

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE (CHAÎNES D'OUGARTA- ALGÉRIE).

Larbi REMICHI*, Saadia YSBAA** et Kamel BADDARI***

RÉSUMÉ

Le Damrane, partie SO de l'Ougarta (Algérie), est une boutonnière à cœur de Précambrien volcanique et volcano-sédimentaire qui constitue un jalon entre le Précambrien de l'Anti-Atlas marocain et celui du Hoggar.

Le Précambrien du Damrane est impliqué dans une structure anticlonoriale souple, de faible amplitude, de direction N130/140, rattachée à l'orogénèse hercynienne. Les tectogenèses plus anciennes, connues ailleurs dans le Précambrien africain, ne sont pas marquées ici.

La succession lithologique du Précambrien du Damrane, de bas en haut, en accordance montre : une séquence silteuse localement terminée par des grauwackes et des roches volcano-sédimentaires, une séquence andésito-basaltique, une séquence rhyolitique couronnée par des volcanoclastites acides et par des grés.

La séquence andésito-basaltique est constituée par un empilement de coulées plus ou moins bréchiques et vacuolaires, de basaltes et d'andésites recoupés par des corps mafiques intrusifs (sills et dykes).

La séquence rhyolitique est formée par un empilement de nappes ignimbrétiques recoupées par des corps intrusifs (stocks, dykes, filons).

Du point de vue pétrologique, les roches mafiques et felsiques ne procèdent pas d'une suite unique évolutive. Les roches mafiques sont calco-alcalines alors que les roches felsiques sont aussi calco-alcalines mais proviennent d'une souche différente (Remichi, 1987).

Les critères sédimentologiques et pétrographiques permettent de reconstituer une paléogéographie de type continental ou bordure continentale.

Les minéralisations de l'Oued Damrane (Chaîne d'Ougarta), non économiques, sont représentées par deux types paragénetiques et associées exclusivement aux roches mafiques précambriennes. L'un à cuivre natif disséminé, lié à des basaltes vacuolaires et amygdalaires; ce type serait à rapprocher du modèle « Lac Supérieur (U.S.A) ». L'autre est à sulfures (Cu, Pb, Zn) disséminés surtout dans les basaltes que dans les andésites et serait à rapprocher plutôt des « Mantos chiliens ».

*Département Gisements, FHC. Université M'hamed Bougara Boumerdès, Algérie.

**Mineral and Geological Research Office, Boumerdes.

***Laboratoire de Physique de la Terre, FHC, Université M'hamed Bougara - Boumerdes. Algérie.

- Manuscrit déposé le 04 Janvier 2011, accepté après révision le 20 Juillet 2011.

Toutes ces minéralisations sont tardi- à post- volcaniques et en relation avec un hydrothermalisme qui les précède, les accompagne et les suit. Cet hydrothermalisme se manifeste par des paragéneses secondaires à épidote, carbonates, zéolithes...

Mots-clés - Chaîne d'Ougarta – Damrane - Formations volcaniques - Précambrien - Minéralisations - Cuivre natif - Polymétallique.

MINERALIZATION ASSOCIATED WITH DAMRANE VOLCANIC FORMATION (OUGARTA RANGE- ALGERIA).

ABSTRACT

The Damrane, South-Western part of the Ougarta Mountains (Algeria), is an anticline core with volcanic and volcano-sedimentary Precambrian terranes, intermediate between these of the Morocco (Anti-Atlas) and of the Hoggar.

The Precambrian of the Damrane is tolled as a wide Hercynian anticlonorium, the axis-trend of which is N130/N140. Former plicative structures, known elsewhere in the African Precambrian are not expressed here.

The lithologic succession of this Precambrian is, from base to top:

- a silty unity locally terminated by greywackes and volcano - sedimentary rocks
- an andesito-basaltic mafic
- a rhyolitic unity overlain by volcanoclastites and sandstones.

The andesito-basaltic unity lies conformably upon the silts as a pile of several more or less brecciated and vuggy flows of basalts and andesites, cross-cut by mafic intrusive (sills, dykes, stocks).

The rhyolitic unity lies conformably upon the andesito - basalts and is a pile of several ignimbritic flows cross-cut by rhyolitic intrusive (lodes, stocks, dykes).

From a petrological point of view, the mafic and the rhyolitic rocks do not are from a single evolutive sequence. The mafic rocks are calc-alkaline. The rhyolitic rocks are calc-alkaline and com appears from a peculiar magma.

Sedimentary and petrological criteria define a continental or pericontinental palaeogeography.

The (not economic) ore belongs to two paragenetic types and are strictly bound to mafic rocks. One contains especially native copper, disseminated throughout vuggy basalts; it could be compared to the "Superior Lake" model (USA). The other one contains various sulphides (Cu, Pb, Zn) disseminated in basalts and andesites; it looks like more closely the "Manto type" of Chile.

All these mineralization are late - to post - volcanic and related to hydrothermal processes which preceded, accompany and follow their deposition. This hydrothermalism is characterized by secondary alteration minerals such as: epidote, carbonates, zeolites..

Key words - Ougarta Range - Damrane - Volcanic formations - Precambrian - Mineralization - Native copper - Polymetallic.

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)

INTRODUCTION

Le Damrane, objet de cette étude, appartient au sillon occidental de la Daoura, partie sud-ouest de la chaîne d'Ougarta, dont la structuration majeure est rapportée au cycle hercynien (post-autunien par comparaison avec le bassin de Béchar) (Fabre, 1983) L'ensemble Ougarta-Damrane, anticlinorium au relief appalachien, laisse affleurer en leur cœur des terrains précambriens (Chikhaoui, 1974).

Les travaux géologiques préliminaires entrepris sur les formations volcaniques du Damrane ont mis en évidence deux groupes d'indices, l'un à cuivre natif, l'autre à Cu-Pb-Zn (Preidel, 1984).

La géochimie entreprise autour de ces indices cartographiques a confirmé l'existence d'auroles minéralisées (géochimiques) de cuivre. Elle a aussi mis en évidence d'autres zones anomaliques, l'une centrée sur les andésites à clinopyroxènes, la seconde sur les andésites à mégacristsaux et la troisième sur les basaltes à olivine.

L'étude que nous avons entreprise a pour but :

- de dresser un inventaire de toutes les minéralisations associées aux formations volcaniques et plus particulièrement celles qui le sont avec les faciès volcaniques mafiques;
- d'étudier la minéralogie et établir les paragenèses;
- de préciser leur lien avec l'altération hydrothermale;
- de comparer ces minéralisations à celles de certains gisements dans le monde en vue d'esquisser la typologie et l'importance de ces indices.

I. CADRE GÉOLOGIQUE

Le Damrane, partie SO de la chaîne de l'Ougarta (faisceau de la Daoura), est une boutonnière à cœur de précambrien volcanique et volcano-sédimentaire. Il constitue un jalon entre le Précambrien de l'Anti-Atlas marocain et celui du Hoggar (fig. 1) (Black, 1980).

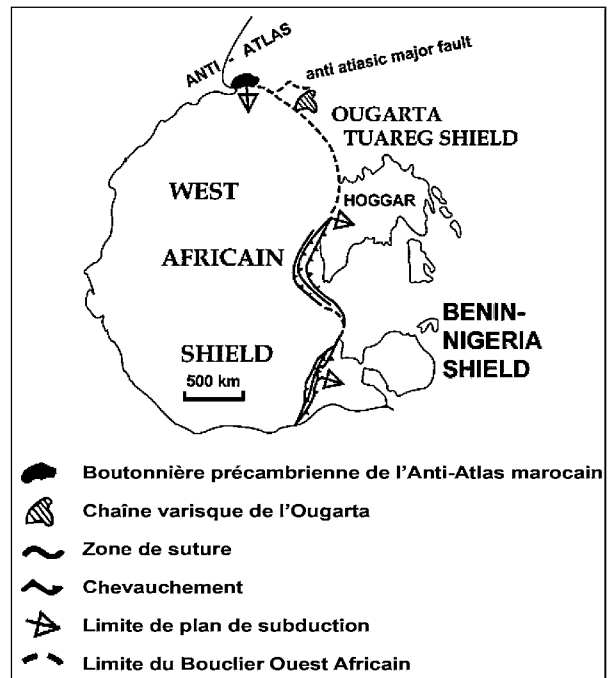
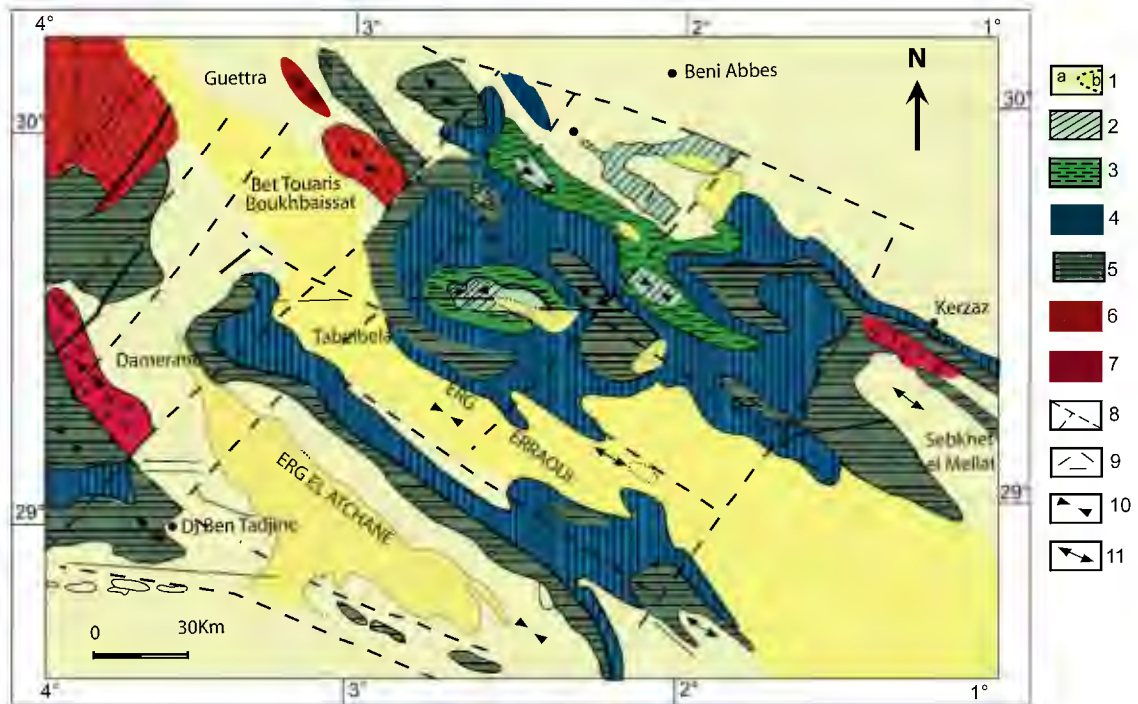


Fig. 1 - Carte géologique du Protérozoïque terminal de l'Afrique Occidentale modifiée et simplifiée par Black, 1980

Late Proterozoic sketch of Western Africa, modified and simplified from Black, 1980

Le Damrane est l'un des plis septentrionaux faisant partie de la structure du djebel Ben Tadjine, structure appartenant au sillon de la Daoura, faisceau sud-ouest de la chaîne d'Ougarta. Cette chaîne (fig. 2) s'étend vers l'est (sillon de la Saoura) sur 150 km.

L'ensemble Saoura-Daoura est supposé édifié durant l'orogénèse varisque; le plissement est modéré par comparaison avec la partie sep-



1/ Quaternaire: a) Erg, terrasse, dayas; b) grands Ergs; 2/Dévonien; 3/ Silurien; 4/ Ordovicien
 5/ Cambrien; 6/ Volcanites acides et intermédiaires du Précambrien terminal-Précambrien basal;
 7/Complexe volcano-sédimentaire du Protérozoïque supérieur plissé (Pan-africain) à la Sebkh el Mellah
 et du Damrane; 8/ Failles du socle; 9/ Failles hercyniennes; 10/Synclinaux; 11/ Anticlinaux.

1/ Quaternary : a) Erg, terrasse, dayas; b) grands Ergs; 2/ Devonian; 3/ Silurian; 4/ Ordovician
 5/ Cambrian; 6/ Final Precambrian - Basal Precambrian intermediary and acid volcanite;
 7/ Folded Upper Proterozoic volcano-sedimentary complex (Pan/African) in the Sebkh El Mellah and Damrane;
 8/ Shield faults; 9/ Hercynian faults; 10/ Synclinal; 11/ Anticlinal

Fig. 2 - Schéma géologique et structural des chaînes d'Ougarta
 Schéma élaboré d'après les travaux de SONAREM (1976-1981); Donzeau, 1971

**Geological and structural map of the Ougarta range
 after SONAREM works (1976-1981); Donzeau, 1971.**

tentrionale. L'orientation générale des axes des plis est N130/140.

Les plis sont généralement dessinés par les grès du Cambro – Ordovicien (Bles, 1969) mais quelques cœurs d'anticlinaux laissent apparaître les formations de base qui consistent le plus souvent en des ignimbrites et des volcano - clastiques (Guetgara, Oglet Beraber, Hassi Bou Laadam, Damrane) qui passent transitionnellement vers le haut (plus particulièrement dans la Daoura) à des dépôts attribués au K1 (Cambrien inférieur) (Bouima, 1986). Ces caractéristiques lithologiques et structurales rappellent les séries

d'Ouarzazate (Maroc) (Choubert, 1967) auxquelles ces formations avaient été comparées (Chikhaoui, 1975); elles sont donc attribuées à l'unité structuro-lithostratigraphique du P.III selon la classification de Choubert (1967).

Néanmoins, des formations sous-jacentes sont connues à la Sebkh El Mellah, une séquence à grewackes et de volcanites mafiques dont les caractéristiques structurales et pétrologiques permettent de les comparer à la «série verte» du Hoggar (Caby, 1969). Ce socle appartiendrait au Protérozoïque supérieur (unité P.II-2 de la classification de Choubert).

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)

La chaîne d'Ougarta fut, dans les siècles passés, l'objet de travaux miniers (puits, galeries au Guelb En Nahas) et d'autres artisanaux. La chaîne d'Ougarta recèle un grand nombre d'indices en liaison étroite avec un grand nombre de filons qui sont encaissées dans les formations sédimentaires du Cambrien (Djebel Ben Tadjine, Takroum, Guelb En Nahas, Draa El Kelba, Draissa, Dalaat Sekka....) (Poueyto, 1952; Meindre, 1955).

Dans le Précambrien et en liaison avec les formations constituant le soubassement de la chaîne, on rencontre des minéralisations de cuivre (Bou-Kaïs), de manganèse (Guettara), de cuivre natif et de cuivre-plomb-zinc sulfurés (Damrane)

II. LE MASSIF DU DAMRANE

II.1. Structure du Damrane

Le Damrane appartient au faisceau occidental de la Daoura, partie de la chaîne d'Ougarta, dont la structuration majeure plicative est rapportée au cycle hercynien (post-autunien par comparaison avec le bassin de Béchar) (Donzeau, *in* : Fabre, 1983).

Ces structures plicatives sont recoupées par des failles de directions variées (N130, N110, N70) qui, par leur jeu essentiellement vertical, morcellent en "touches de piano" l'ensemble du Damrane, mais sont surtout sensibles cartographiquement dans la partie sud – est, près de l'oued Saheb El Ghazel.

Les trois directions précitées ont servi de guide pour l'expression de remplissage filoniens tardi- ou post-hercyniens: filons à quartz.

Dans la chaîne d'Ougarta, on connaît, à l'échelle régionale, des fractures encore plus tardives, de direction subméridienne, à remplissage fi-

lonien local à quartz - hématite. Cette direction est exceptionnelle dans le Damrane ou un seul filon de ce type à été rencontré dans la partie sud-est du secteur.

Les directions N110 et N140, dominantes, ont des rejeux verticaux qui ne semblent pas dépasser quelques dizaines de mètres (Remichi, 1987).

II.2. lithostratigraphie

Trois grands ensembles lithologiques bien discernables ont pu être mis en évidence, du bas vers le haut:

- La formation sédimentaire et volcano – sédimentaire de base: elle affleure au NNO du Damrane (fig. 3). Elle est constituée de deux ensembles nettement distincts. L'ensemble inférieur, est formé de siltites beiges et de pélites fines qui peuvent admettre, vers le sommet, des intercalations discontinues décimétriques à stratification entrecroisée. Beaucoup plus rares, des calcaires à stromatolithes ont été mentionnés (Fabre, communication orale). Néanmoins, aussi bien les stromatolithes et les sédiments terrigènes de haute énergie indiquent un milieu peu profond, péricontinental qui reste inchangé durant le dépôt des sédiments surincombants.

Ces formations sous-jacentes sont volcanoclastiques; la première est essentiellement terrigène (greywackes), la seconde est plus volcanogène (tuffs, tuffites).

- La formation mafique (andésito - basaltique): cette formation est constituée d'un empilement de plusieurs coulées successives plus ou moins bréchiques à la base et souvent vacuolaire au sommet. L'épaisseur minimale est d'environ 120 m au sondage S 6; elle dépasse 400 m au sud-ouest.

À l'échelle du Damrane, les faciès bréchiques de coulées prédominent largement dans la bordure nord-est, alors que les faciès (non bréchiques) vacuolaires et amygdalaires caractérisent la bordure sud-ouest et renferment les indices à cuivre natif. Nulle part dans le Damrane, il n'a été rencontré de pillow-lavas réels et c'est seulement quelques hyaloclastites qui suggèrent un milieu restreint, immergé durant le dépôt des faciès volcaniques basaltiques. En plus des coulées basiques subconcordantes, un grand nombre de corps intrusifs a été reconnu; ils sont généralement de composition basaltique et exceptionnellement auto-bréchiques. Des stocks de micro-gabbro sont aussi connus (secteur sud-est) (fig. 3). Dans cette partie du Damrane, et sans aucune relation évidente avec ces intrusions, des indices de minéralisations sulfurés à Cu-Pb-Zn se rencontrent.

De plus au centre du Damrane, apparaît un grand massif de forme elliptique constitué par une andésite à mégacristaux de plagioclases (> 2 cm); ce corps ne montre aucune variation de faciès du centre vers la bordure.

La formation andésito-basaltique peut contenir quelques rares et fins niveaux sédimentaires; ces derniers se rencontrent essentiellement dans la partie supérieure de la pile et jamais à son sommet. Il n'y a pas de niveaux sédimentaires entre la formation andésito-basaltique et la formation ignimbritique sub-jacente.

Enfin, recoupant toute la pile andésito-basaltique, quelques dykes doléritiques; ils appartiennent à un événement magmatique tardif, mais il reste à savoir s'ils sont postérieurs ou antérieurs au dépôt de la formation ignimbritique. Dans la région, ils n'ont jamais été observés recoupant la couverture ignimbritique. (Les analyses chimiques ont mis en évidence leur postériorité par rapport aux ignimbrites), (Remichi, 1987).

- La formation felsique (rhyolitique): elle est bien préservée sur la bordure sud-ouest le long de l'oued Saheb El Ghazel; elle affleure aussi vers le centre de la structure; là, elle ne constitue que des "galettes" (restes) peu épaisses, buttes témoins de faibles hauteur (fig. 3). C'est essentiellement une formation ignimbritique dont l'épaisseur ne dépasse pas 200 m si on exclut le faciès bréchique et/ou conglomératique. Cette dernière formation "volcano-clastique" atteint une épaisseur de 250 m dans la région étudiée.

De point de vue géochimique, il est démontré que la série volcanique ferro-magnésienne, la plus ancienne du Damrane, a pris place dans un environnement intracontinental tardi- à -post tectonique (Hamdidouche et Aït Ouali, 2009.) d'une source magmatique particulière, cette dernière pourrait avoir dérivé d'un manteau supérieur intracontinental ou d'un manteau supérieur de type MORB.

III. LES MINÉRALISATIONS DU MASSIF DU DAMRANE

Tous les indices à minéraux primaires sont associés à des faciès laviques et/ou intrusifs mafiques souvent très altérés (épidotisés, chloritisés, calcitisés) (fig. 3). Le cuivre natif n'a été rencontré, en surface, que dans des faciès basaltiques vacuolaires très altérés et microfissurés. Au contraire, les faciès mafiques intrusifs et leur encaissant lavique et bréchique ont révélé la présence de minéraux sulfurés.

Les indices minéralisés en cuivre sont cantonnés à la formation andésito-basaltique et n'apparaissent pas dans les rhyolites surincombantes.

Pour dresser un inventaire complet des occurrences métalliques du Damrane, il faut encore mentionner l'existence de filons à gangue quartzeuse, calcitique et barytique montrant parfois quelques mouches de minéraux supergènes de cuivre.

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)



Fig. 3 - Carte géologique du Damrane (Remichi, 1987)

Geological map of the Damrane (Remichi, 1987)

III.1. Les minéralisations à cuivre natif

Le cuivre natif est strictement associé aux basaltes vacuolaires et amygdalaires à olivine. Ces basaltes, qui occupent une superficie de 20 km² environ, ne contiennent pas partout du cuivre natif; celui-ci est limité à deux zones (fig. 4) sur lesquelles ont été implantés des tranchées et des sondages. Ces zones se décèlent sur le terrain, par l'abondance des oxydes supergènes de cuivre (malachite, chrysocolle).

Dans la zone nord, deux sondages peu profonds (52 m), ont été implantés, tandis que dans la zone sud, qui s'étend sur un rayon de 1km, quatre sondages ont été réalisés. Dans les sondages, le cuivre natif n'apparaît que dans trois d'entre eux et seulement à quelques niveaux qui se caractérisent par leurs structures vacuolaire et amygdalaire. Ces niveaux, très fissurés, sont aussi intensément altérés en épidote, calcite, chlorite et zéolite; ils correspondent à des sommets de coulées.

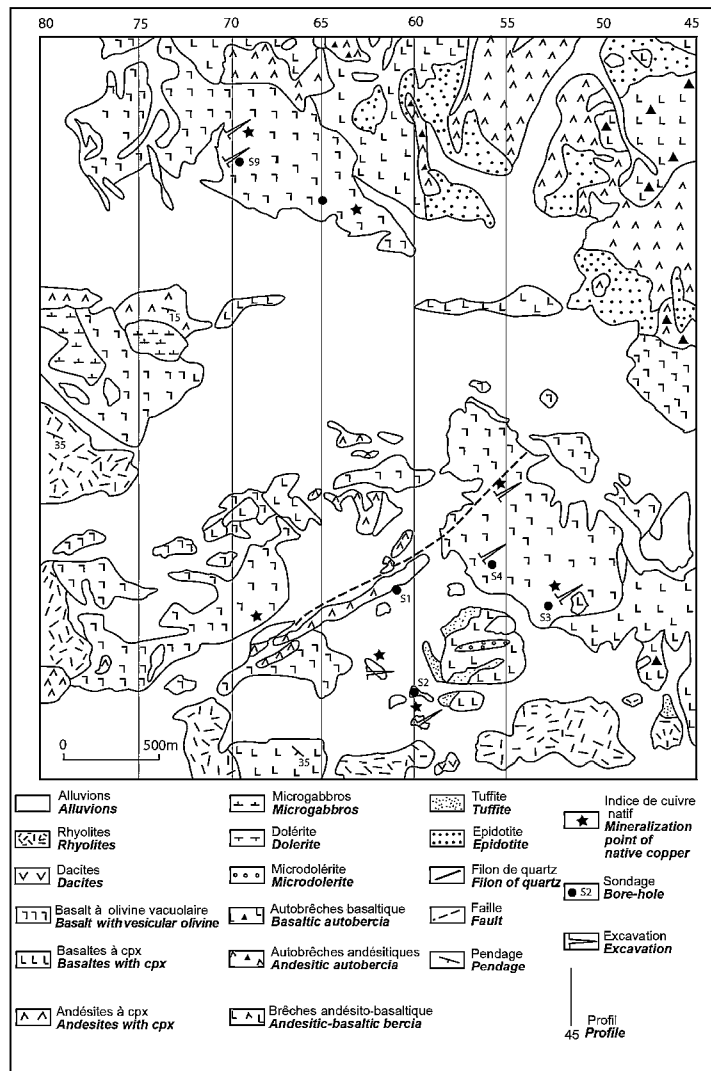


Fig. 4 - Carte schématique de l'indice à cuivre natif
Schematic map of native copper index

III.1.1. Métallographie

Le cuivre natif se présente soit en grains disséminés, soit plus rarement en remplissage de microfissures (ph.2, pl.1). En règle générale, les grains disséminés, d'une taille pouvant atteindre 2-3 mm, se développent à l'intérieur des vacuoles (ph.1, pl.1) et des amygdales. On les rencontre aussi, mais avec une granulométrie plus faible (quelques dizaines de millimètres) en remplissage de micropores dans la mésostase et en dissémination dans les vacuoles (ph.3; pl. 1).

Parfois, les grains de cuivre apparaissent le long des clivages ou craquelures des phénocristaux de pyroxène (ph.4, pl. 1) et d'olivine (ph. 5, pl.1). Dans les parties minéralisées, le basalte à olivine conserve bien sa structure primaire et ses phénocristaux de clinopyroxènes. L'olivine est totalement remplacée par l'«iddingsite», du quartz, des carbonates et des chlorites. Quant à la mésostase, elle est remplacée dans ses structures par l'épidote (pistacite-clinozoïsite).

Les basaltes minéralisés sont particulièrement riches en spinelles (ph.6, pl.1); Ils sont préservés de l'altération tardive. La présence, en abondance, de tels minéraux, témoigne, au moment de la mise en place des laves, d'une faible activité en soufre.

La paragenèse minérale primaire est donc très simple et réduite au seul cuivre natif. De la chalcocite primaire est très exceptionnellement présente.

Dans la zone d'oxydation supergène se développe, outre la malachite et le chrysocolle, la cuprite, la ténorite et l'hydroténorite.

La cuprite se développe aux dépens du cuivre natif qu'elle blinde souvent totalement. Autour de la cuprite, on observe fréquemment une auréole d'hydroténorite. Au contact entre hydroténorite et cuprite, peut apparaître un li-

séré discontinu d'un autre minéral : la lampadite, un oxyde de cuivre et de manganèse (détermination au microscope : PICOT).

Quant à la ténorite, elle apparaît sporadiquement, aux dépens de la cuprite ou de l'hydroténorite; elle peut former des imprégnations diffuses, remplir des fissures, ou participer à des structures collomorphes (ph.7, pl.1). En remplacement de la cuprite, elle se présente sous forme de lamelles (ph.8, pl.1). Signalons aussi, l'existence de chalcocite associée à de la covelline. Les deux minéraux sont donc, ici, supergènes.

III.1.2. Teneurs et tonnage

Dans l'état actuel de la reconnaissance par sondage, il n'est pas possible de préciser le nombre exact, ni l'extension des niveaux minéralisés en cuivre natif. Il n'est donc pas possible d'évaluer le tonnage métal présent dans cette partie du Damrane. Par ailleurs, les basaltes à olivine ne semblent pas exister en bas de la formation andésito-basaltique (leur épaisseur ne dépasserait pas 100 m selon les sondages), ce qui est cohérent avec l'absence de cuivre natif à ces niveaux.

Les teneurs moyennes calculées sur différentes épaisseurs de basaltes minéralisés oscillent entre 0,15 et 0,23% Cu. Ces teneurs peuvent monter à 3 - 4% Cu dans la zone supergène sur certains échantillons. Précisons que la zone supergène a une épaisseur très réduite (de l'ordre du mètre) et que son extension est faible et très discontinue. Aucun espoir d'exploitabilité d'une telle zone n'est envisageable, en dépit de quelques bonnes teneurs.

III.1.3. Conclusion

Le cuivre natif des volcanites mafiques du Damrane ne constitue pas un gisement potentiel. Cependant, par ses caractéristiques géo-

métriques, pétrographiques et minéralogiques, l'indice de cuivre natif du Damrane serait à rapprocher du type Lac Supérieur aux U.S.A (Richard and Davidson, 1959). Il s'agit d'une minéralisation se mettant en place dans un milieu déficitaire en soufre, associée à des coulées de basaltes émises en contexte continental. Le cuivre natif s'exprime dans les sommets vacuolaires de coulées (piège favorable) en liaison avec une activité hydrothermale tardi- à post- magmatique cheminant le long des fractures et veinules et diffusant dans les roches.

Cette activité hydrothermale se caractérise par des minéraux accompagnateurs comme les chlorites, les zéolites, les carbonates, le quartz, la pumpellyite.

Cette définition recouvre bien les différentes caractéristiques des laves basaltiques encaissantes, telles qu'elles ont été définies précédemment (Remichi, 1987).

Selon cette conclusion, le Damrane ajoute un exemple supplémentaire à un type représenté par plus de trente exemples de par le monde (Cornwall, 1956; Pelissonnier, 1972), parmi lesquels seul le district du Lac Supérieur (Michigan) s'est révélé productif économiquement.

Il existe un autre argument de convergence avec le type Lac Supérieur : la présence de tenneurs en Ag non négligeables (> 10g/t) dans les niveaux minéralisés.

Tableau I - Comparaison des minéralisations à cuivre du Damrane et du Lac Supérieur.

Mineralization comparison between native copper and the Damrane of the Superior Lake.

	Damrane	Lac Supérieur
Âge des formations	Précambrien sup.	Précambrien sup
Epaisseur de la série porteuse	Sup. 100 m	5000- " 9000 "m
Nombre de coulées superposées	3	200
Présence d'intercalations sédimentaires «qui portent le cuivre natif»	Non	Oui
Nature du volcanisme	Calco-alcalin	Tholéiitique
Altération	Epidote+chlorite+ carbonates+quartz+ zéolites	Epidote+chlorite+ carbonates+quartz+ Pumpellyite
Localisation du minerai	Vacuoles du sommet de coulées, fractures	Vacuoles du sommet de coulées, fractures, amas
Minerai primaire	Cu, CuS	Cu, Ag, Cu As S
Tonnage métal	?	5 Mt
Localisation géotectonique	Intracontinentale	Intracratonique
Teneur géochimique dans la masse des laves	« 20ppm »	10 - 400ppm

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)

Néanmoins, le Damrane se différencie du type Lac Supérieur par les caractères suivants:

- épaisseur de la séquence mafique inférieure au kilomètre, contre plus de 5000 m dans le Lac Supérieur (Routhier, 1963; Pelissonnier, 1972);
- absence de niveaux intercalaires sédimentaires (arkoses; conglomérats, pélites) entre les coulées;
- nature calco-alkaline du volcanisme basaltique du Damrane (Remichi, 1987), alors qu'il est de nature tholéiitique dans le Lac Supérieur (Routhier, 1980).

III.2. Les minéralisations sulfurées à Cu, Pb (Zn)

Elles ne sont connues à l'affleurement que dans l'extrême sud-est du Damrane (fig. 3).

À l'affleurement, c'est une « tache » ovoïde de 1500 m de diamètre environ, située dans des faciès mafiques variés : micro-gabbro, basalte à clinopyroxène, brèches andésito-basaltiques.

Dans cette partie du Damrane, on ne trouve pas de basaltes vacuolaires et amygdalaires à olivine (faciès porteur de la minéralisation à cuivre natif).

Dans cette zone minéralisée, il faut souligner la grande densité des fractures, des brèches, des intrusions microgabbroïdes, des colonnes épidotiques et le développement important de la chloritisation. Soulignons aussi, la fréquence de minéraux d'altération supergène de cuivre (malachite, chalcocite, chrysocolle).

Il n'y a pas, même dans la « tache ovoïde » la plus riche, de gisement potentiel; il s'agit seulement d'une densité plus forte de la dissémination en galène, chalcopryrite, chalcocite,

(blende). Les teneurs sont très variables et atteignent au maximum : Pb : 1,18%; Cu : 1,10%; Zn : 0,3% tandis que les tonnages sont insignifiants.

Dans les sondages, les teneurs sont encore plus faibles. Soulignons aussi que, les teneurs en argent peuvent atteindre 30-50 g/t sur certains échantillons.

III.2.1. Métallographie

Les sulfures apparaissent en remplissage des vacuoles, en disséminations très fines dans la mésostase des roches (remplissage de micropores) et dans des fissures. Ils sont associés à la chlorite, au quartz et à la calcite surtout dans les vacuoles et les fissures; ils sont xénomorphes à l'exception de la pyrite. Dans les micropores, on observe la galène, en général seule, rarement remplacée par la bornite ou la chalcopryrite.

Parfois, dans cette même situation, on observe la chalcopryrite seule. Dans les vacuoles, on observe souvent des remplissages complexes, soit à bornite (chalcopryrite (ph.1; pl.2)), soit à la galène, chalcopryrite, bornite, hématite (ph. 2; pl. 2).

La succession suivante a pu être établie entre ces différentes espèces : **1**- galène; **2** - bornite remplacée par chalcopryrite; **3** - hématite.

La pyrite, rare, est toujours en grains sub-automorphes; elle est très tardive et se superpose aux autres sulfures, mais elle est antérieure à l'hématite qui est le minéral le plus tardif (remplissage des fractures les plus tardives dans le Damrane).

La blende, très exceptionnelle, se présente en plages amiboïdes (remplissage des pores ou vacuoles) (ph. 3; pl. 2). L'absence de rapports mutuels avec les autres sulfures ne permet pas

de la situer dans la chronologie précédente. Précisons cependant qu'elle est antérieure à la pyrite. Un peu de digénite et de covelline sont parfois présentes. Il n'est pas possible de décider de leur origine primaire ou secondaire.

III.2.2. Conclusion

Il faut d'abord remarquer que les sulfures de plomb, en particulier, ne sont pas fréquemment décrits en association avec des roches mafiques, ce qui confère un caractère exceptionnel à cet indice sulfuré polymétallique du Damrane ; le cuivre et le zinc sont classiques dans ces faciès.

L'absence de critères géométriques permettant de définir la morphologie de la minéralisation est un grand handicap dans la définition du type.

En se basant sur la minéralogie de l'altération et la localisation des sulfures (Ruiz et Peebles, 1971; Trista et *al.*, 2005) on peut penser au type «Mantos» andin, encore que dans le Damrane «les couches» et amas des sulfures massifs font totalement défaut, de même, comme cela a déjà été signalé pour le cuivre natif, l'absence des intercalations sédimentaires entre les coulées mafiques.

Quoi qu'il en soit, la minéralisation polymétallique est donc épigénétique par rapport à la mise en place des roches mafiques. Elle est, par contre, syngénitique de l'altération siliceuse et chloriteuse; ses relations avec l'épidotisation n'ont pas pu être déterminées.

Il s'agit d'une minéralisation clairement liée à une phase hydrothermale post-magmatique basique; comme pour la minéralisation à cuivre natif, la liaison de cette phase hydrothermale avec une activité magmatique particulière de la séquence andésito-basaltique est totalement impossible.

IV. LES ALTÉRATIONS.

Il existe, dans les roches du Damrane, surtout dans la formation andésito-basaltique, une large gamme de minéraux secondaires. Ce sont : l'épidote, la chlorite, l'albite, le quartz, la calcite, la séricite, la céladonite, les zéolites, les scapolites.

Ces minéraux sont rencontrés d'une part, dans la mésostase comme produit de transformation des minéraux primaires (olivine, pyroxène, amphibole, feldspaths), d'autre part en remplissage des vacuoles.

IV.1. Les altérations associées aux minéralisations.

Problème de leur mise en place.

Les minéralisations associées spatialement aux roches mafiques sont de deux types : à cuivre natif et polymétallique. La minéralisation à cuivre natif se situe dans une zone à très forte épidotisation (en colonne et diffuse) et avec une présence de la chloritisation.

Ces deux types de minéralisations sont piégés dans les vacuoles, amygdales et fractures des laves où les minéraux du minerai sont associés à la paragenèse de gangue : quartz, chlorite, carbonate, épidote.

L'étude des associations dans le remplissage des vacuoles et des fissures a permis d'établir la chronologie de mise en place suivante (*cf.* tab. II) : quartz-carbonates-chlorite-épidote. Les minéraux primaires de minerai se déposent avec la phase chloriteuse.

Dés lors, il apparaît que cette association minérale est tardi- à post-altération à épidote en colonne. Ce sont des manifestations épigénétiques métasomatiques. En conséquence, les minéralisations associées à ces remplissages ne sont vraisemblablement pas mises en place tar-

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)

Tableau I - Chronologie de formation des minéraux d'altération.

Chronology of alteration minerals formation.

Epidotisation	Altérations liées aux minéralisations	Ferruginisation
	<p style="text-align: center;"> Q1 Q2 Q3 </p> <p style="text-align: center;"> Carb Chl </p> <p style="text-align: center;"> Ep Celad </p> <p style="text-align: center;"> Zeol Sm </p> <p style="text-align: center;"> Cu° - (Cu, Pb, Zn, S) </p>	

LÉGENDE

Minéraux de l'altération

Q1 - Quartz fibreux (*Fibrous quartz*)

Q2 - Quartz globulaire (*Spherulitic quartz*)

Q3 - Calcédoine (*Chalcedony*)

Carb. - Carbonates (*Carbonates*)

Chl. - Chlorites (*Chlorite*)

Célad. - Céladonites (*Celadonites*)

Zeol. - Zéolites (*Zeolite*)

Sm. - Smectites (*Smectite*)

Ep. - Epidote (*Epidote*)

divement à chaque épisode lavique porteur, mais sont plus certainement liées à une phase hydrothermale plus tardive. Tous les niveaux minéralisés seraient synchrones et tardi- à post-séquence andésito - basaltique, mais anté-séquence rhyolitique.

CONCLUSION

Dans un secteur de très faible superficie, comme le Sud-Est du Damrane, on rencontre deux minéralisations distinctes, l'une sulfurée, l'autre native, ne contenant ni l'une ni l'autre de gisement mais seulement des indices. L'étude des paragenèses minérales et des altérations, a conduit à évoquer l'existence de deux types distincts, l'un à rapprocher du « Lac Supérieur » (Cu), l'autre des « Mantos » andins (Cu, Pb, Zn (FeS₂)).

Cette diversité dans un espace aussi restreint surprend, et on peut donc poser la question de la validité des conclusions retenues quant au type génétique. Cela est d'autant plus fondé qu'il n'est pas possible d'établir une chronologie de mise en place entre ces deux épisodes minéralisés.

Le seul point commun entre eux est la nature épigénitique des minerais par rapport aux laves porteuses et, au contraire, leur syngénétisme avec une phase tardive accompagnée d'une altération plus au moins complexe à épidote, chlorite, quartz,...

L'indice à polymétaux sulfurés est apparemment plus riche en chlorite et pauvre en épidote. Cela pourrait traduire une mise en place à basse température, donc peut être postérieure. De toute façon, les deux circuits hydrothermaux diffèrent

par leur fugacité respective en soufre. Cela est totalement incompatible avec leur synchronisme.

Trop d'imprécisions subsistent, tant dans la chronologie respective des deux épisodes minéralisants que dans la chronologie générale par rapport aux emplacements des ensembles andésito - basaltique et rhyolitique, pour conclure raisonnablement sur la typologie des indices du Damrane.

Comme l'Anti-Atlas marocain (Burkhard et al., 2006), le Damrane et la chaîne d'Ougarta offrent de très nombreux indices cuprifères mais pas de gisement. La présence de ce métal à différents niveaux de la série, en association avec des faciès très variés, suggère une très grande «dilution» du métal. Ce caractère avait été souligné par Cl. Boyer et F. Boyer dans le Précambrien andésitique et rhyolitique de l'Anti-Atlas marocain (Boyer et Boyer, 1982).

BIBLIOGRAPHIE

- BLACK, R. 1980.** Precambrian of West Africa. *Episode*, vol. 4, pp. 3-8.
- BLES, J.L. 1969.** Les relations des microfractures avec le plissement dans la région du Djebel Ben Tadjine et au "km 30" (Chaîne d'Ougarta", Sahara occidental, Algérie). *Publ. Ser. Géol. Algérie* (n^{le} série), bull. 39, pp. 193-204.
- BOUIMA, T. 1986.** Le gîte de Rahmani (Monts d'Ougarta, Algérie). Sédimentologie du Cambrien inférieur et étude des minéralisations stratiformes cuprifères associées. Mise en évidence d'un processus de remobilisations de type Roll. *Thèse 3^{ème} Cycle, Univ. Paris-Sud/Orsay*, 216p.
- BOYER, CL. ET BOYER, F. 1982.** Les minéralisations cuprifères liées au volcanisme calco-alcalin de l'Anti-Atlas du Maroc. *Chron. Rech. Min.*, n°468, pp. 15-23.
- BURKHARD, M., CARITG, S., HELG, U., ROBERT CHARUE, C. AND SOLEIMANI, A. 2006.** Tectonic of the Anti-Atlas of Morocco. *C.R. Géosciences*, 338, pp. 11-24.
- CABY, R. 1969.** Carte géologique du Précambrien de la Sebkhah El Mellah. In : Conrad, G. Evolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien. *Thèse Sc., Paris*. Edit. CNRS.
- CHIKHAOUI, M. 1974.** Les ignimbrites du Précambrien supérieur des monts de l'Ougarta. *Thèse 3^{ème} Cycle, Univ. Alger*, 154p.
- CHIKHAOUI, M. 1975.** Les ignimbrites et les roches basiques du Précambrien supérieur des monts d'Ougarta. *Soc. Hist. Nat. A.F.N.*, t. 66, fasc. 3-4, pp. 127-185.
- CHOUBERT, G. 1967.** Division du Précambrien dans l'Anti-Atlas. *Collection : Notes et Mémoires*, n°200. *Importance*, pp. 9-32.
- CHOUBERT, G. 1977.** Difficultés géochronologiques dans le Précambrien de l'Anti-Atlas. *C.R. somm. S.G.F.*, 2, pp. 72-74.
- CORNWALL, H.R. 1956.** A summary of ideas on the origin of native copper deposit. *Econ. Geol.*, 51, n° 7, pp. 615-631.
- DONZEAU, M. 1971.** Etude structurale dans le Paléozoïque des Monts d'Ougarta. *Thèse 3^{ème} Cycle Orsay-France*, 63p.
- DONZEAU, M. 1972.** La déformation hercynienne dans les monts d'Ougarta (Sahara Occidental algérien). *Sc. Hist. Nat. A.F.N., Alger*, t. 64.
- FABRE, F. 1983.** Afrique de l'Ouest. Lexique stratigraphique international. Nouvelle série, n° 1, *Pergamon*, 116p.
- HAMDIDOCHE, R. ET AÏT OUALI, R. 2009.** Le volcanisme Ougartien (SO- Algérie); substratum ou manifestation tardive. *Bull. Serv. Géol. Nat., Algérie*, vol. 20, n°3, pp. 321- 339.
- MEINDRE, M. 1955.** Étude géologique du massif de Bou-Kaïs. *Bull. Sci. et Econ. Bur. Rech. Min. Algérie, Alger*, 2, pp. 7-48.

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)

- MENCHIKOFF, M. 1949.** Note sur les gîtes de cuivre des chaînes d'Ougarta. *Commiss. Etudes de l'Union. France*, n°86/COEUF/Rapport doc. 70)
- PELISSONNIER, H. 1972.** Les dimensions des gisements de cuivre du Monde. Essai de métallogénie quantitative. *Mém. BRGM*, n°57, 405p.
- POUEYTO, A. 1952.** Rhyolites et grès de l'Ougarta; in : les chaînes d'Ougarta et la Saoura. *XIX^e Cong. Géol. Intern., Alger, Monogr. Région., la série, Algérie*, 15, pp. 25-35.
- PREIDEL, N. 1984.** Rapport intermédiaire sur la prospection du cuivre dans la structure du Damrane. *Rapport non publié, EREM-Algérie*, 155p.
- REMICHI, L. 1987.** Étude géologique du Précambrien des chaînes d'Ougarta. *Thèse de Doct. Ing. Univ., P. et M. Curie, Paris VI*, 194p.
- RICHARD, E.S. AND DAVIDSON, E.S. 1959.** Amygdale mineral zoning the Portage Lake lava, Michigan copper district. *Econ. Geol.*, vol. 54, pp. 1250-1277
- ROUTHIER, P. 1963.** Les gîtes de cuivre natif du Lac Supérieur (Michigan) Les gîtes métallifères. *Mason*, 640p.
- ROUTHIER, P. 1980.** Où sont les métaux pour l'avenir ? Les provinces métallogéniques. Essai de métallogénie global. *Mém. BRGM*, n°105, pp. 219-223
- RUIZ, C. AND PEEBLES, F. 1971.** Stratabound copper sulphides deposits of Chillí. *Soc. Min. Geol. Jan.*, special issue 3, (*IAGOD vol.*), pp. 252-260
- SONAREM, 1976-1989.** Schéma géologique et structural des chaînes d'Ougarta. *Rapport inédit.*
- TRISTA, A., RUIZ, F. AND BARRA, F. 2005.** Origin and age of Cu stratabound ore deposit: Michilla district, Northern Chile. *6th International Symposium Geodynamic (SAG, Barcelona)*.

Planche I

Ph. 1 : Grains de cuivre natif dans une vacuole de basalte à olivine à remplissage concentrique, de l'extérieur vers l'intérieur, de chlorite (en noir), quartz et carbonates.

Grains of native copper in vacuole of olivine concentric basalt-filled from outside to inside of chlorite, quartz and carbonate

Ph. 2 : Microfactures à remplissage de minéraux de cuivre : cuprite et cuivre natif (zone d'oxydation).

Microfractures filled with copper minerals : cuprite and native copper (oxidation zone)

Ph. 3 : Cuivre natif en grains déssiminés dans une vacuole et dans la mésostase du basalte

Grained native copper in a vacuole and in the ground mass of basalt

Ph. 4-5 : Cuivre natif dans les cavités et les craquelures des phénocristaux de clinopyroxène (4) et d'olivine (5).

Native copper in the cavities and cracks of phenocryst of clinopyroxene (4) and olivine (5)

Ph. 6 : Phénocristal de spinelle dans les basaltes à olivines minéralisées.

Spinel phenocrysts in the basalt with mineralized olivines.

Ph. 7 : Ténorite collomorphe.

Colloform Tenorite.

Ph. 8 : Ténorite remplaçant la cuprite.

Tenorite replacing cuprite

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)

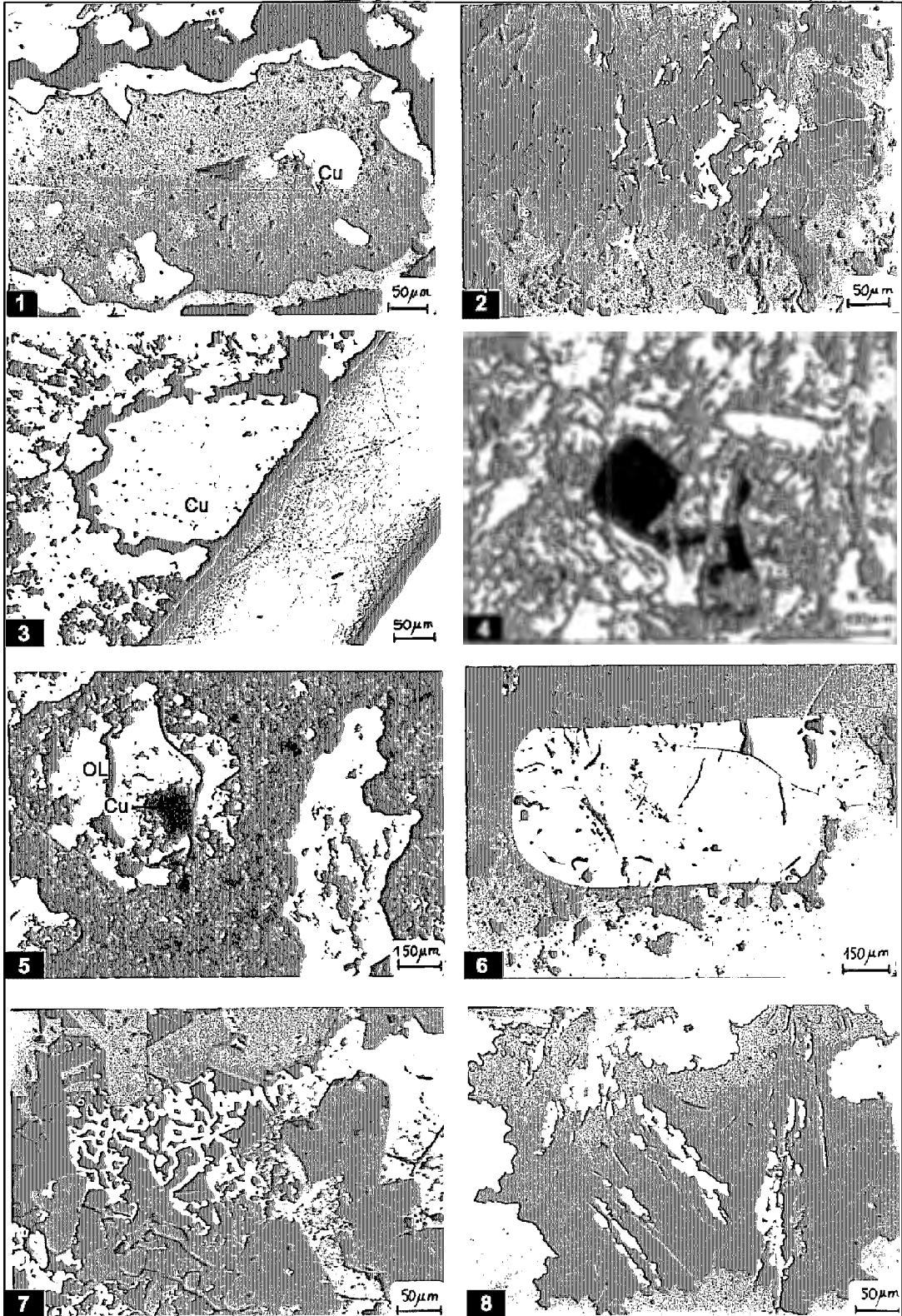


Planche II

Ph. 1, 2, 3 : Cp - Chalcopyrite; B - Bornite; Ga - Galène; H - Hématite.

Cp - Chalcopyrite; B - Bornite; Ga - Galena; H - Hematite

Ph. 4 : Plage amiboide de blende (B) et de pyrite (Py)

Amoeboid range of sphalerite (B) and pyrite (Py)

LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS VOLCANIQUES DU DAMRANE
(CHAÎNES D'OUGARTA - ALGÉRIE)

