



المكتب الوطني للهيدروكربورات و المعادن
OFFICE NATIONAL DES HYDROCARBURES ET DES MINES

LE COBALT AU MAROC

Mars 2015

INTRODUCTION

Le cobalt est un métal gris, dur et ferromagnétique, généralement associé au nickel dans les minerais d'arsenic ; sa teneur dans l'écorce terrestre est d'environ 10 ppm.

Il est utilisé en métallurgie (33 %) pour les superalliages (22 %) et les alliages durs (11 %). Une part importante (22 %) est utilisée dans la fabrication d'accumulateurs, secteur en pleine évolution et une autre (7 %) dans la fabrication d'aimants. Le cobalt est également utilisé dans des secteurs non-métallurgiques comme la catalyse (11 %), les pigments (9 %), les pneus, les colles, les savons...

Les minerais de cobalt sont sous forme d'oxydes, carbonates, sulfures, arséniures (smaltite : CoAs_2), thioarséniures (cobaltite : CoAsS)... de teneurs variant de 0,5 à 2,5 % de Co. Dans les gisements exploités, le cobalt est en général associé au cuivre ou au nickel.

Le cobalt est co-produit de l'extraction de nickel en Russie, Canada, Australie, Nouvelle Calédonie, Cuba, pour 57 % de la production mondiale et de l'extraction de cuivre en République Démocratique du Congo et en Zambie. En Afrique du Sud, le cobalt est co-produit de l'exploitation de métaux précieux. La seule mine exploitant exclusivement un minerai de cobalt, de la smaltite (CoAs_2), est celle de Bou Azzer au Maroc.

En 2014, la production mondiale en tonnes de cobalt contenu est estimée à 112 000.

R.D. du Congo	56 000	Australie	6 500
Canada	7 000	Cuba	4 200
Chine	7 200	Nouvelle Calédonie	2 800
Russie	6 300	Brésil	3 000
Philippines	3 700	Afrique du Sud	3 000
Zambie	3 100	Autres pays	9 500

Source: USGS

La production du Maroc en cobalt pour l'année 2013 est de 2 100 tonnes.

RÉPARTITION DES PRINCIPALES MINÉRALISATIONS COBALTIFÈRES AU MAROC

Au Maroc, il n'existe qu'un district cobaltifère ; celui de Bou Azzer dans l'Anti-Atlas central, d'un type exceptionnel et d'une grande importance économique.

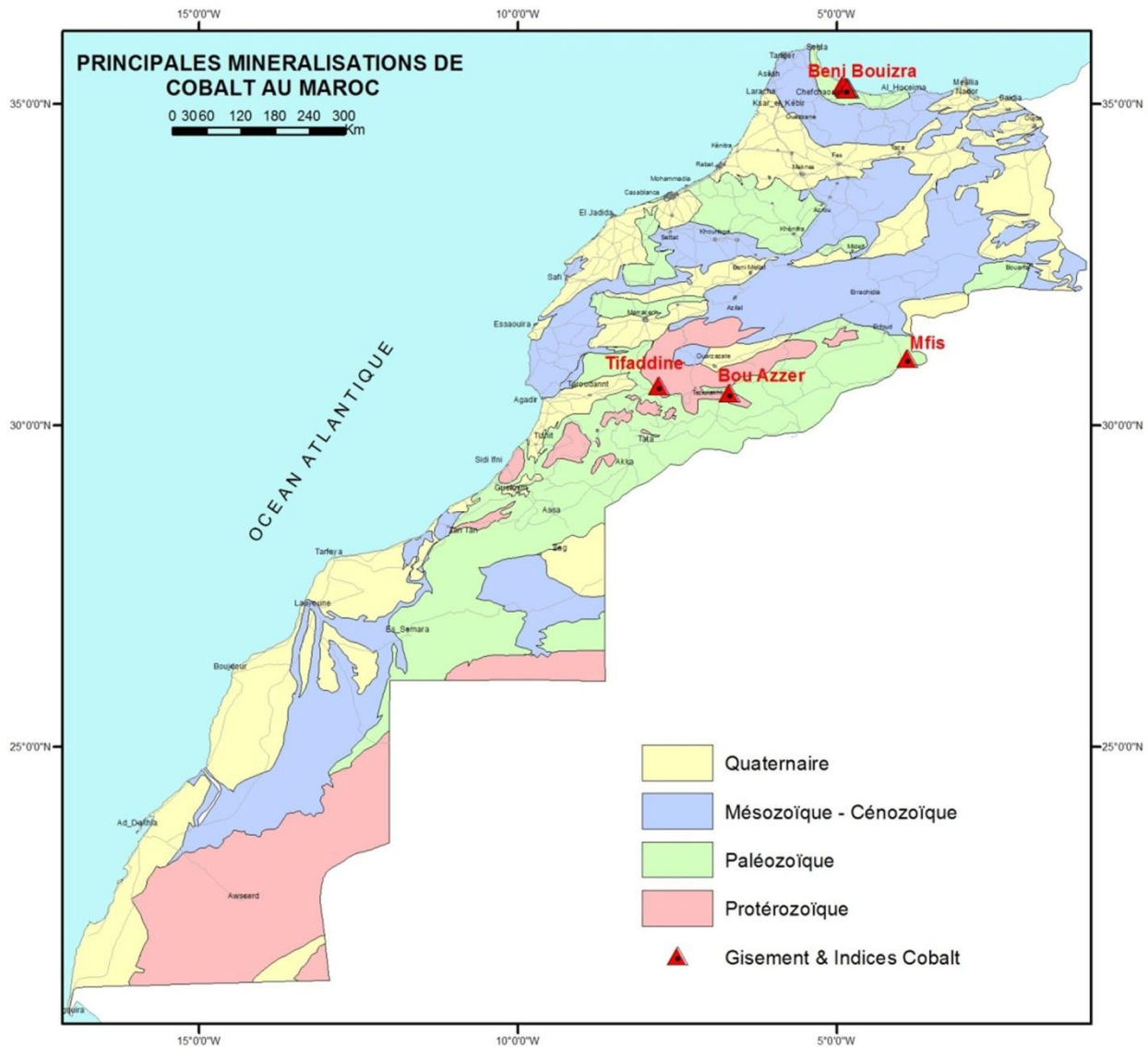
Les minéralisations cobalto-nickélifères du district de Bou Azzer se présentent sous formes de filons ou d'amas de dimensions variables associées aux bordures de massifs de serpentinites. Elles sont liées à des processus hydrothermaux après la formation de l'ophiolite.

Dans le massif du Sirwa, l'indice de Tifaddine, situé dans le prolongement de l'accident majeur de l'Anti-Atlas, est représenté par une fracture rubanée et bréchique comprenant des arséniures de cobalt (skuttérudite, safflorite).

Dans le Rif, le cobalt est associé aux minéralisations nickélifères dans le massif de roches ultrabasiques de Beni Bousera qui se présentent sous forme de filons à nickéline et chromite associées aux sulfures de cuivre, cobalt et graphite.

Le cobalt est aussi présent dans les filons plombo-zincifères de la région de Taouz, à l'extrémité sud-est de l'Anti-Atlas oriental, sous forme de sulfoarséniures de Ni-Co dans une gangue de sidérite.

Enfin, il existe des occurrences de minéraux cobaltifères dans divers gisements métalliques du Maroc ; Tazalaght (Anti-Atlas occidental), Azegour et Erdouz (Haut Atlas occidental), Kharrouba (Jebilet orientales), Kettara et Koudiat El Hamra (Jebilet centrales).... Il faut signaler aussi, que plusieurs anomalies géochimiques cobaltifères sont dernièrement mises en évidence dans les roches basiques du massif d'Adrar Souttouf dans les provinces du Sud (région d'Aousserd).



MINÉRALISATIONS COBALTIFÈRES DE BOU AZZER

Le district cobaltifère de Bou Azzer est situé dans la boutonnière précambrienne de Bou Azzer–El Graara qui fait partie de l'Anti-Atlas central. Elle correspond à une dépression orientée NW–SE qui jalonne l'accident majeur de l'Anti – Atlas.

Les gisements cobaltifères du district de Bou Azzer représentent les plus importants au Maroc pour la production du cobalt avec l'arsenic. Ils figurent parmi les rares mines de

cobalt primaire au monde. On en extrait également l'or, l'argent et le nickel comme sous-produits. Ce district comprend 20 gisements et 60 indices. Les minéralisations se présentent sous forme de filons et d'amas associés aux bordures de massifs de serpentinites.

Actuellement, les gisements de Bou Azzer sont exploités par la CTT (Compagnie de Tifnout, Tiranimine) du groupe MANAGEM à une cadence annuelle de 2000 t de cobalt. Les réserves de ces gisements varient de quelques milliers à un million de tonnes à des teneurs moyennes de 1 % en Co.

A Bou Azzer, les minéralisations sont associées au contact des serpentinites à d'autres roches (laves acides du PIII, diorites quartziques). Elles se présentent soit sous forme d'amas allongés parallèlement à ce contact ou sous forme de filons sécants. Les structures minéralisées peuvent être regroupées en quatre principales directions EW, NW, NE et subméridiennes.

Les minéralisations sont constituées principalement de sulfoarséniures, de sulfures, de l'or natif, de l'argent et de la molybdénite. La gangue est constituée essentiellement de carbonates et de quartz et accessoirement du talc, des chlorites et des minéraux reliques des serpentines (spinelles chromifères et magnétite).

MINÉRALISATIONS COBALTIÈRES DU MASSIF DU SIRWA (ANTI-ATLAS CENTRAL)

Le massif du Sirwa est essentiellement formé de terrains précambriens, d'âge échelonné du PI au PIII, masqués localement par une couverture sédimentaire et volcanique mio-pliocène.

Deux indices de cobalt sont localisés dans ce massif dont le plus important est celui de Tifaddine, situé sur le prolongement de l'accident majeur de l'Anti-Atlas, à 70 km à l'W de Bou-Azzer.

Le filon Tifaddine est localisé sur une faille normale N-S qui affecte les quartzophyllades de la formation II d'Imerhlay et les diorites. Dans les années 30, 5 galeries de quelques dizaines de mètres ont été tracées à différents niveaux le long de la fracture minéralisée qui est visible verticalement sur 30 m. La minéralisation, puissante de quelques centimètres, à structure rubanée et bréchique, comprend des arséniures de cobalt (skuttérudite, safflorite), du mispickel, de la pyrite et de la chalcopryrite, des traces de galène et de blende, de l'érythrine et des oxydes noirs ou ocre, et, enfin, très peu de gangue (calcite, chlorites).

Si le filon de Tifaddine a des caractères communs avec les gisements de cobalt de Bou Azzer (prépondérance des arséniures de cobalt, contexte de roches du PII) il s'en distingue par l'absence d'affleurements de serpentines au contact. Néanmoins, il est intéressant, d'un point de vue fondamental et pratique, de constater que les roches du PII à proximité de l'accident majeur de l'Anti-Atlas peuvent renfermer des minéralisations de cobalt en dehors du district de Bou Azzer.

L'indice de Tizi Asdrem est situé sur le bord oriental du massif du Sirwa, le long d'une grande faille SW-NE, jalonnée par un dyke de dolérite. La faille correspond à un décrochement post PII sup. ayant joué en faille normale après le Pontien (Choubert, 1970). La minéralisation imprègne en stockwerk, dans des zones broyées à quartz, les grès et siltstones vert-jaune de la formation de Tiddiline (PII sup.). Elle comprend du mispickel, de la

pyrite et de la chalcoppyrite ; le mispickel renferme probablement du cobalt (0,3 à 1,5 % de cobalt dans les analyses de minerai citées dans les rapports de visite).

MINÉRALISATIONS NICKELIFÈRES DU MASSIF DE BENI BOUSERA (RIF PALEOZOÏQUE)

Le massif péridotique des Beni Bousera affleure sur 70 km² dans la zone interne paléozoïque du Rif, en bordure de la côte Méditerranéenne. Les péridotites sont nettement rubanées ; elles ont une composition moyenne de lherzolite mais admettent notamment de nombreux petits lits de pyroxénolites. Les péridotites sont broyées et serpentinisées au contact des roches cristallophylliennes sus-jacentes et particulièrement le long d'un grand accident NW-SE, parallèle à la côte. Ce dernier, qui semble correspondre à un ancien accident cisailant senestre, a ensuite joué en faille normale mettant en contact le flysch paléozoïque, schisteux et épimétamorphique au NE, avec le massif péridotique au SW.

Le massif ultrabasique des Beni Bousera et sa couverture cristallophyllienne dessinent un dispositif concentrique. De bas en haut on trouve des gneiss à grenat, disthène, sillimanite et graphite (kinzigites), des micaschistes puis des séricitoschistes.

Des minéralisations de nickel sont connues dans les péridotites, sur leur bordure NE tectonisée, au voisinage de la côte. Les gîtes exploités épisodiquement depuis 1949, ont produit au plus quelques centaines de tonnes de nickel-métal (Gallaros, Biatan, Mina Del Rio, Sarroo..). Ils ont une morphologie en cassures subverticales, généralement orientées E-W, dont les extensions tant latérales que verticales ne semblent pas dépasser quelques dizaines de mètres. À l'approche des cassures, les péridotites sont serpentinisées et des taches de plus en plus denses de vermiculite y apparaissent. Les cassures sont matérialisées par un remplissage, de puissance variable, de serpentine, de magnésite, d'un réticulum de talc nickélifère avec des blocs de serpentine ou de vermiculite avec des blocs de talc ou enfin par un remplissage minéralisé souligné par de l'annabergite et de la garniérite.

Le minerai de nickel (5 à 10 % de Ni) correspond au remplacement irrégulier d'un minerai rubané et cataclaté de chromite par des arséniures de nickel non cataclasés. Ces derniers (nickéline, maucherite, parararmmelsbergite avec polydimite (?) et cuivre natif) envahissent la gangue comme les golfes de corrosion de la chromite qui a tendance à disparaître peu à peu. Dans ce minerai on trouve aussi un peu de graphite et par places, des sulfures (chalcoppyrite, pyrrhotine, pentlandite et violarite) ainsi que des traces non négligeables d'or et de cobalt. Signalons ici la découverte de minéraux de cobalt (skuttérudite et safflorite) et d'or natif dans des fonds de batées prélevées au SE du massif (Alaoui & Leblanc, 1971).

Dans les péridotites qui ont une teneur moyenne de 0,3 % en Ni (essentiellement concentré dans les péridots), on trouve parfois un peu de pyrite et très exceptionnellement de la chalcosine. Il existe, en outre, de nombreux indices et gîtes de chromite ou de graphite sur le flanc SW du massif.

Ce type, apparemment exceptionnel, de minerai de nickel associé à de la chromite et à du graphite dans des roches ultrabasiques, se retrouve ailleurs (Agard & *al.*, 1959 ; Oen & Kief, 1973, 1977) dans la province métallogénique bético-rifaine (Serrania de Ronda).

Dans les Beni Bousera, l'orientation des cassures minéralisées correspondrait à celle de fractures d'extension contemporaines de la formation du grand décrochement limitant au NE le massif ultrabasique. La présence de vermiculite, de talc et d'antigorite permet

d'évoquer la possibilité d'échanges chimiques par des circulations hydrothermales en bordure du massif péridotique. Ces circulations auraient déposées les arséniures de nickel dans des filonnets déjà minéralisés en chromite. Notons que dans le cœur du massif, la vermiculite est associée à du labrador dans des fractures filoniennes de faible extension.

MINÉRALISATIONS NICKELIFÈRES DE L'ANTI-ATLAS ORIENTAL (MFIS- REGION DE TAOUZ)

Dans la région de Taouz, située à l'extrémité sud-est de l'Anti-Atlas oriental, les affleurements sont représentés par des terrains dévono-viséens de Guelb-Debouah, sous forme d'un anticlinal hercynien bordé de sills et de dykes doléritiques (tardi-hercyniens ou jurassiques).

Après une première phase tectonique responsable de plis de direction ougartienne (N115°) et d'une légère schistosité de fracture subverticale, une seconde phase reprend les éléments antérieurs et crée des plis N 60°. Cette phase de compression fait rejouer en décrochement dextre un accident E-W plus ancien (correspondant à une partie du filon Contamine) et ouvre des fractures de relâchement (N55°) correspondant aux nombreux filons minéralisés du district (Leblanc, 1971). Les sills et les dykes de dolérite ne sont pas de même âge : les premiers sont décalés par les accidents cassants (seconde phase tectonique) que peuvent emprunter les seconds.

Le grand filon Contamine renferme, sous une puissante zone d'oxydation limonitique, un minerai B.P.G.C. dans une gangue de sidérite. Très localement, des amas nickélifères à skuttérudite, gersdorffite et biarséniure de Fe-Ni ont été localisés dans le minerai exploité pour la galène et la blende.

Le filon Nickéline correspond au croisement d'un sill par une fracture ouverte orientée N 55°. La minéralisation qui semble être strictement localisée à cette intersection comprend des amas de nickéline, rammelsbergite, skuttérudite nickélifère avec des traces de blende, chalcopryrite et marcasite dans une gangue de sidérite (Agard & al. 1946).

L'ONHYM détient 2 permis de recherche dans ce secteur, à l'Est de l'ancienne mine de plomb de Mfis. Les travaux réalisés en 2012 sur ce domaine ont concerné une zone filonienne, orientée NE sur une extension de 2 km qui se présente sous forme d'un couloir faillé, caché en grande partie par des alluvions argileux et sableux. Plus de 200 puits et grattages ont été creusés par des artisans le long de ce couloir. Il s'agit d'une exploitation semi-artisanale qui se serait déroulée en parallèle avec l'exploitation du filon principal de Mfis.

La minéralisation en place n'est visible que localement et les puits sont en majorité comblés par le sable des tempêtes durant toutes ces décennies d'arrêt. Dans les déblais des puits constitués de schistes à passées gréseuses du Dévonien, on trouve souvent des oxydes de fer avec des traces plus ou moins importantes de galène sous forme de liserés. De la chalcopryrite et de la blende sont parfois visibles en association avec la galène et la pyrite. Du côté SW de la zone, apparaissent des traces de minéralisations nickélifères.

Les prélèvements ont été effectués en général dans les rejets plus ou moins minéralisés des puits. Au total, 110 échantillons ont été prélevés dans ce secteur pour l'analyse chimique.

Les résultats d'analyses montrent des teneurs en plomb dépassant 10%, en zinc variant entre 1 et 10%, en cuivre variant entre 0,1 et 0,6% (une seule exceptionnelle de 7% Cu) et en nickel ne dépassant pas 1000ppm (une seule teneur a donné 0,69% Ni).

CONCLUSION

Les principaux gisements et indices de cobalt du Maroc, tous liés à des roches basiques et ultrabasiques, ont souvent des caractères exceptionnels. Celui de Bou Azzer, de loin le plus important d'entre eux, représente un type de gisement unique dans le monde renfermant essentiellement des arséniures de cobalt dans une carapace silico-carbonatée sur des serpentines précambriennes.

L'indice de Tifaddine dans le massif du Sirwa présente des caractères commun avec les gisements de Bou Azzer ; prépondérance des arséniures de cobalt, contexte de roches du PII et s'en distingue par l'absence des serpentines. Sa localisation à proximité de l'accident majeur de l'Anti-Atlas lui confère un caractère important.

Les indices Beni Bousera renferme une association particulière d'arséniures de nickel et de chromite dans des péridotites représentant probablement un fragment du manteau supérieur.

Dans la région de Taouz, et plus précisément à l'est de la mine de Mfis, les résultats préliminaires des recherches montrent des potentialités en plomb-zinc dans une structure kilométrique. Toutefois, comme c'est le cas dans le filon contaminate plus à l'ouest, la possibilité de localiser des amas nickélifères (ou cupro-nickélifères ou cupro-cobaltifères) au sein de cette structure n'est pas à écarter. D'autres investigations sont nécessaires dans ce secteur afin de préciser son potentiel.