

Les gisements à Zn-Pb-Cu constituent le type le plus prédominant en Algérie, parmi ceux-ci on peut citer :

1/ Le Gisement de Kherzet Youcef (Sétif)

Dans ce gisement (Henni,1995 ; Boutaleb, 2000) , les éléments traces de haute technologie sont diffus ou inclus dans les différents sulfures :

-Sphalérite (ZnS) :C'est le minéral le plus abondant (teneur : 10-15%) et il renferme du Cadmium (0,09 à 1,45% pouvant atteindre 2.12%), Germanium (0,03 à 0,08% voire 1%), Fer (0,11-1,27%), Cuivre (0,06-0,03%)

-Galène (PbS) :La galène est le second sulfure avec une teneur de 10 à 15% dans le minéral massif.

L'analyse spectrale quantitative de la galène a révélé la présence de: Ag (0,12-3%), Bi (0,25-0,13%), Cd (0,008%), Cu (0,003-0,0003%), Zn (0,02%) et Fe (0,02 à 0,06%).

-Marcasite (FeS 2) : La composition chimique de la marcasite est caractérisée par la présence d'éléments traces tels que: Ge (0,04-0,10%), Ga (0,0008-0,00087%), Cd (0,036%), Sb (0,05%), Zn (0,02-1,02%), Ni (0,03-0,09%), Co (0,01%) et As (0,013-0,51%)

2/Le Gisement du Djebel GUSTAR (Sétif)

Les sphalérites du djebel Gustar zonées et colorées sont particulièrement riches en Germanium

3/ Le gisement de BOU CAID (Ouarsenis) :

Dans le gisement de Bou Caid, la sphalérite bien zonée (brun-rougeâtre/brun -jaunâtre) renferme des teneurs en Cd > 1% sous forme isomorphe et sous forme de microinclusions de CdS ; le Germanium (0.001-0.1%) quant à lui existe sous forme de microinclusions de Ge natif et de Germanate de Baryum (Henni, 1995)

4/Le gisement d'El Abed (Tlemen)

Dans le gisement d'El Abed, la sphalérite de couleur grisâtre renferme des teneurs en Cd (3100 ppm) et Ag(135 ppm) ; tandis que le galène recèle des quantités d' Ag variant de 400 à 1066 ppm

(ORGM, Popov, 1976, Touahri, 1987)

5/ Le gisement de Fer du Djebel ANINI (Bougâa ,Nord de Sétif) (Ferphos)

Au djebel Anini, la société Ferphos a mis évidence des teneurs en Germanium de l'ordre de 0.2% dans le minerai de fer (limonite, goethite, lépidocrosite)

6/Gisements de Charbon, hydrocarbures, schistes à hydrocarbures : Ces gisements sont réputés être des sources importantes pour Se, Te , Ge, Ga, In, He,

B- Gisements de type filonien encaissés dans les socles ou leurs bordures

Beaucoup d'indices et gisements de ce type demeurent inétudiés , les seuls dont on dispose de données préliminaires sont :

1-Le Gisement de Ghar Roubane (Tlemcen) consiste en des filons recoupant des microgranites et dolérites hercyniens sous une couverture carbonatée jurassique. Les filons sont constitués par sphalérite, galène , pyrite, chalcopryrite (wolframite, cassitérite), quartz, baryte, fluorite. Les sulfures sont favorables pour receler In , Ge, Cd, Te, tandis que que les oxydes (wolframite, cassitérite) des métaux rares (ORGM, Popov, 1976)

2-Les indices du môle de Tifrit (Saida). Dans le môle de Tifrit , les minéralisations de type VMS et MVT (Aissa et Boutaleb, 2003,) sont favorables pour receler des quantités appréciables en Cd, In, Ge, Ga, Se, Te, Tl , Ag

3-Le gisement de BOUDOUKHA (El Milia, Nord constantinois)

Les sulfures (Sphalérite, Chalcopryrite, Galène, Pyrite, Arsenopyrite, Bismuthinite, Cuivre gris, Cassitérite, Boulangérite) renferment des teneurs importantes en éléments traces : In, Cd, Ga, Ge, Ag, As, Sb, Au, Ni, Co, Bi, , Sn, . L'ORGM a mis en évidence des réserves importantes éléments de haute technologie contenus dans les sulfures : plusieurs dizaines à plusieurs centaines de tonnes de Cadmium , Indium, Gallium, , Argent, Bismuth, , Antimoine, Etain et Arsenic.

4-Les gisements d' Oued Oudina , Sidi Kamber et Oued Asfora (El Milia, Nord constantinois) Ils s'agit de gisements filoniens du même type que celui de Boudoukha encaissés dans le socle et caractérisés par les mêmes éléments traces, tout en notant que Sidi Kamber est particulièrement plus riche en Germanium. Dans le gisement de Oued Asfora l'ORGM a mis en évidence les éléments traces suivants : W 0.1% , Sn 0.06% , Bi 0.1% , Ag 500 ppm

5- Les filons du Nord du Massif métamorphique de L' Edough (Annaba) (Aissa 1985, 1996)

Les filons polymétalliques du Nord du massif de l'Edough sont encaissés dans des gneiss, micaschistes (microgranites, rhyolites). Les sulfures (sphalérite, galène, chalcopryrite) renferment des quantités appréciables en éléments traces de haute technologie (en ppm) : Cd : 20 -400 , Ge : 6 - 100 voire 200 , In: 20 -150, Y : > 30, Tl : 0-5, Te: 0 - 0.1441 , Ag : 10-1200, As: 13000, Bi : 10 -2000, Mo : 2-60 , Sb > 3000,

W: 4000, Sn : 3000, Nb: 30, Au: 0- 4, Be: 0-80, F > 1% Ba > 1%

6/Les indices à Zn-Cu-Pb de BOUMAIZA (Sud de l'Edough) sont encaissés dans des formations métamorphiques (séricito-schistes, amphibolites, marbres) et se présentent sous forme de

dissémination et remplissage de microfractures. La composition minéralogique consiste essentiellement en galène, sphalérite, pyrite, arsenopyrite, chalcopryrite, calcite, quartz, apatite, sericite, muscovite. La galène renferme des teneurs en Argent de l'ordre de 250 g/t. La sphalérite fortement zonée dans les couleurs orangées et jaunâtres est favorable pour receler des quantités importantes en Germanium

Des minéralisations à Zn-Pb intimement associées au socle métamorphique ont également été mises en évidence dans plusieurs régions du socle de Petite Kabylie par l'ORGM

7-Skarns du massif de l'Edough(Annaba) (Aissa 1985, 1996)

Dans les skarns de Karezas (sud du massif) la löllingite renferme souvent des inclusions de Bismuth natif bordées par de la Tetradyrite $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$. En outre, le Tellure est rencontré dans le Bismuth Natif (0.0003 - 0.02 % Te) et la Bismuthinite (0.1441 - 0.1508 % Te)

Tandis que dans les skarns du BOUZIZI (partie centrale du massif), la sphalérite (marmatite), la cassitérite et la malayite se caractérisent par des traces élevées en Indium ($\text{In} > 0.1\%$)

8-Teneurs anormales en éléments de haute technologie dans les roches du socle métamorphique de l'Edough (Aissa 1985, 1996). Certaines roches orthométamorphiques montrent des teneurs anormales (ppm) en éléments stratégiques, à l'exemple des gneiss tonalitique de Kebira – Begrat (Ga :52, Rb 134); des pyroxénites de Si Bou Guena (Ga : 20-80); des gneiss à 2 micas de Karezas (Ga 21-27); ou des roches à biotite verte-apatite de Karezas (Ga 94-110)

9- Le gisement polymétallique de Ain Barbar (Edough, Annaba)

Les filons polymétalliques d'Ain –Barbar (ORGM; Aissa, 1975; Marignac, 1976) sont également prospectifs pour les éléments de haute technologie. Le minerai tout venant renferme (ppm) : $\text{In} > 5$, $\text{Ge} > 10$, $\text{Ag} > 200$, $\text{Ag} > 1700$, Au : 1-8. Alors que le concentré de Plomb renferme ($\text{Ag} : 1000-2000$, $\text{Ge} > 50$); le concentré de Zinc ($\text{Cd} : 3100$, $\text{In} > 100$) et le concentré de Cuivre ($\text{Ag} 400$, Au 1-3)

10- Le gisement polymétallique de Kef Oum Teboul (ORGM, Popov 1976)

Le gisement polymétallique de Kef Oum Teboul est caractérisé par la présence de Greenockite, Scheelite et des traces importantes en Cd, In, Ge, Ag, Bi, W, As.

Plus particulièrement, la marmatite, renferme des teneurs appréciables (ppm) en In : 3, Cd : 3000, Sr : 100, Ga : 3, Sn : 60, Sb : 100; la Galène (Ag : 1300) et la Chalcopryrite (Ag : 2800, Au : 16-20)

C/ Filons polymétalliques des nappes telliennes :

Il s'agit de gisements polymétalliques filoniens des zones telliennes centrales (ORGM)

1-Le district Mouzaia –Guerrouma :

Ce district comprend les gîtes filoniens de Mouzaia, Tizi N'taga, Sakamody et Guerrouma.

La minéralisation est renfermée dans des filons encaissés dans les marnes schisteuses du Crétacé. Elle est constituée essentiellement par pyrite, sphalérite, galène, tétraédrite, chalcopryrite, arsenopyrite, énarigite, nicollite, linneite dans une gangue de calcite, baryte, fluorite, sidérite et quart. Les sulfures renferment des teneurs appréciables en éléments traces : Ag, Cd, Bi, Ge, Ni, Co, As, Sb, Hg

II- Métaux rares, Terres rares

Dans le Nord de l'Algérie les sites et zones potentiels pour les concentrations en Métaux rares - Terres rares sont les granites, pegmatites ainsi que leurs produits d'altération hydrothermale-

Dans le socle de Petite Kabylie-Edough, on rencontre deux groupes principaux de magmatisme : le magmatisme anté-alpin et le magmatisme alpin (Aissa, 1996)

A/ Le Magmatisme anté-alpin

Dans le massif de l'Edough, parmi les diverses variétés de roches magmatiques anté-alpines, seuls les leucogranites légèrement déformés à grain fin et à grands cristaux (1 à 7 cm) de feldspaths potassiques, attribués à une phase tardi-hercynienne semblent les plus favorables. Diverses roches plus ou moins liées à ces granitoïdes affleurent un peu partout à travers le massif : pegmatites boudinées schistosées et non schistosées, pegmatites légèrement schistosées à grandes muscovites, niveaux de tourmalinites massives schistosées, greisens métamorphisés (Aissa, 1996). En effet les analyses et digrammes géochimiques interprétatifs mettent en évidence une évolution métallogénique favorable, confirmée par des teneurs appréciables en Sn, W, F, Be, Li, Ga, Nb, Ta, Rb, Zn. (Aissa et al. 1996 ; Aissa, 1996 ; Aissa et al. 2000). Les pegmatites à cristaux géants de Feldspaths montrent des teneurs notables en éléments traces (ppm): Th : 24, Zn : 75, W : 26, Cu : 51. Les orthogneiss du mont Eddikra (Nord de l'Edough) : Th : 44, Zn : 50, W : 28, Cu : 52. Les Gneiss tonalitiques (Kebira, Begrat) : Ba : 342, Sn : 100, W : 41, Ga : 52, Nb : 7, Rb : 134, Sc : 14, Sr : 133, Th : 14, V : 90, Y : 26, Zn : 97, Zr : 208, F : 0.73%, Be : 1.7%. Les gneiss à deux micas de la région de Karezas : W : 25 - 9600, Sn : 34, Ga : 21-27, Nb : 21-111, Zr : 162, Li : 10-740, F : 800 - 1500. Les gneiss à biotite verte-apatite de Karezas : Nb : 97-103, Rb : 1280-1424, Ga : 94-110, Zn : 263-305, Pb : 26-29. Les Pyroxenites (Voile Noire) W : 2.08%. Les gneiss à amphibole, fuschite, magnétite de Bouzizi renferment (ppm) : Ge : 100, Sn : 3000, Be : 100, Ga : 30, Yb : 30. Les gisements de magnétite du sud de l'Edough renferment particulièrement (ppm) : La : 12-172.5, Ce : 21-247, Ga : 7-43.5

Dans le massif de Béni Bélaid (El Milia, Petite Kabylie) des indices à Sn, Ta, Be sont associés à des sills pegmatitiques greisenisés au sein de micaschistes à grenat-tourmaline (Thiébaud, 1949, Kehal, 1998). Ces pegmatites sont déformées et appartiendraient au magmatisme permien. Il s'agirait d'une lignée peralumineuse sodolithique (Kehal, 1998), avec de forts enrichissements en Be (≤ 200 ppm), Ta (≤ 260 ppm) et Sn (≤ 1300 ppm), exprimés minéralogiquement : cassitérite, columbo-tantalite, chrysobéryl.

En outre, des poches de kaolin se sont formées par altération hydrothermale des orthogneiss et micaschistes feldspathiques de la région de Tamazert (El Milia) ; sites favorables pour la concentration des terres rares. De plus, dans cette région, l'ORGM a mis en évidence des indices à cassitérite, apatite, zircon, columbite, magnétite sous forme de veines quartzieuses dans les gneiss

B/ Le Magmatisme alpin

Dans l'est algérien, le magmatisme miocène est bien exprimé dans les socles de Petite Kabylie et de l'Edough postérieurement à la collision responsable de l'orogénèse des Maghrébides (Eocène supérieur). La plupart des manifestations magmatiques acides, qui commencent à la fin du Burdigalien, sont de nature calco-alcaline, avec une très forte contamination crustale des magmas mantelliques ; elles sont liées à un processus de délamination crustale, également responsable du fonctionnement de l'Edough en "metamorphic core complex" à l'Aquitano-Burdigalien (Aissa et al. 1995). A côté de ce magmatisme dominant, un ensemble de leucogranites et de rhyolites peralumineux a une origine purement crustale ; il s'agit de :

1- dans le massif de l'Edough, de petites intrusions leucogranitiques avec des essaims de pegmatites (à tourmaline ou à muscovite) associés, d'âge fini-burdigalien (17 Ma), comprenant un groupe dominant de leucogranites à tourmaline, des leucogranites à silicates d'alumine, des leucoaplitites à topaze ; et des rhyolites langhiennes (15 Ma) en filons ou chonolithes (souvent à tourmaline). Ces roches montrent des trends et degrés de fractionnement similaires aux granites à métaux rares européens et montrent de nets enrichissements en F, Li, Be, Rb, Sn, W, Nb (Aïssa, 1996, Aïssa et al.1995)

2- dans le massif granitique langhien du Filfila (Petite Kabylie), affleurent des granites granites évolués à albite-topaze-protolithionite, montrant des indices minéralisés à Sn -W-Nb-Ta (Bouabssa et al. 2010)

Conclusion:

Dans la chaîne alpine de l'Algérie on peut classer les éléments de haute technologie en deux grands groupes :

1- Ge -Ga-In-Cd-Te diffus dans les sulfures de gisements à Zn-Pb-Cu

Les sulfures des filons du socle se caractérisent par les plus fortes teneurs en Indium (les sphalérites ferrifères renferment jusqu'à 150 ppm d'In) et en Argent (les galènes renferment jusqu'à 4000 ppm d'Ag). A Kef Oum Teboul, contrairement à ce qui est connu à travers le monde, la Chalcopyrite est plus riche en Argent (2800 ppm) que la galène (1300 ppm). Par comparaison aux sulfures des gisements de type MVT (Kherzet Youcef, El Abed, ...) ceux du socle (Petite Kabylie-Edough), se distinguent par leur richesse en or, tellure, indium, bismuth, étain, tungstène, molybdène,...

Les sphalérites du socle formées à des températures de l'ordre de 300°C renferment beaucoup de fer, de ce fait elles peuvent admettre plus d'Indium dans leur réseau au détriment du Germanium. Par contre, les sphalérites du type MVT formées à plus basse température sont très pauvres en Indium, mais riches en Germanium. Celles-ci, sont d'autant plus riches en Germanium qu'elles présentent une zonation très contrastée dans les couleurs. On déduit, que des potentialités certaines en High Tech Elements existent dans la chaîne alpine d'Algérie, surtout dans les filons à Zn-Pb-Cu encaissés dans le socle.

2- Métaux rares et terres rares :

Eu égard à la rareté des études, ce type de ressources reste méconnu dans le Nord de l'Algérie. Néanmoins, on peut émettre des hypothèses sur la base de nos travaux préliminaires. Les granites et pegmatites alpins affleurant le long du littoral, montrent des trends et évolutions moyennement favorables. En revanche, les granites et pegmatites anté alpins semblent favorables pour la mise en place de petites concentrations en métaux rares.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- Aïssa D.E. (1986): Ore deposits of Edough massif (N.E. Algeria) - *Schrift. der Erdwiss. Öster. Akademie der Wissenschaften-Band 8*, pp.235-249 - Springer-Verlag. issn: [01712225]
- Aïssa D.E., Cheilletz A., Gasquet, D., Marignac, C., 1995. Alpine metamorphic core complexes and metallogenesis: the Edough case (NE Algeria). In: Pasava, J., Kribek, B., Zak, K. (Eds.), *Mineral Deposits: from Their Origin to Their Environmental Impact*. Balkema, Rotterdam,
- Aïssa D.E. ; Cheilletz A. & Marignac Ch. 2001. Magmatic fluids and skarns mineralization: the Burdigalian As-W skarn at Karezas (Edough Massif, NE Algeria)- *Mineral Deposits at the Beginning of the 21st century- Piestrzynski Ed- Balkema Publ. Rotterdam, Lisse, Tokyo*, pp.877-888
- Aïssa, D.E., Kesraoui, M., Kehal, A., Marignac, C., 2000. Magmatisme peralumineux et potentiel en métaux rares dans l'Est algérien. Colloque Intern. Métallogénie 2000, Nancy, 3-4.

Aïssa, D.E., Cheilletz, A., Marignac, C., 2001. Magmatic fluids and skarn mineralization: the Burdigalian As–W skarn at Karézas (Edough Massif, NE Algeria). A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, pp. 877–880.

Aïssa D.E & Boutaleb A. - 2003 - Existe t - il des minéralisations d' intérêt économique dans la « chaîne hercynienne » du Nord de l' Algérie- *GEORAN le point sur la recherche géologique en Algérie- Université d'Oran - Décembre 2003*

Bouabssa L., Marignac C., Chabbi R., Cuney M. (2010) The Filfila (NE Algeria) topaz-bearing granites and their rare metal minerals: Petrologic and metallogenic implications- *Journal of African Earth Sciences* 56 (2010) 107–113

Boutaleb A. 2000: Géochimie et métallogénie des minéralisations polymétalliques de l'Est-algérien. Thèse de Doctorat d'Etat- USTHB , Alger

Henni A. (1995) - Caractérisation minéralogique et géochimique des sphalérites de l'Algérie. Bull. Serv. Géol. Algérie, vol.6, no2. 225-237 pp

Marignac C (1976) Mise en évidence des successions paragénetiques dans les principaux filons minéralisés du district filonien d'Aïn Barbar (Algérie). *Sci de la Terre Nancy*: XX, 333-401