

# DÉPÔTS PYRITEUX ET MINÉRALISATIONS Zn-Pb-(Cu) DU MASSIF VOLCANO-PLUTONIQUE D'AMIZOUR (BEJAÏA, ALGÉRIE). TYPOLOGIE ET GENÈSE DES MINÉRALISATIONS.

Khadidia GRAÏNE\*, Christian MARIIGNAC\*\*

## RÉSUMÉ

Le massif d'Amizour, lié à l'orogénèse alpine se compose d'un ensemble de petits massifs de granitoïdes qui formaient au Burdigalien un seul batholite. Entre le Langhien et le Tortonien, le batholite est morcelé par des accidents de direction N80° - N110° et N140° qui jouent par là même, en centres d'émissions volcaniques. Les laves émises en milieu subaérien à aérien sont calco-alcalines potassiques. Elles se mettent en place en trois épisodes : andésitique, rhyolitique (rhyolitoïde) et à nouveau un épisode andésitique.

Les altérations hydrothermales qui affectent les volcanites sont de types propylitique, chloriteuse et potassique. Cette dernière se manifeste en trois stades successifs : une altération de type forte, une autre de type adularisation et enfin une séricitisation. L'altération chloriteuse, relativement magnésienne, est localisée au niveau de la faille N140°. L'adularisation s'observe au niveau des centres émissifs. Les deux autres altérations, séricitisation et propylitisation, sont régionales.

Les concentrations sulfurées se répartissent en (i) dépôts pyriteux stratoïdes dont la genèse est liée à la séricitisation. Ces dépôts, à gros tonnage, sont encaissés dans les faciès rhyolitiques et épousent la morphologie horizontale des coulées volcaniques et pyroclastiques, (ii) filons polymétalliques à Zn-Pb-(Cu) liés à la faille N140°. Les filons se répartissent en minéralisation mésothermale à galène et sphalérite à inclusions de chalcopryrite et en minéralisation épithermale à shallenblende et galène. Cette dernière minéralisation forme le gisement d'Amizour à Zn dominant.

La genèse des minéralisations polymétalliques, à la fin du Tortonien - début Messinien est tardive et indépendante de celle des dépôts pyriteux. Elle est en relation avec un site géothermal de type Wairakei (Nouvelle Zélande), centré sur la faille-centre émissif, N140°. Cette dernière, qui se rattache à une direction tectonique régionale de plus de 600 kilomètres de long, est encore de nos jours le siège d'une activité post-magmatique qui se traduit par l'émergence de sources chaudes.

**Mots clés** - Volcanisme - Miocène - Centres d'émission - Altérations hydrothermales - Dépôts pyriteux - Filons Zn, Pb, (Cu) - Champ géothermal - Amizour - Algérie.

\*IST/USTHB - BP 31. El-Alia, 16111, ALGER

\*\* Ecole des mines de Nancy, Parc de Saurupt, 54042, France

- Manuscrit déposé le 23 Avril 2000, accepté après révision le 18 Juillet 2000.

## **PYRITIC DEPOSITS AND Zn, Pb, (Cu) MINERALIZATIONS OF THE AMIZOUR VOLCANO-PLUTONIC MASSIF (BEJAÏA, ALGERIA). TYPOLOGY AND GENESIS OF THE MINERALIZATIONS**

### **ABSTRACT**

The miocene magmatic field of Amizour, related to alpine orogen, is formed by plutonic rocks followed by volcanic rocks. These magmatic rocks inscribe themselves in calc-alkali potassic suite. The plutonic rocks form only one batholite during Burdigalian. Between Langhian and Tortonian, this batholite was fragmented by N80 – N110 and N140 faults which host volcanic centers active in a subaerial to aerial environment

The main hydrothermal alterations which affect volcanic rocks are of propylitic, chloritic and potassic types. The last one is subdivided in three successive stages : strong potassic alteration (with Mg-biotite), weak potassic alteration with adularia and sericitic alteration.

The hydrothermal sulphurized concentrations are :

**a** - stratiform pyritic deposits related to sericitic alteration which develops exclusively in rhyolitoïdic rocks. The horizontal drain - levels which are bottoms and tops of lava streams, laccolites, and flowing surfaces of pyroclastic-flows are in the origin of the stratiform morphology.

**b** - Zn - Pb ± Cu metallic veins which develop along the N 140° E fault are subdivided in two types:

(i) A mesothermal mineralization with dark sphalerite (with exsolutions and inclusions of chalcopyrite), galena related to Mg-chloritisation.

(ii) An epithermal mineralization with collomorphe sphalerite, galena and calcite. This second type constitutes entirely the Amizour Zn-Pb ore deposit which formed later and independently to the stratiform pyritic deposits.

The ore genesis took place during Tortonian - early Messinian and is related to the Wairakei geothermal field type, controlled by a N140E fault on which develops the emission centers. This fault in fact is of large regional scale, about 600 km, and until present time controls a post magmatic activity represented by a certain number of hot springs.

**Key words** - Volcanisme - Miocene - Volcanic centers - Hydrothermal alterations - Pyritic ore deposits - Zn-Pb -(Cu) metallic veins - Geothermal fields - Amizour - Algeria.

## INTRODUCTION

Le massif d'Amizour, connaît depuis 1974, une intense prospection minière. Trois secteurs miniers, Bouzenan, Aït Bouzid qui s'échelonnent suivant une direction NO-SE (fig.1) et Iheddadène qui se situe à 2 kilomètres à l'ouest de cette direction, constituent les secteurs les mieux prospectés par l'entreprise de recherche minière algérienne (Sonarem de 1966 à 1983; EREM de 1983 à 1991; ORGM depuis 1992).

Des sondages ont révélé en 1978 à Bouzenan, un gîte Zn-Pb-Cu et en 1990, les travaux ont abouti dans le secteur de Aït Bouzid, à la découverte d'un gisement plombo-zincifère, dénommé gisement de Oued Amizour. Dans le secteur de Iheddadène aucun gîte n'a été mis à jour.

Avec le gisement d'El-Aouana (ex-Cavallo; 700000 T métal Zn+Pb+Cu), celui d'Amizour (1,7 millions de tonnes métal Zn+Pb; O.R.G.M. 1994, inédit), représente le gisement polymétallique le plus important en milieu volcanogène miocène, du nord de l'Algérie.

Enfin, d'importants dépôts pyriteux, sans importance économique, sont connus dans l'ensemble du massif et se retrouvent aussi bien en surface qu'en profondeur.

## GÉOLOGIE RÉGIONALE

Le massif volcano-plutonique (fig.2), fait partie des roches magmatiques tertiaires qui jalonnent la côte algérienne, tronçon sud de la chaîne alpine des Maghrébides (Durand Delga, 1980).

Il est formé de granitoïdes représentés par des quartz-monzonite, granite, diorite et de leurs équivalents microgrenus. Les laves correspondent à des andésites et des rhyolites sans quartz (rhyolitoïdes) (Gravelle, 1959; Semroud, 1981).

Les granitoïdes sont datés à 24,4 millions d'années: les andésites à 18,5 et les rhyolitoïdes à 12,4 (Bellon et Semroud, 1978). Ces roches magmatiques appartiennent à la série calco-alcaline fortement potassique (Semroud, 1981; 1985; 1993; Semroud *et al*, 1992; 1994).

Les unités structurales qui entourent le massif d'Amizour sont représentées par un socle paléozoïque, des nappes de flyschs, des nappes telliennes et des formations miocènes sédimentaires à dominante continentale (Leikine, 1971; 1974; Obert, 1981; Hassissène, 1989).

## GÉOLOGIE DU MASSIF D'AMIZOUR

### Lithostratigraphie. Tectonique. Centres d'émission volcaniques

Les granitoïdes formaient au Burdigalien, un seul massif à cœur quartz-monzonitique et à bordure dioritique de largeur irrégulière. Au début du Langhien, il est affecté par des accidents de direction est-ouest qui provoquent la formation de horsts et de grabens (fig.3).

Dans ces derniers, les roches grenues sont recoupées, par sondages, à moins de 400 mètres de profondeur et sont semblables à celles que l'on connaît en surface.

Un accident majeur de direction N140°, recoupe le massif en son milieu. Tardif par rapport aux accidents est-ouest, probablement décrochant à jeu dextre (Hassissène, 1989), il joue un rôle important dans l'histoire volcanologique et gîtologique du massif (Graïne, 1997). Cet accident correspond à une portion d'une ligne tectonique de plus 600 kilomètres de long. Il s'agit d'un accident régional dénommé Négrine - (située non loin de la frontière algéro-tunisienne) - Bejaïa (Kazi-Tani, 1986). Dans son extrémité S.E, il est, de nos jours, jalonné, par des sources thermales dont la manifestation est rapportée à une activité tardi-magmatique.

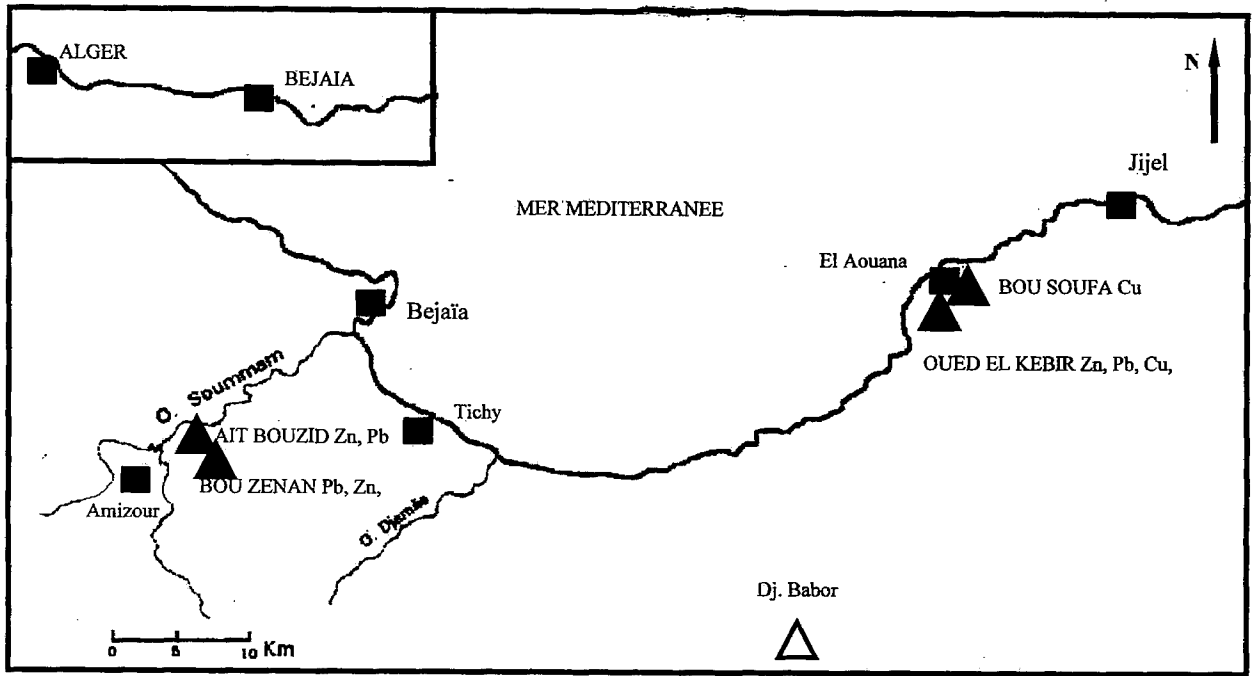


Fig. 1 - Situation géographique  
*Geographical location*

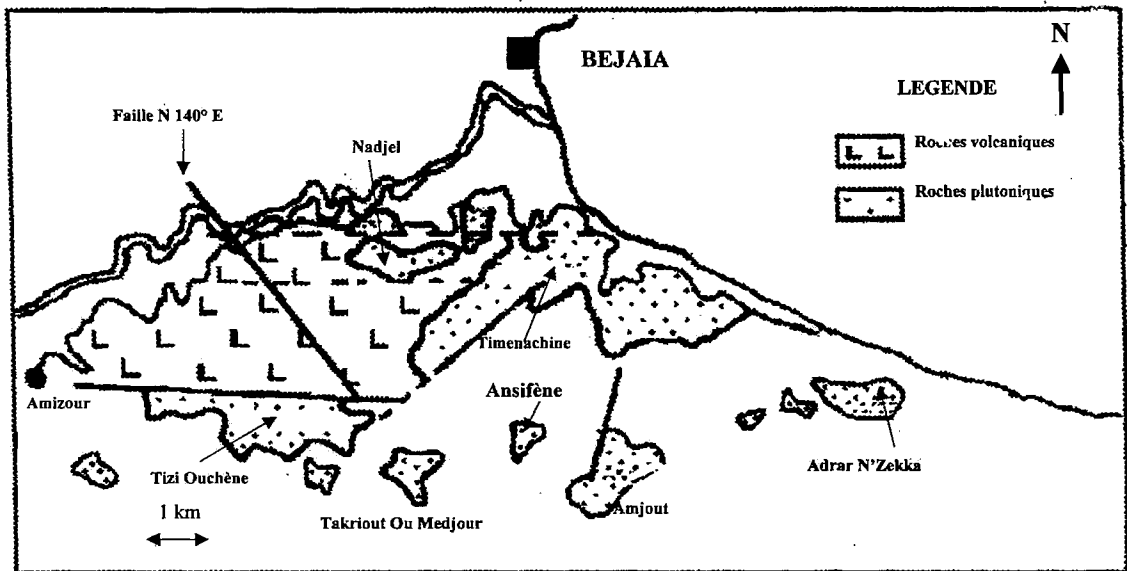


Fig. 2 - Géologie du massif volcano-plutonique de Oued Amizour  
*Geology of the Amizour volcano-plutonic massif*

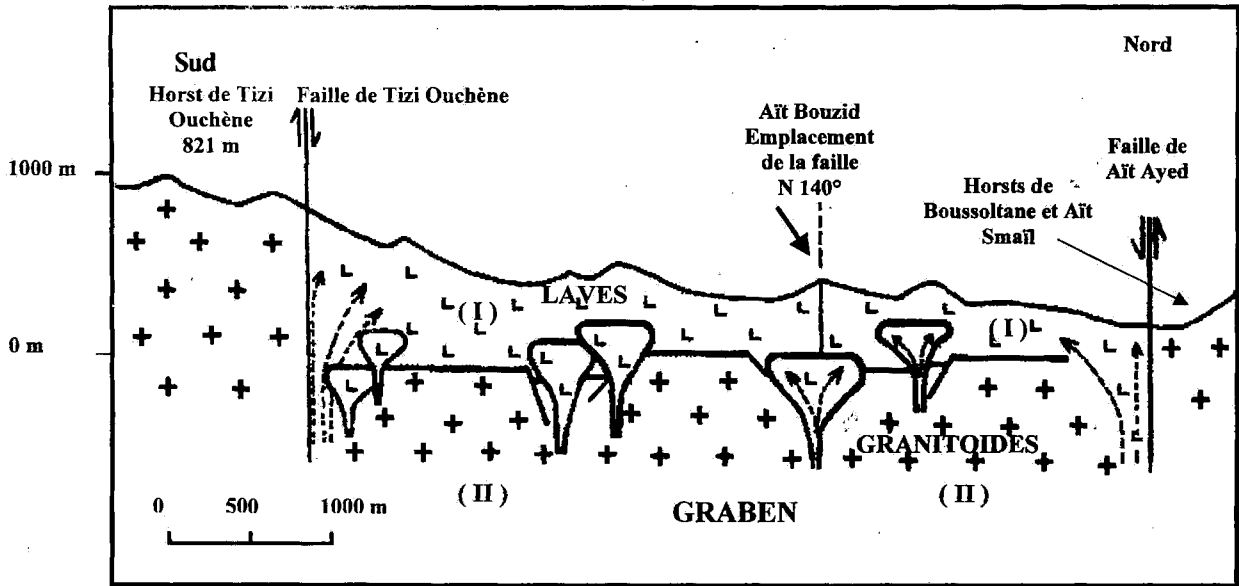


Fig. 3 - Coupe géologique du massif de Oued Amizour

*Geological cross section of the Amizour massif*

(I) - Volcanites, tout faciès confondu (*Volcanites, all facies mixed*), (II) - Granitoïdes; les flèches en tirets indiquent les voies de remontée des laves (*Granitoïdes; dashed arrows indicate lavas rising*).

Ces accidents ont joué en centres d'émission à partir du milieu du Miocène et ont permis la mise en place des volcanites. Ce rôle, de centre émissif, est attesté dans les affleurements de rhyolitoïdes du secteur de Bouzenan où les morphologies volcaniques sont conservées, pour certaines, telles quelles depuis leur mise en place. Dans ces laves, la fluidalité est en effet soulignée par des vacuoles aplaties et des cristaux de biotite qui décrivent des alignements convergents vers les plus importants accidents de la région (fig.4a et 4b).

Trois épisodes volcaniques sont distingués (fig.5): un épisode andésitique bien représenté dans le secteur de Bouzenan; un épisode rhyolitique qui représente l'essentiel du volcanisme de cette région, et à nouveau un épisode andésitique recoupé en sondages à Aït Bouzid et affleurant sporadiquement dans le secteur de Iheddadène.

Les andésites du dernier épisode, non datées, mais recoupant les rhyolitoïdes du Tortonien et se trouvant le long de l'accident N140°, peuvent se

rapporter au Messinien, voire-même plus récent.

L'épisode rhyolitique, qui représente l'essentiel de l'encaissant des minéralisations, recouvre largement le massif. Il débute par des laves agglomératiques riches en blocs arrondis de même nature. Il est surmonté par d'épaisses coulées et dômes-coulées dépourvus de blocs et montrant un débit prismatique très prononcé. Lorsqu'elles n'arrivent pas en surface, ces laves forment des laccolites d'extension hectométrique.

Des coulées pyroclastiques, issues du ramonage des conduits volcaniques, marquent la fin de cet épisode. Ces coulées qui forment, après refroidissement des tufs grossiers, des tufs fins et cendreux et des brèches pyroclastiques, se mettent en place en milieu aérien en s'écoulant dans des vallées peu profondes empruntées aujourd'hui encore par des oueds.

Dans certains niveaux de cendres volcaniques, on trouve d'abondants fragments de barytine et de magnétite fraîche.

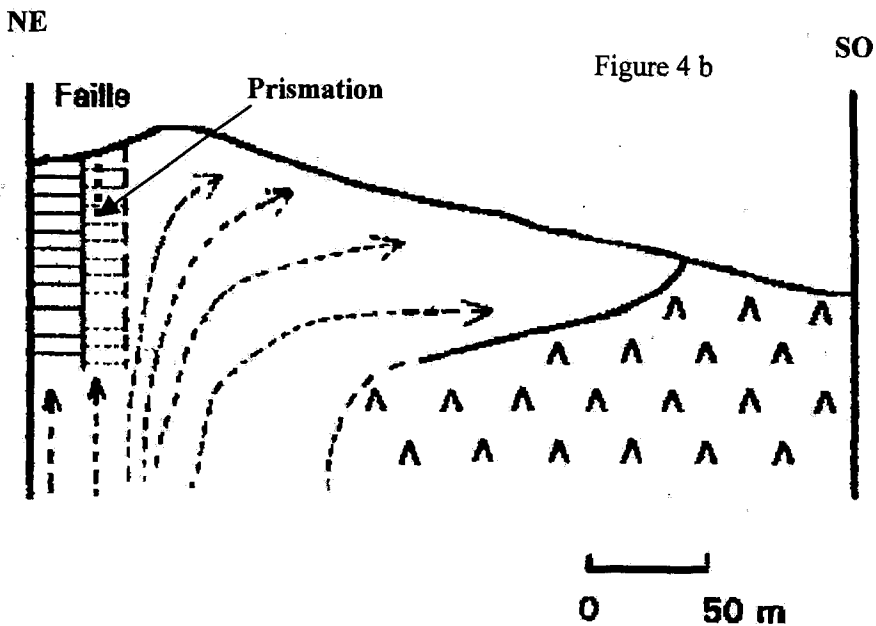
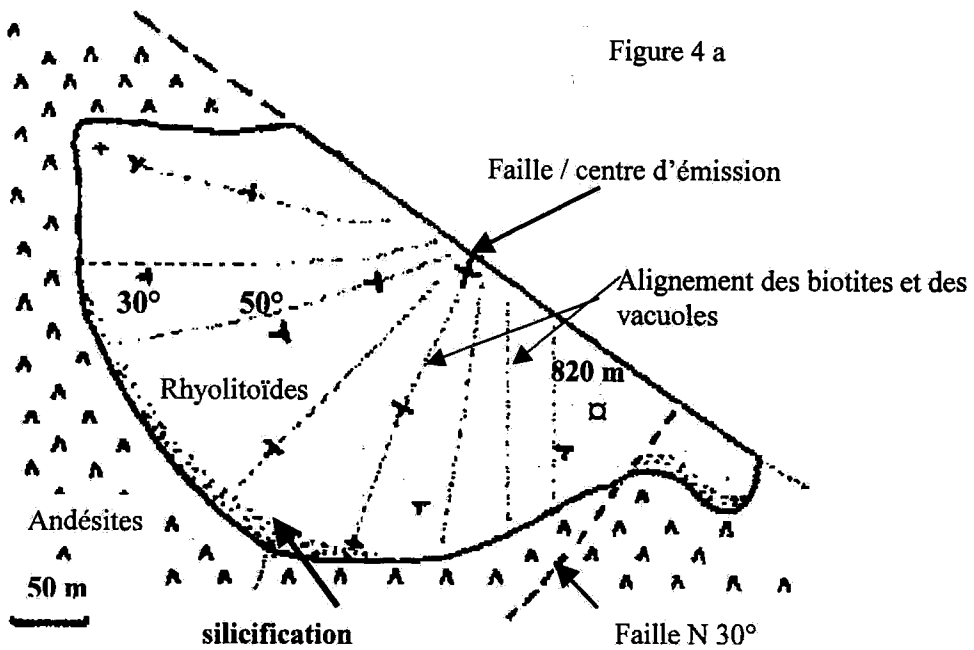


Fig. 4 - Cartographie d'un dôme - coulée de rhyolitoïdes

*Mapping of rhyolitoïdes dome - flow*

4a - en plan (*on a plane*), 4b - en coupe perpendiculaire à la faille N120° / centre d'émission de la lave (*on a cross section perpendicular to the N120° fault / emission center of lava*)

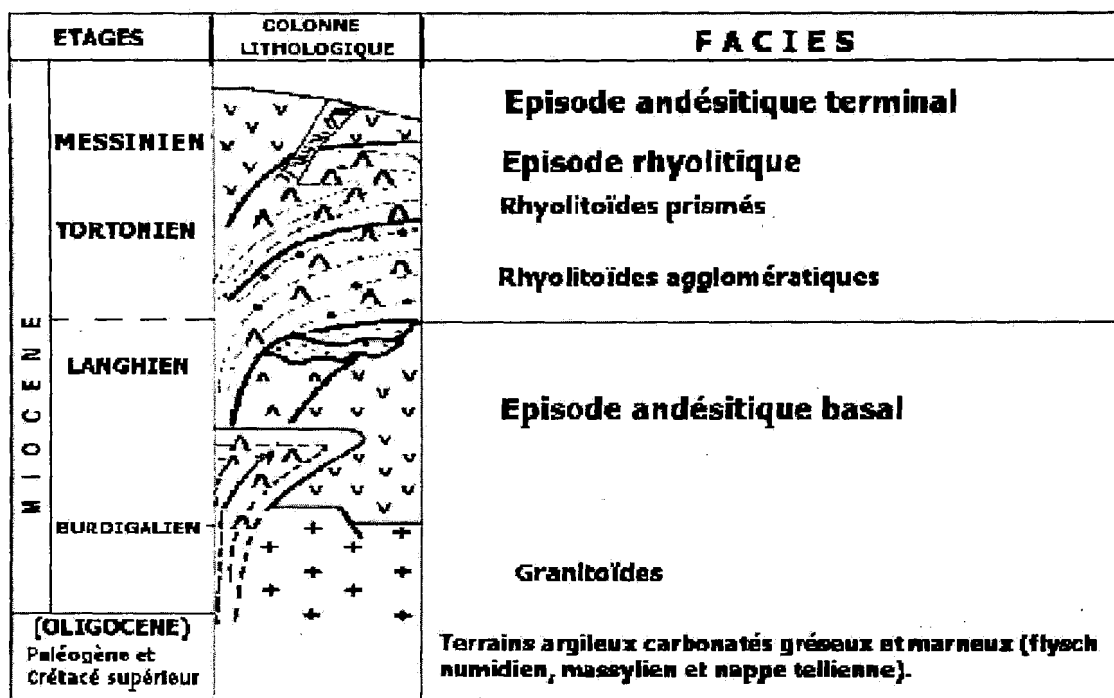


Fig. 5 - Colonne lithostratigraphique schématique du massif volcano-plutonique de Oued Amizour  
*Schematic stratigraphical column of the Amizour volcano-plutonic massif*

## Pétrographie des roches volcaniques et altérations hydrothermales

### *Les andésites*

Ces laves sont constituées à l'état frais, par du clinopyroxène et du plagioclase. Leur altération, parfois très poussée, donne des chlorites, de l'albite et un peu d'adulaire. Ce feldspath s'observe, en particulier, dans le dernier épisode andésitique.

### *Les minéraux*

#### Le pyroxène

Dans les deux épisodes andésitiques, le pyroxène correspond à de l'endiopside-augite (fig 6; tab. 1). Il se présente en cristaux millimétriques, incolores à vert-pâle et s'altère en chlorite, calcite, quartz et pyrite.

Il présente souvent des formes globuleuses au sein des plagioclases. Dans de rares cas, l'association plagioclase-pyroxène montre une allure en gerbes, décrite dans les séries andésitiques typiquement calco-alcalines (Coulon, 1977; Aït Hamou, 1987).

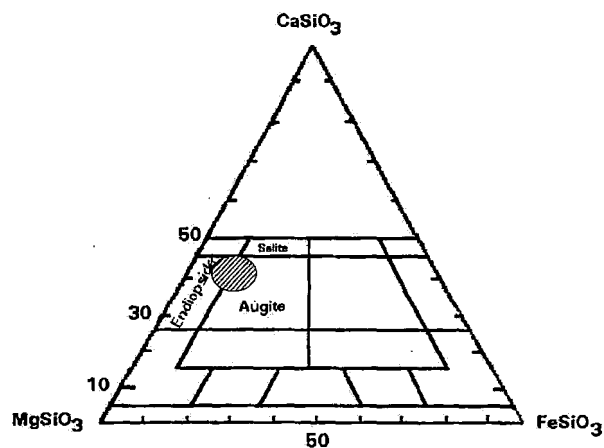


Fig. 6 - Composition des clinopyroxènes des andésites de Bouzenan et de Ihaddadène, aire hachurée dans le diagramme Ca-Mg-Fe; cf les résultats des analyses dans le tableau 1 en annexe

*Chemical composition of clinopyroxens of Bouzenan and Ihaddadène andesites; hatched area; analysis table 1 of the annex*

### Le plagioclase

Il s'agit d'andésine dans les andésites du premier épisode (fig. 7a) et labrador-bytownite dans le dernier épisode (fig. 7b; tableau 2).

Les cristaux d'andésine, dont la taille varie entre 0.5 et 2 millimètres, sont rarement zonés. Ils englobent des granules d'opacques et des inclusions vitreuses qui leur confèrent un aspect trouble. L'altération hydrothermale, qui les affecte, se traduit par de l'albite accompagnée de calcite.

Les cristaux de labrador-bytownite, notamment ceux du secteur de Iheddadène, sont limpides et montrent un zonage très prononcé. Dans le secteur de Aït Bouzid, les plagioclases tout en conservant leurs mâcles polysynthétiques, sont totalement transformés en adulaire.

### *La mésostase*

La mésostase, de teinte grisâtre, dévitrifiée en quartz cryptocristallin est fortement parsemée de minéraux opaques (pyrite et hématite). Par endroits elle montre de rares microlites à répartition aléatoire. Ces derniers sont représentés dans les andésites de Bouzenan, par de l'andésine souvent albitisée et aussi adularisée. Dans les laves de Iheddadène, les microlites les plus calciques sont du labrador.

### *Les rhyolitoïdes (rhyolites sans quartz)*

Il s'agit de laves à pyroxène, mica, feldspaths potassiques et plagioclases. Les quantités de feldspaths potassiques sont supérieures à celles des plagioclases. La taille des minéraux est rarement inférieure à 0,5 cm. Le quartz magmatique est très rare et la mésostase est toujours dévitrifiée.

L'échantillonnage des rhyolitoïdes a révélé des laves relativement saines dans le secteur de Iheddadène, là où la tectonique cassante n'a pas eu les mêmes effets volcanologiques que dans

le reste du massif. L'état de fraîcheur pétrographique est apprécié à la présence de l'andésine et de la sanidine. Ces minéraux ne sont pas observés à Bouzenan et Aït Bouzid. Ils sont remplacés par l'albite et l'adulaire. D'autres minéraux hydrothermaux, comme les séricites et les chlorites, sont très souvent présents.

### *Les minéraux*

#### Le pyroxène

Aucun cristal frais n'a été observé dans notre matériel ou signalé dans les travaux antérieurs. On le reconnaît uniquement à son habitus cristallographique et sa taille réduite (300 µm en moyenne) tranche par rapport à celle des autres minéraux. Son altération se traduit le plus souvent par des chlorites brun-verdâtre accompagnées de pyrite. Ces chlorites (I), se rapportent à la propylitisation régionale.

#### La "biotite"

Elle se présente en lamelles millimétriques à centimétriques, flexueuses plus ou moins déchiquetées, à pléochroïsme intense, rouge brique à brun-jaunâtre. Les cristaux sont parfois remplacés par la muscovite et/ou la chlorite.

Dans certains cristaux, l'aspect homogène de la biotite disparaît. Les micas dont l'allure cristallographique est conservée, sont remplacés par un amalgame de paillettes de couleur jaunemiel, à teintes de biréfringence élevées.

Le mica présente des teneurs en MgO comprises entre 15,34 et 16,40 % (tableau 3) qui font des micas d'Amizour des biotites magnésiennes proches du phlogopite (Semroud, 1981).

#### Particularités minéralogiques des micas

Leur composition minéralogique montre un chimisme semblable à celui des micas hydrothermaux. En effet, les biotites déstabilisées ou hydrothermales ont des compositions différentes des biotites non altérées ou franchement magmatiques.



DÉPÔTS PYRITEUX ET MINÉRALISATIONS Zn-Pb-(Cu) DU MASSIF VOLCANO-PLUTONIQUE D'AMIZOUR (BEJAÏA, ALGÉRIE).

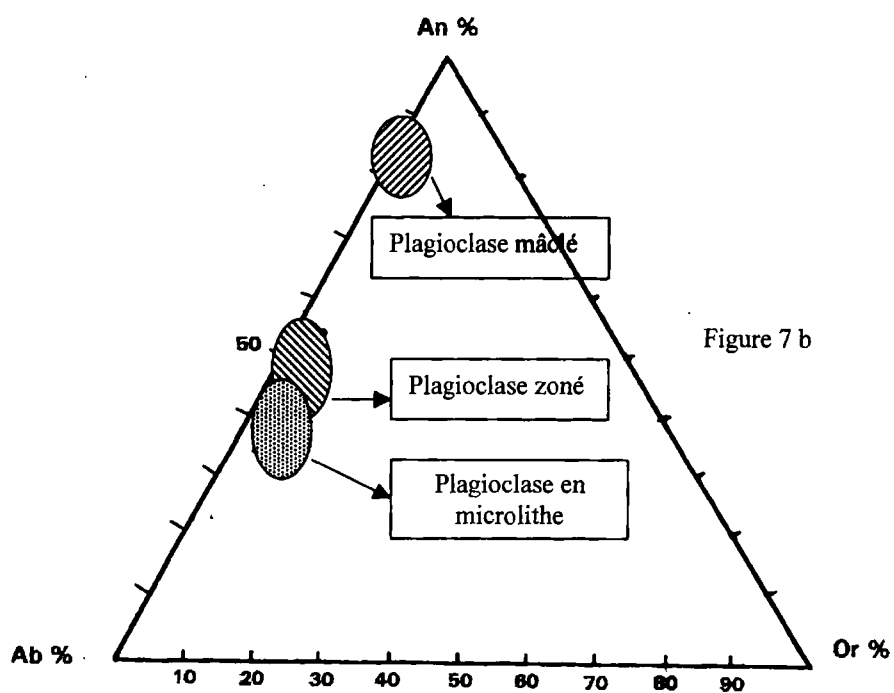
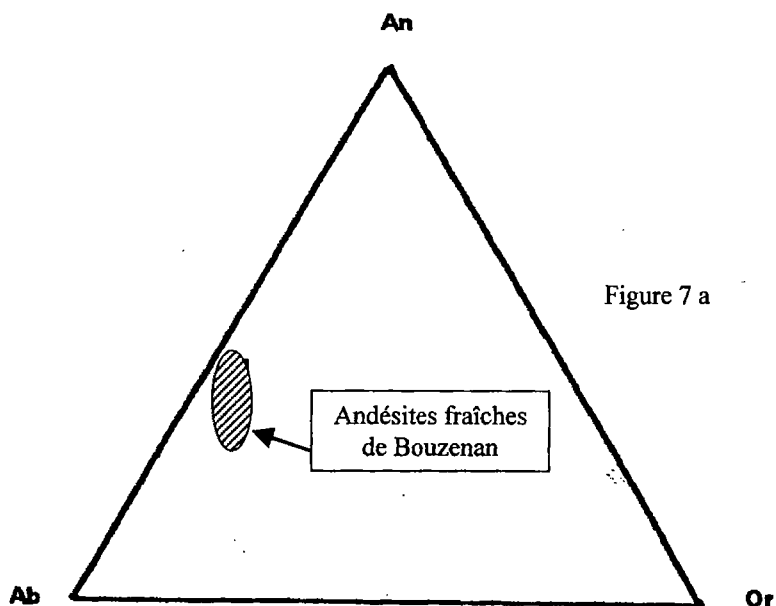


Fig. 7 - Composition des plagioclases des andésites de Bouzenan, a - et de Ihaddadène, b - cf les résultats d'analyses dans les tableaux 2a et 2b en annexe.

*Composition of plagioclases of Bouzenan, a - and Ihaddadène, b - andesites; analysis, table 2 of the annex*

Les rapports Mg/Fe et Mg/Mg+Fe font la distinction entre biotites fraîches et biotites altérées. Dans les premières, Mg/Fe est inférieur à 1, il est supérieur à 1,5 dans les secondes. Le rapport Mg/Mg+Fe est quant à lui  $<0,64$  dans les biotites magmatiques et  $>0,74$  dans les biotites hydrothermales. Ces valeurs sont rapportées par H.L Barnes (1979) et résultent de biotites provenant de la province à porphyry-copper du NO des Etats-Unis d'Amérique.

Le rapport Mg/Mg+Fe, obtenu sur les micas de Iheddadène, varie précisément entre 0,63 et 0,73. Ce résultat qui les place entre la composition chimique d'une biotite magmatique et celle d'un mica hydrothermal, montre que le chimisme originel est modifié. Le rapport Mg/Fe varie de 1,70 à 2,20 et illustre bien le cas de biotites hydrothermales.

Les micas de Bouzenan montrent, eux-aussi, des caractères minéralogiques qui les rapprochent des micas hydrothermaux. Le rapport Mg/Fe atteint 2,32. Il est plus élevé que celui des micas de Iheddadène (2,20) qui laisse penser que l'impact des phénomènes hydrothermaux est plus accentué à Bouzenan.

Dans les roches grenues du massif d'Amizour, le  $Fe^{3+}$  des micas a été analysé (Semroud, 1981), les valeurs se placent dans le domaine des micas rééquilibrés (fig. 8).

Dans les rhyolitoïdes, le  $Fe^{3+}$  n'a pas été analysé. Cependant, et à la suite de B. Semroud (1981), on remarque de très grandes similitudes pétrographiques et minéralogiques avec les micas des granitoïdes. Les interprétations génétiques peuvent s'étendre aux micas des roches

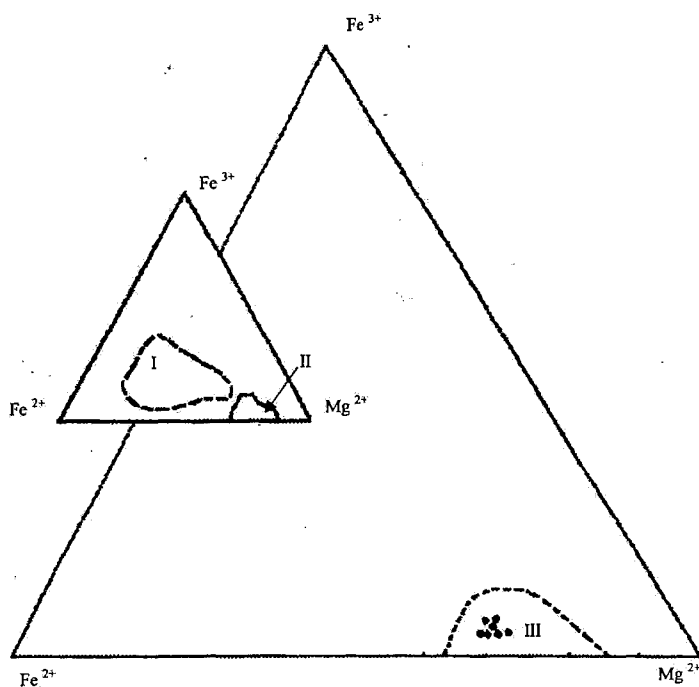


Fig. 8 - Composition des biotites des granitoïdes de Oued Amizour

**Chemical composition of biotites of Oued Amizour granitoïds**

I - Biotites primaires (*Primary biotite*); II - Biotites hydrothermales (*Hydrothermal biotite*); III - Dans le diagramme de Wones (1965, in Semroud, 1981) (*On the Wones diagram (1965, in Semroud, 1981)*)

volcaniques et permettent de considérer que les micas des rhyolitoïdes sont bien déstabilisés par des phénomènes hydrothermaux.

### Les plagioclases.

#### L'andésine

Elle se présente en cristaux d'une taille de 4 à 5 millimètres, à mâcles polysynthétiques fréquentes. Dans les laves fraîches, de très rares cristaux montrent un zonage discret et les teneurs en anorthite de l'ordre de 40% indiquent la présence de l'andésine (fig. 9a, tableau 4)

#### L'albite

Elle provient de la transformation hydrothermale d'un plagioclase initialement calcique. Cette albitisation s'accompagne d'un dépôt important de calcite. De forme rectangulaire, limpides, les cristaux d'albite sont caractérisés par la finesse et la régularité des plans de mâcles polysynthétiques. Les analyses montrent des pourcentages en albite qui atteignent 98,93% (fig 9b, tableau 4).

### Les feldspaths potassiques

\* *La sanidine*. Les cristaux de «high sanidine», (Semroud, 1981) sont presque toujours mâclés Carlsbad. Ils sont souvent parcourus par des microfissures développées lors de l'écoulement de la lave. Dans ces fissures cristallisent des séricites et plus particulièrement de l'adulaire. La teneur en orthose varie entre 64,05 et 66,36% (tableau 4, fig 9b)

\* *L'adulaire*. Dans les laves altérées, la sanidine est remplacée par l'adulaire dont la caractéristique optique principale est donnée par l'observation en nicols croisés: les cristaux montrent une infinité de pseudo-fibres trapues, sub-losangiques, à limites cristallographiques floues et à extinction non simultanée, donnant ainsi l'aspect «velouté» caractéristique de l'adulaire.

Cette texture est expliquée par A. Steiner (1970) comme suit: les feldspaths, qui peuvent être aussi bien des plagioclases que desfeldspaths potassiques, sont pseudomorphosés par un grand

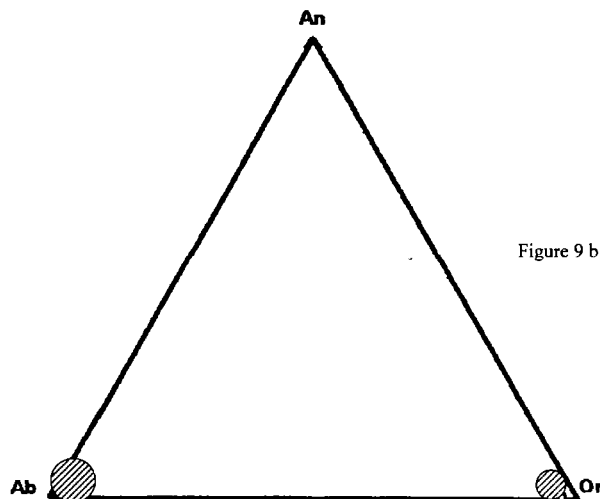
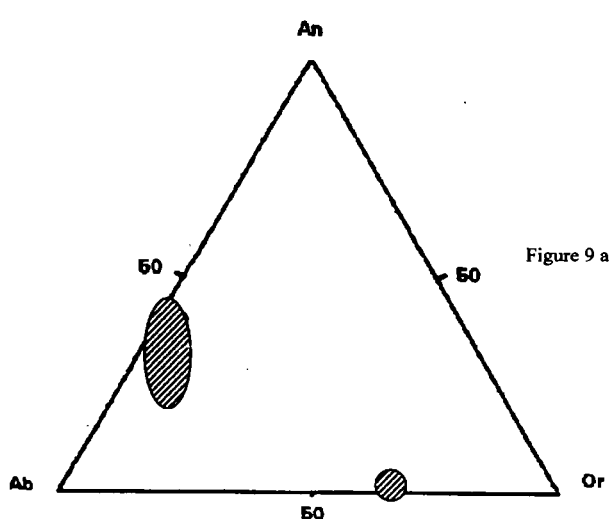


Fig. 9 - Composition minéralogique des plagioclases et des feldspaths des rhyolitoïdes de Iheddadène et de Bouzenan; analyses dans le tableau 4 en annexe

*Mineralogy of plagioclases and feldspars of Bouzenan and Iheddadene rhyolitoïds; analysis, table 4 of annex*

nombre de cristallites d'adulaire. Ces dernières ne s'éteignant pas simultanément, donnent ainsi l'aspect velouté.

Les teneurs élevées en  $K_2O$  (supérieures à 97%) confirment l'existence de l'adulaire connue pour sa richesse en potassium (tableau 4, fig. 9b).

#### Relations texturales entre l'albite et l'adulaire

Ces deux feldspaths sont très souvent associés au sein d'un même cristal. Différentes figures montrent que l'adulaire succède à l'albite et la remplace.

Autour de certains cristaux d'albite, l'adulaire forme un liseré régulier ou irrégulier. Elle peut s'insinuer progressivement à partir des limites cristallographiques du plagioclase donnant des cristaux d'adulaire à cœur albitique. L'albite peut, à son tour disparaître, et être remplacée par l'adulaire.

Dans quelques cristaux, cet envahissement s'opère de manière irrégulière et aboutit à la formation de cristaux d'adulaire criblés de reliques albitiques qui confèrent à l'ensemble un aspect «pseudo-perthitique».

Dans les lames qui ne montrent que de l'adulaire, on peut différencier les plagioclases adularisés, des sanidines adularisées qui gardent la macle de Carlsbad.

#### Le quartz

Le quartz magmatique est pratiquement inexistant dans ces laves. Il est le plus souvent le produit de la dévitrification de la pâte. Lorsqu'il existe, le quartz magmatique présente un aspect de quartz rhyolitique amiboïdale ou automorphe.

#### Les minéraux argileux

Les chlorites et particulièrement les illites sont des minéraux hydrothermaux omniprésents dans les faciès rhyolitiques.

#### Les chlorites

Deux générations de chlorites sont distinguées (tableau 5).

- Les chlorites I résultent de l'altération des ferromagnésiens et particulièrement des pyroxènes.
- Les chlorites II, de couleur vert-jaunâtre, s'observent aussi bien dans les andésites que dans les rhyolitoïdes et forment le produit de remplissage de vacuoles et des fissures qui se développent le long de la faille N140°.

#### Les séricites

Elles se présentent en fines paillettes incolores qui se développent aux dépens des feldspaths adularisés et envahissent progressivement la mésostase. A la base des coulées et à l'apex de certaines structures laccolitiques, endroits à porosité élevée, les séricites remplacent totalement la roche.

Ce développement de séricites est accompagné de quartz et de dépôts de pyrite.

#### *La mésostase*

La pâte des rhyolitoïdes est toujours dévitrifiée. La dévitrification donne des sphérolites, plus ou moins circulaires, d'un diamètre à peu près constant de 150  $\mu m$  environ. Elle peut souvent être envahie par les séricites et la pyrite.

### TYPOLOGIE DES ALTÉRATIONS

Les altérations hydrothermales sont polyphasées et se regroupent, selon la classification pétrographique de C.Meyer et J.J. Hemley (1967), en 3 types principaux, propylitique régionale, chloriteuse et potassique.

#### L'altération propylitique régionale

Elle est représentée par une paragenèse à chlorite I, albite, calcite et pyrite. Elle affecte les andésites et les rhyolitoïdes.

La pyrite, liée à cette altération, est relativement abondante. Elle se présente en cristaux d'aspect lisse, à sections carrées à surface lisse. Elle se distingue facilement des autres générations de pyrite.

### L'altération chloriteuse

Un phénomène de chloritisation succède à la propylitisation. Il s'observe le long de la faille N140° et affecte toute la pile volcanique. Les chlorites II sont plus magnésiennes que les chlorites I (tableau 5).

### L'altération potassique

Elle se manifeste en 3 étapes :

· *Une altération potassique forte* qui entraîne la cristallisation, aux dépens d'un mica magmatique, du phlogopite connu dans les systèmes hydrothermaux de haute température. R.E Beane (1974) précise que l'altération hydrothermale d'une biotite est souvent le résultat d'une sulfurisation du contenu en Fe. Ce processus se traduit par la formation de la pyrite (visible dans les rhyolitoïdes) souvent associée à la biotite qui devient par ailleurs magnésienne. La température d'une telle transformation varie, selon cet auteur, entre 350° et 550°C.

· *Une altération potassique faible de type adularisation* qui est bien exprimée au niveau des centres d'émission, notamment au niveau de la faille N140° où les plagioclases des andé-sites de dernière venue sont totalement adularisés.

A. Steiner (1970) donne une valeur maximale de 265°C pour l'adulaire formée dans le site géothermal de Wairakei (Nouvelle-Zélande). Par ailleurs la température de formation de l'adulaire de synthèse varie entre 245°C et 300°C (Grüner, 1936, in Steiner, 1953). A Amizour, l'adulaire se trouve dans un contexte de centres

volcaniques actifs. On peut supposer que la température de cristallisation est au moins égale à 265°C.

· *une altération de type séricitique à séricites, pyrite et quartz.* Les séricites sont des illites ou des phengites, parfois riches en Mg. Cette altération, pervasive, détruit les textures magmatiques et les minéraux silicatés des rhyolitoïdes. La pyrite qui accompagne la séricitisation forme les dépôts stratoïdes à gros tonnage qui constituent une partie des concentrations sulfurées du massif d'Amizour.

D'autres types de manifestations hydrothermales se superposent aux précédentes. Il s'agit de la silicification et de phénomènes d'altération qui donnent naissance à des filons de calcite et d'anhydrite.

### La silicification

Elle accompagne toutes les altérations. Celle qui donne naissance à d'importants dépôts de quartz, succède à la séricitisation. Elle affecte notamment l'apex d'un laccolite rhyolitique qui surmonte le gisement Zn-Pb de Oued Amizour.

### La calcitisation

Ce phénomène, très développé dans le massif, se manifeste par des filons épais de calcite qui lacèrent toute la pile volcanique et particulièrement les faciès rhyolitiques qui longent la faille N140°. Certains de ces filons renferment le minerai Zn-Pb du gisement.

## LES FILONS D'ANHYDRITE

Ces filons sont observés uniquement en profondeur. Ils recourent les granitoïdes et les rhyolitoïdes et sont abondants dans l'environnement immédiat du gisement.

Tableau synthétique des roches volcaniques et des altérations  
*Synthetic table for volcanic rocks and their alterations*

		Propylitisation régionale	Chloritisation liée à la faille N140°	Altération potassique forte	Adularisation	Séricitisation
ANDESITES 2 <sup>e</sup> venue	endiopside – augite	..... chlorites I	chlorites II			
	labrador-bytownite	... albite + calcite	.....	.....	..... adulaire	..(séricites)
	pyroxène .....	..... chlorites I				
RHYOLITES sans quartz	"biotite" .....	.....	chlorites II	phlogopite		séricites
	andésine .....	..... albite	.....	.....	..... adulaire	+ pyrite
	orthose .....	.....	.....	.....	..... adulaire	
ANDESITES 1 <sup>ère</sup> venue	endiopside-augite ...	..... chlorites I	chlorites II			
	andésine .....	...albite+calcite.....	.....	.....	..(adulaire)	(séricites)

## GÉOCHIMIE DES LAVES

Les roches magmatiques s'inscrivent dans la suite calco-alkaline avec un net enrichissement en alcalins (fig.10). Aucun enrichissement en fer n'est visible au cours de la différenciation magmatique (Semroud, 1985).

Les laves, mises à part les andésites de première venue qui sont à caractère calco-alkalin présentent des concentrations élevées en alcalins, K et Na, (fig.11, tableau 6). Cette alcalinité est en partie imputable à l'hydrothermalisme potassique bien exprimé dans le massif. On peut penser que le (ou les) magma qui a donné naissance aux deux derniers épisodes volcaniques était à l'origine riche en potassium.

Cette richesse pourrait être en relation avec le caractère profond des accidents qui ont permis la remontée des roches volcaniques depuis le manteau supérieur. C'est également ce qui

ressort des travaux de B. Semroud *et al.*, (1994) qui précisent que les caractères, notamment des granitoïdes, "*reflètent la nature des sources mantelliques et crustales*".

## LES MINÉRALISATIONS

### Les dépôts pyriteux :

#### *Caractères macroscopiques et morphologiques*

Les dépôts encaissés dans les rhyolitoïdes, génétiquement associés à la séricitisation, se rencontrent au niveau et en dehors des centres d'émission. D'épaisseur métrique, ils ont souvent une allure stratoïde qui découle de la morphologie des édifices volcaniques et de la différence de porosité de l'encaissant.

La pyrite est encaissée, dans les coulées pyroclastiques, au niveau de l'apex horizontal des laccolites et dans les coulées de rhyolites

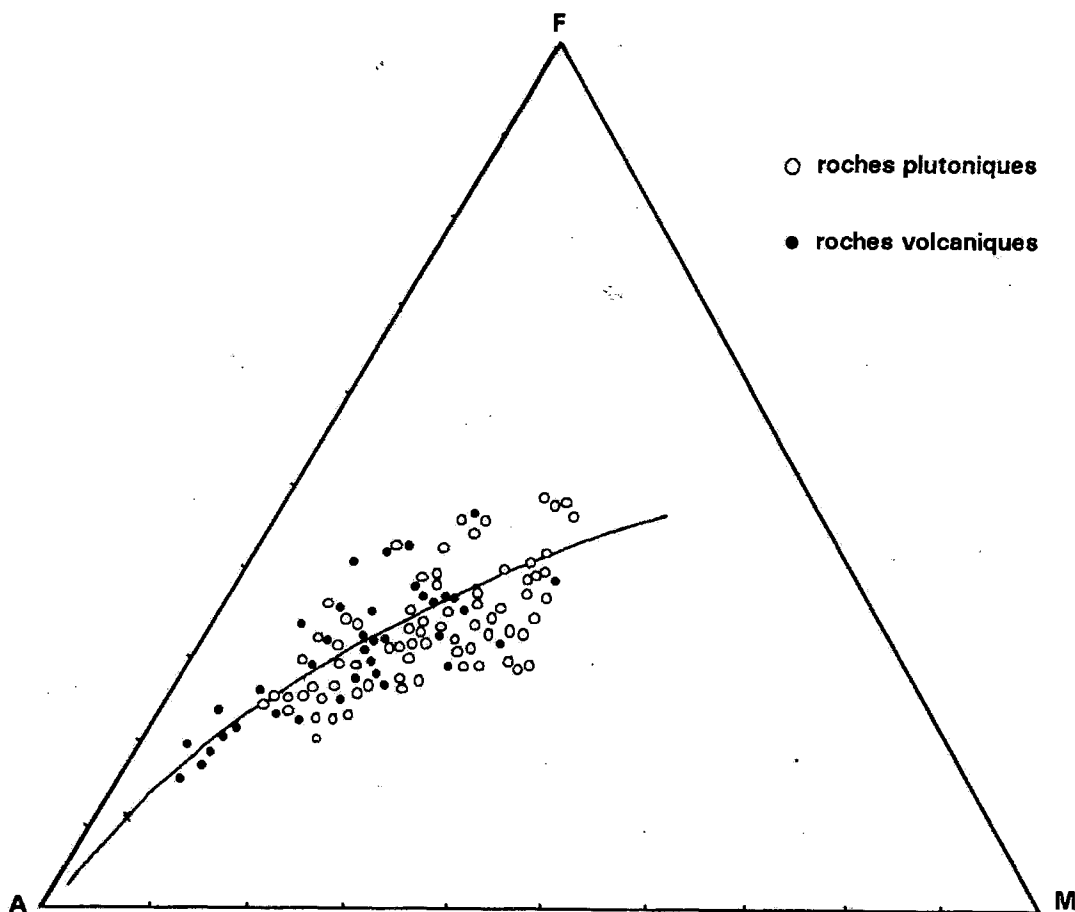


Fig. 10 - Diagramme A.F.M. de l'ensemble des roches magmatiques d'Amizour (Semroud, 1981)

*AFM diagram for Amizour magmatic rocks, (Semroud, 1981)*

agglomératiques. Les pyroclastes de ce faciès adhérant peu à la matrice, contribuent à augmenter la porosité du milieu favorisant la circulation puis le dépôt de la pyrite.

Dans l'environnement du gisement, des dépôts pyriteux sont recoupés par sondages (fig 12). La coulée de rhyolites, qui surmonte les dépôts pyriteux et le corps de minerai polymétallique du gisement d'Amizour, est affectée par une silicification qui rend la lave imperméable. Cette zone de silicification joue alors le rôle d'écran qui favorise un drainage horizontal des solutions ce qui induit la morphologie stratoïde des dépôts.

Une petite quantité de barytine est parfois observée au sein des dépôts de pyrite. Le baryum proviendrait du lessivage des feldspaths, probablement au cours d'un stade précoce de la séricitisation. Dans les rhyolites, certains feldspaths montrent effectivement un faible pourcentage en baryum.

#### *Caractères microscopiques :*

##### *La pyrite*

Elle présente des textures collomorphes, en atolls et en framboïdes d'une taille de 50 et 150  $\mu\text{m}$  qui montrent de plages d'aspect rugueux,

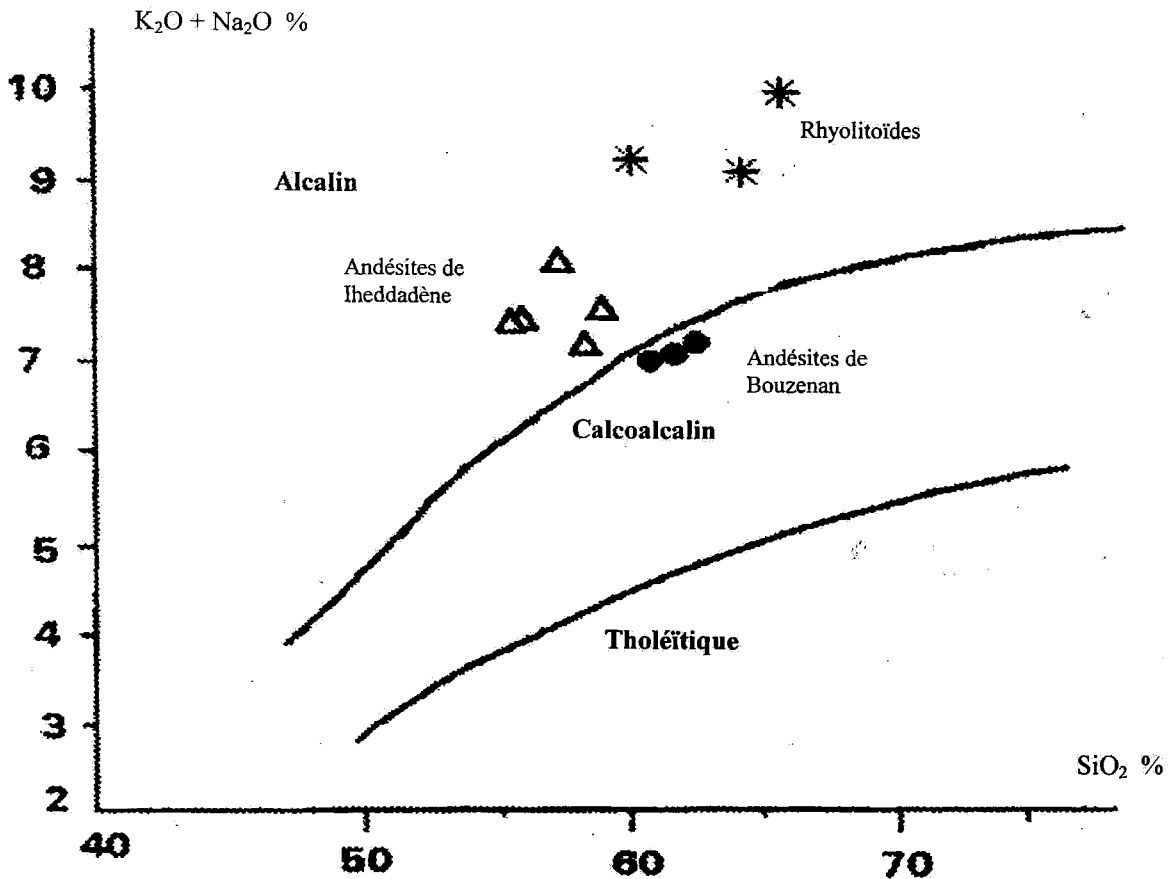


Fig. 11 - Les lavas de Bouzenan et Ihaddadène dans le diagramme  $K_2O+Na_2O/Na_2O$ .  
Analyses dans le tableau 6 en annexe

*Bouzenan and Ihaddadene lavas in the  $K_2O+Na_2O/Na_2O$   
Analysis table 6 of annex*

criblées de pores. Ces textures caractérisent un dépôt initial sous forme de gel de sulfure de fer, typique des dépôts de basse température et qui a peu évolué d'un point de vue cristallographique.

#### *La barytine*

Elle est peu abondante et précède la pyrite qu'elle remplace souvent par pseudomorphose. Dans les dépôts pyriteux qui se développent dans la zone du gisement, la rareté de la barytine serait due à un remplacement intensif par la pyrite, plutôt que par l'absence de son dépôt.

#### **Les minéralisations polymétalliques**

Deux gîtes filoniens sont mis en évidence par sondages: le gîte de Bouzenan à Zn-Pb±Cu et le gisement de Oued Amizour à Zn-Pb. Les réserves géologiques, de Bouzenan, sont faibles comparées à celles du second. Distants de 5 kilomètres, ces gîtes se localisent le long de la faille N140°.

#### *Le gîte de Bouzenan*

Il est situé vers la bordure sud du massif. L'encaissant est de nature andésitique et rhyoli-



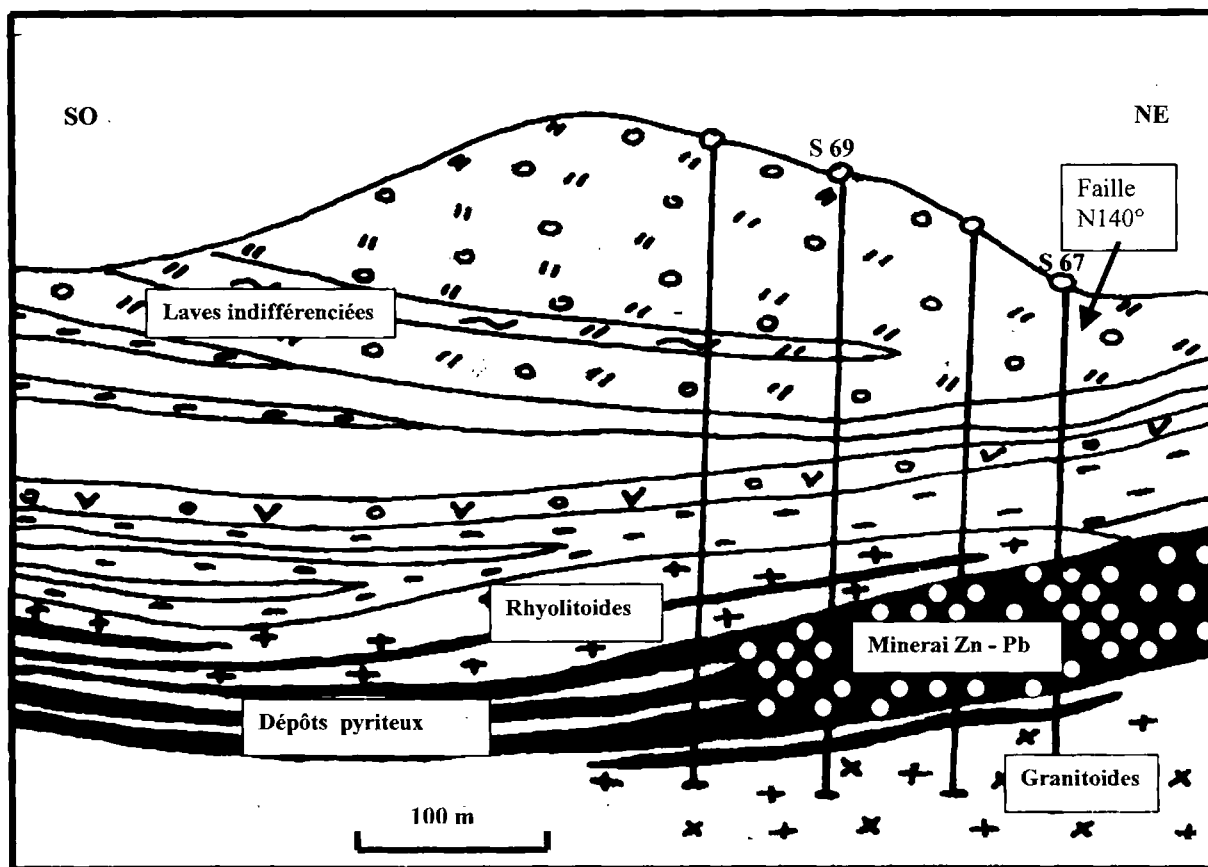


Fig. 12 - Coupe géologique au niveau du gisement de Oued Amizour (ou Aït Bouzid), ORGM, inédit, 1992

*Geological cross section of the Oued Amizour (or Aït Bouzid) Zn, Pb ore deposit, (ORGM, unpublished, 1992)*

tique. L'épaisseur totale de la zone minéralisée, recoupée au-delà de 175 mètres de profondeur, est de l'ordre de 5 mètres. La minéralisation présente des textures disséminées et plus rarement filonienne, très peu visible à l'œil nu. Deux générations de sulfures sont mises en évidence. Une première génération à Pb-Zn-Cu suivie d'une seconde à Pb-Zn

#### *La minéralisation Zn - Pb - Cu*

- *La pyrite* se présente en petits cristaux soulignant les épontes des filonnets. Elle demeure relativement rare.

- *La sphalérite I*, difficilement visible à l'œil nu, se révèle, au microscope, abondante. Elle montre une teinte gris-foncé, une parfaite isotropie et une grande richesse en micro-inclusions de chalcopryrite.

- *La chalcopryrite* s'observe au sein la sphalérite I. Elle se présente essentiellement en micro-inclusions, en forme de gouttelettes, réparties uniformément au sein du minéral hôte. La chalcopryrite en filonnets est très rare.

- *La galène I* est relativement peu développée par rapport à la sphalérite autour de laquelle elle forme des liserés discontinus.

Les minéraux qui accompagnent les sulfures sont les chlorites II et le quartz.

#### *La minéralisation Zn - Pb*

Les sulfures sont représentés par la sphalérite (II) et la galène (II) et sont très peu développés. Cette minéralisation se présente en disséminations au sein des rhyolitoïdes.

- *La sphalérite II* est légèrement jaunâtre, à teintes d'anisotropie mielleuses. Ces caractères optiques en font une variété proche de la schallenblende.

- *La galène II* est relativement abondante. Elle forme des filonnets dont l'épaisseur ne dépasse pas trois millimètres.

La gangue est représentée par de la calcite très peu développée en quantité.

Les caractéristiques texturales de la sphalérite I et minéralogiques des chlorites II militent en faveur d'un dépôt de type mésothermal pour la première génération de sulfures. Les sulfures de la seconde génération, notamment par les caractéristiques de la sphalérite II, peuvent être assimilés à un type épithermal.

### LE GISEMENT D'AMIZOUR

Il est situé au centre du massif. L'épaisseur de la zone minéralisée recoupée par 25 sondages sur un périmètre de 500 sur 400 mètres, varie de 10,3 à 191,6m. La profondeur du toit de la minéralisation se situe entre 270 et 550 m. La minéralisation, à sphalérite collomorphe et galène, est visible à l'œil nu. L'encaissant est formé par les rhyolitoïdes agglomératiques et les granitoïdes. Les structures sont filoniennes, massives et collomorphes.

### Morphologie du gisement et relation spatiale avec les dépôts pyriteux

Une coupe géologique, réalisée d'après des carottes de sondages, montre que l'essentiel du minerai se situe au niveau de la faille N140° (fig. 12). En dehors de celle-ci, la minéralisation Zn-Pb est pratiquement inexistante et les sondages ne recoupent plus que des dépôts pyriteux. Dans ces derniers, la pyrite est cataclasée puis cimentée par la sphalérite et la galène.

A l'échelle du gisement, la minéralisation Zn-Pb montre une allure horizontale qui s'explique de la même façon que celle des dépôts pyriteux.

#### *Le minerai*

La minéralisation montre deux stades de dépôt. Le premier est à marcasite et galène (I), dominante sur la sphalérite (I), le second, dépourvu de marcasite, est à sphalérite (II) dominante sur la galène (II). A l'échelle du gisement, la proportion Zn/Pb de 7/1, en fait un gisement essentiellement zincifère (ORGM, 1994, inédit).

La calcite, minéral de gangue, forme avec les sulfures un réseau filonien visible dans la plupart des carottes de sondages.

#### *Les sulfures du premier stade de dépôt.*

- *La pyrite et la marcasite.* La pyrite se distingue des autres générations de pyrite par son association spatiale avec la marcasite. La pyrite et la marcasite sont synchrones et forment des dépôts rythmiques à texture palissadique.

- *La sphalérite I* est peu développée par rapport aux autres sulfures et s'observe en disséminations ou filonnets dans la plupart des sondages notamment au sein des faciès grenus. Elle se

reconnaît à sa teinte gris-foncé et à sa parfaite isotropie. Elle est totalement dépourvue d'inclusions de chalcopryrite.

- **La galène I** tapisse les bordures des plages des sulfures précédents. D'aspect lisse, elle montre des arrachements triangulaires qui la distinguent de la galène II qui en est dépourvue.

#### *Les sulfures du second stade de dépôt*

- **La sphalérite I**, collomorphe, est de loin le sulfure le plus abondant du gisement d'Amizour. De couleur gris très clair, à faible pouvoir réflecteur, elle présente des teintes d'anisotropie blanchâtre à jaunâtre et des réflexions internes mielleuses à rouge flamboyant, caractéristiques de la varitété schallenblende.

- **La galène II** est abondante, mais relativement peu développée par rapport à la schallenblende. Elle se présente en plages et parfois en filonnets. Les plages de galène II sont aisément reconnaissables par leur aspect «concrétionné», hérité du remplacement de la schallenblende.

- **La calcite** représente le minéral de gangue originel. Elle est parfois affectée par un phénomène de silicification qui donne du quartz grisâtre.

Dans le gisement d'Amizour, les caractéristiques texturales de la schallenblende, de la pyrite et de la marcasite également collomorphes, indiquent un dépôt de basse température, pour la seconde génération de sulfures. Ces caractéristiques la rendent semblable à la minéralisation épithermale Zn-Pb de Bouzenan.

Comme précédemment, et sur la base de la teinte gris-foncé de la sphalérite I, on peut penser que la première génération de sulfures du gisement, s'est probablement mise en place

à une température supérieure à celle des sulfures de la seconde génération.

Il ressort de ce fait, une zonalité minéralogique verticale qui laisse penser qu'une minéralisation Zn-Pb-Cu, semblable à la minéralisation mésothermale de Bouzenan, pourrait se trouver à plus grande profondeur.

#### **Typologie des minéralisations**

Les principales caractéristiques des minéralisations polymétalliques de Oued-Amizour sont :

- La faille N140° représente le lieu de mise en place privilégié.

- L'absence d'une zonalité minéralogique, du minerai ou des altérations hydrothermales, en rapport direct avec un quelconque épisode volcanique.

- Les sulfures sont accompagnés par des minéraux d'altération hydrothermale. Il s'agit de chlorites et de calcite qui, comme le minerai, montrent une structure filonienne.

Toutes ces caractéristiques font que les minéralisations sulfurées polymétalliques d'Amizour constituent un exemple de minéralisations typiquement hydrothermales. Ces dernières se manifestent le long d'une des directions alpines bien connues en Algérie du Nord, ici la NO-SE. Ces minéralisations filoniennes résultent de remplissage de cassures.

#### **Age probable des minéralisations**

Les rhyolitoïdes qui encaissent l'essentiel des minéralisations, donnent un âge (K/Ar) de 12,4 millions d'années. Les minéralisations polymétalliques seraient alors tardives à post-tortonien, voire messinien.

Un épisode de minéralisations de cette fourchette d'âge est probable. Dans la région de Bejaïa, la phase tortonienne est bien présente et s'exprime par «*le chevauchement post-nappe de l'ensemble de la Grande-Kabylie sur le Miocène de la Soummam*» (Coutelle, 1984). A chacune des phases de charriage succède un stade de relaxation. En général, c'est aussi au cours du stade distensif que se mettent en place les édifices volcaniques et éventuellement, plus tard, des minéralisations hydrothermales.

Les minéralisations polymétalliques du massif d'Amizour peuvent être rapportées au moins au Tortonien et seraient de ce fait, les plus jeunes minéralisations sulfurées mises en place en milieu volcanogène miocène du Nord de l'Algérie. Celles d'El-Aouana sont liées à la phase langhienne (Glaçon, 1967; Villemaire, 1987) et celles du massif de l'Edough aux phases burdigalienne et langhienne (Marignac, 1985; Aïssa, 1996).

#### **Comparaison des minéralisations d'Amizour avec un type connu en Algérie**

Les principales caractéristiques des minéralisations d'Amizour, à savoir: une minéralisation dominante épithermale à sphalérite collomorphe, galène et gangue calcitique; une direction de mise en place N140°; un âge rapporté à la fin du Tortonien-début du Messinien; font des minéralisations polymétalliques, notamment du gisement d'Amizour, un type original n'ayant pas pour le moment d'équivalent connu, en contexte volcanique miocène de l'Algérie.

#### **Modèle génétique des minéralisations**

Des éléments géologiques et gîtologiques permettent de lier les minéralisations polymétalliques d'Amizour à un environnement géothermal de type Wairakei (Nouvelle Zélande; Henley et

Hedenquist, 1983) dont la caractéristique essentielle, est d'être centré sur un accident profond qui a joué en centre d'émission volcanique depuis au moins le Pliocène.

Dans le massif d'Amizour, ce contexte est donné par la faille N140° qui se comporte en centre d'émission depuis le milieu du Miocène.

#### **Les éléments géologiques communs à Wairakei et à Amizour:**

Un environnement en horsts et grabens et trois autres paramètres sont nécessaires pour dresser un modèle génétique (fig. 13a) à l'image de celui de P. Heald *et al.*, (1987)). L'environnement géologique en horsts et grabens, est illustré par la figure 3. Les autres paramètres avec leurs équivalents possibles à Amizour, sont les suivants :

- Une source de chaleur profonde pour créer un système de cellules de convection. A Amizour, cette source est donnée par des rhyolitoïdes en laccolites, restés en profondeur le long de la faille N140°.
- Une couverture lithologique imperméable, sans laquelle le système ne peut se mettre en place. A Wairakei, comme dans le massif, cette couverture est représentée par les niveaux épais à séricites et quartz.
- Le système hydrothermal nécessite une zone de recharge en eau d'origine marine. A Amizour, la présence d'eau de mer est attestée par l'important réseau filonien d'anhydrite et par l'empreinte géochimique magnésienne des minéraux secondaires (phlogopite, chlorites et certaines illites). Signalons, que l'oued Soummam qui limite au nord le massif, était un bras de mer au Pliocène (Leikine, 1974) ; des infiltrations marines ont eu lieu probablement, dès la fin du Miocène, époque supposée de mise en place des minéralisations.

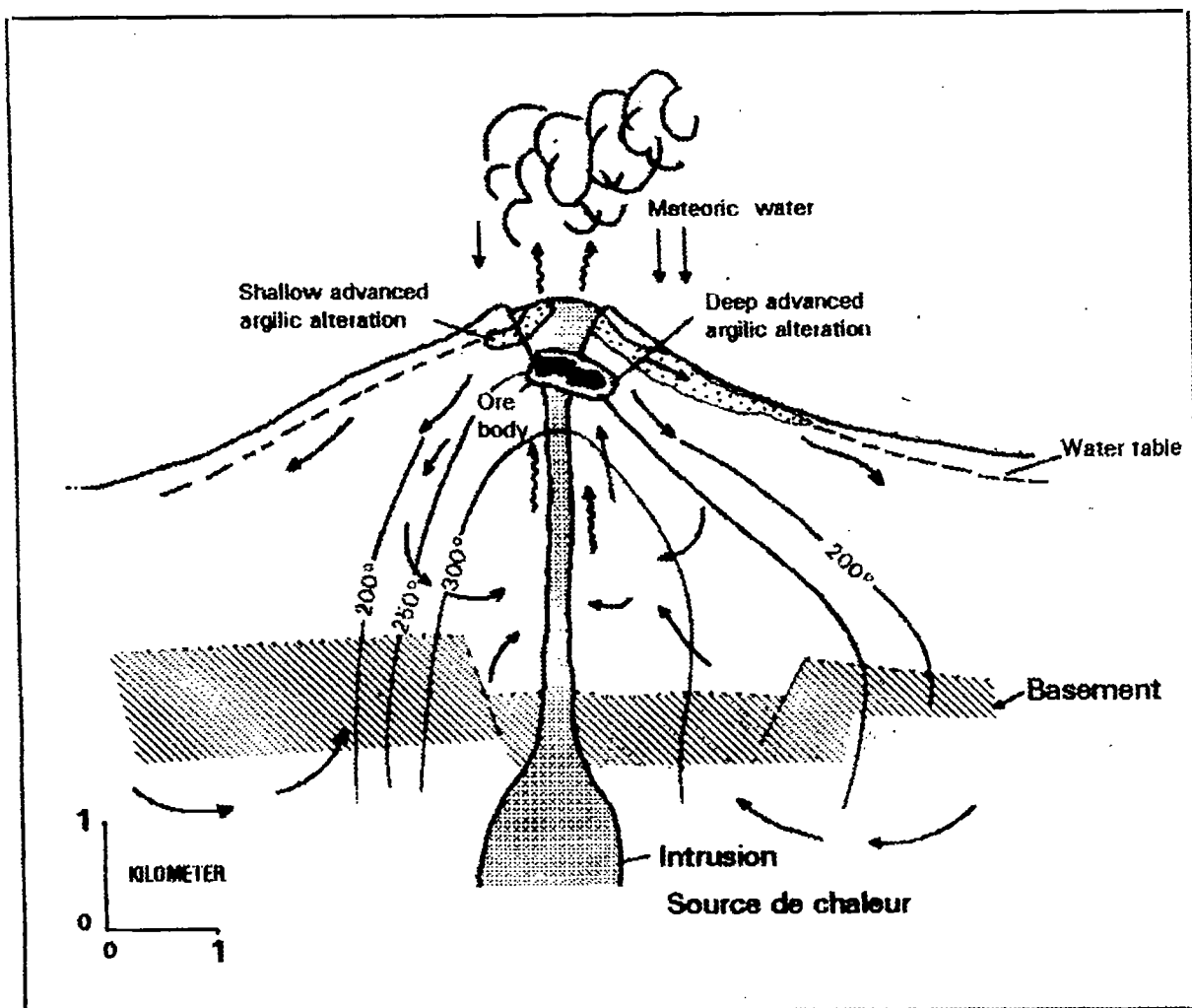


Fig. 13 a - Modèle de minéralisations épithermales dans un système géothermal (Heald *et al.*, 1987)

*Epithermal mineralizations model in a geothermal system, (Heald et al., 1987)*

### Les éléments gîtologiques communs aux deux régions

Les minéralisations d'Amizour présentent des caractères gîtologiques très proches de ceux du gîte sulfuré du champ géothermal de Broadlands (Brown, 1969), en Nouvelle Zélande. Dans ce gîte, la minéralisation sulfurée polymétallique est recoupée entre 300 et 400m de profondeur. La sphalérite est dominante par rapport à la galène. La chalcoppyrite est rare et se trouve très souvent en micro-inclusions dans la sphalérite.

La calcite constitue le minéral de gangue. L'encaissant est représenté par des rhyolites en dômes et coulées mis en place le long de fractures profondes qui jouent en centres d'émissions volcaniques. La mise en place des minéralisations est contrôlée par la fracturation.

Les rhyolites, dont l'apex est fortement altéré en quartz, minéraux argileux et pyrite jouent le rôle d'écran. Ces laves surmontent un niveau de tufs qui jouent le rôle d'aquifère et à l'interface, tufs pyroclastiques-rhyolites, se localise

l'essentiel de la minéralisation sulfurée. Les minéraux d'altération les plus fréquents sont la calcite, le quartz et l'adulaire. Ces minéraux proviennent de l'altération des minéraux magmatiques primaires ou directement à partir de solutions hydrothermales.

## CONCLUSION

L'environnement géologique des minéralisations hydrothermales, filoniennes du massif d'Amizour ainsi que leurs caractéristiques texturales et paragénetiques, montrent des paramètres qui permettent de les replacer dans un contexte de paléochamp géothermal semblable à celui de Wairakei.

A Amizour, le paléochamp est axé sur une faille-centre d'émission, N140°. Cette direction régionale alpine du nord de l'Algérie, montre encore de nos jours une activité tardi-volcanique qui se manifeste par l'émergence de sources thermales.

Dans le modèle proposé, (fig. 13b), la minéralisation à Zn-Pb-Cu de type mésothermal se place à plus grande profondeur que la minéralisation Zn-Pb, de type épithermal.

Ces minéralisations se mettent en place à partir de la fin du Tortonien - début du Messinien et constituent de ce fait les minéralisations sulfurées, les plus récentes en contexte volcanogène du nord de l'Algérie.

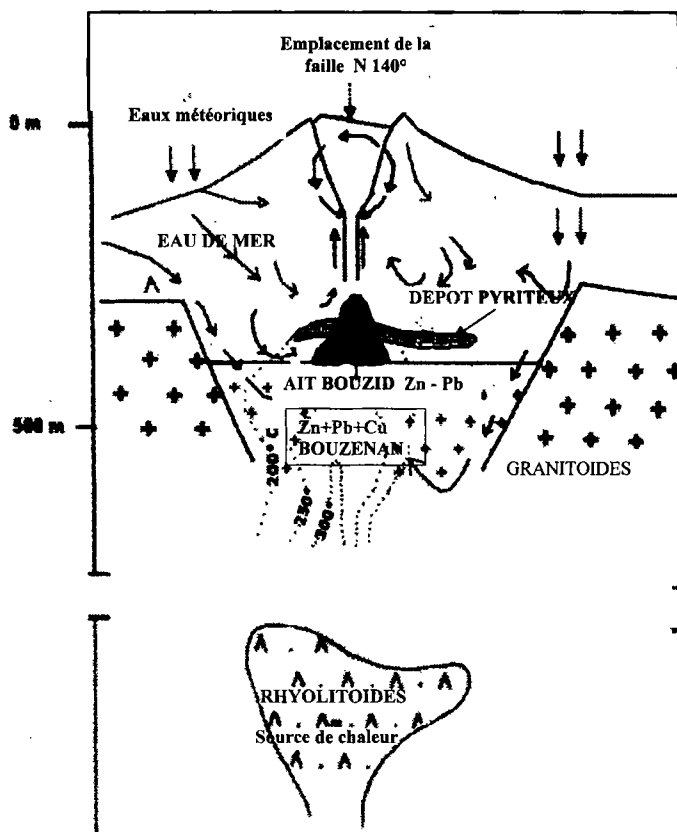


Fig. 13 b - Schéma illustrant le modèle génétique de mise en place des minéralisations de Oued Amizour dans un système géothermal

*Schema illustrating the genetic model of the Oued Amizour mineralizations in a geothermal system*

## BIBLIOGRAPHIE

- AISSA, DJ. E., 1996. Métallogénie du massif de l'Edough. *Thèse Doct. Etat, Univer. Alger*, 419 p.
- AIT-HAMOU, F., 1987. Etude pétrologique et géochimique du volcanisme d'âge miocène de la région de Hadjout (Ouest-Algérois). *Thèse Magister, Univ. USTHB, Alger*, 193 p.
- BARNES, H.L., 1979. Solubilities of ore minerals in geochemistry of hydrothermal ore deposits. 2nd. ed., Barnes H.L. Editor, chap. 8, pp. 404-460.
- BEANE, R.E., 1974. Biotite stability in the porphyry copper environment, *Econ. Géol.*, vol. 69 n° 2, pp. 241-156.
- BELLON, H., SEMROUD, B., 1978. Premières datations du complexe magmatique de la région de Bejaïa -Amizour, 6eme. *Réun. Ann. Sci. Terre, Orsay*, 25.
- BROWNE, P.R.L., 1969. Sulfide mineralisation in a Broodlands geothermal drillhole, Taupo Volcanic Zone, New-Zeland : *Econ. Geol.*, 64, 156 - 159.
- COULON, C., 1977. Le volcanisme calco-alcalin cénozoïque de Sardaigne (Italie). Pétrographie, géochimie et genèse des laves andésitiques et ignimbricitiques. Signification géodynamique. *Thèse Sci., Univ. Marseille*, 70 p.
- COUTELLE, A., 1984. Tectonique de balayage et tectonique de situation dans l'orogène berbère, *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, 25, fasc. 2, p. 119-125.
- DURAND-DELGA, M., 1980. La méditerranée occidentale: étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. *Mém. H.S. Soc. Géol. Fr.*, n°10, 203-204.
- GLAÇON, J., 1967. Recherches sur la géologie et les gîtes métallifères du Tell sétifien (Algérie). *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, Nlle. série, Bull. n° 32, 2 tomes.
- GRAÏNE, KH., 1997. Etude des dépôts pyriteux et des minéralisations polymétalliques Zn-Pb-(Cu) du massif volcano-plutonique miocène de Oued-Amizour (Bejaïa, Algérie), environnement volcanologique, altérations hydrothermales, typologie des minéralisations. *Mém. Magister. Univer. Alger*, 227 p.
- GRAVELLE, M., 1959. Etudes géologiques et prospection minière dans le massif éruptif de l'Oued Amizour (Algérie). *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, Nlle. Série, Bull. n° .28, pp. 149-216.
- HASSISSENE, M., 1989. Etude géologique des djebels Arbalou-Gouraya : éléments occidentaux du domaine des Babors (région de Bejaïa), *Mém. Magister, I.S.T., USTHB*, 95 pp.
- HEALD, P., FOLEY, N.K., HAYBA, D.O., 1987. Comparative anatomy of volcanic - hosted epithermal deposits : Acid - sulfure and adularia - sericite types : *U. S. Econ. Geol.*, V. 82, n° 1, pp. 1- 26.
- HENLEY, R. W., HEDENQUIST, J.W., 1983. An intriduction to the geochemistry of active and fossil geothermal systems, [N. Z.], Mineral exploration association. Epithermal environments in New Zeland, Field Conference. *Inédit*. 40 p.
- KAZI-TANI, N., 1986. Evolution géodynamique de la bordure nord africaine: le domaine intraplaque nord algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doct. Etat Univ. de Pau Pays de l'Adour*. Tome.2.
- LEIKINE, M., 1971. Etude géologique des Babors occidentaux. *Thèse Doct. Etat Univ. Paris*, 536 p.
- LEIKINE, M., 1974. Essai d'interprétation structurale d'une transversale au S W de Bejaïa (Algérie) : les Babors et la région sub-baborienne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, 65, 1 - 2, 439 - 459.
- MARIGNAC, C., 1985. Les minéralisations filoniennes polymétalliques d'Aïn-Barbar (Algérie) : un exemple d'hydrothermalisme lié à l'activité géothermale alpine en Afrique du Nord. *Thèse Doct. Etat. Inst. Nat. Polytech. Lorraine, Nancy*
- MEYER, C. ET HEMLEY, J.J., 1967. Wall rock alteration. *In : Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits* (Edité par Barnes, H.L.), pp. 166-235. *Holt, Rinehart et Winston, New York*.
- OBERT, D., 1981. Etude géologique des Babors orientaux (Domaine tellien, Algérie). *Mém. Sci. Terre Un. P. et M. Curie, Paris VI*, No. 81-32, 635 pp.
- Bull. Serv. Géol. Alg. Vol. 12 n° 1. 2001*

- ORGM, 1994.** Le nouveau gisement de Zinc - (Plomb) de Oued-Amizour (Wilaya de Bejaïa). Présentation, réserves et traitement. Développement minier. 43 pages, Inédit.
- SAVEROV ET AL., 1989-1992.** Rapport sur les résultats des travaux de recherche - évaluation dans le gisement de Oued Amizour. *ORGM Boumersès. Inédit.*
- SEMROUD, B., 1981.** Evolution pétrologique du complexe magmatique néogène de la région Bejaïa-Amizour. *Thèse d'Etat Un. Alger*, 263 pp.
- SEMROUD, B., 1985.** Pétrologie des roches magmatiques de la région de Bejaïa - Amizour (N - W Constantinois), *Actes Premier Congrès Nat. des Sciences de la Terre, Tunis*, Tome II, pp. 193 - 198.
- SEMROUD, B., OUABADI, A. ET BELANTEUR, O., 1992.** Typologie des granites miocènes de la marge algérienne par la cristallogénie des micas. *14e Réunion. ann. Sci. Terre, Toulouse, France.*
- SEMROUD, B., 1993.** Caractères pétrologiques des laves miocènes de la région de Bejaïa - Amizour (Algérie), *Bull. Serv. Géol. Algérie*, Vol. 4, n° 1, pp. 55 - 64.
- SEMROUD, B., MAURY, R.C., OUABADI, A., COTTEN, J., FOURCADE, S., FABRIES, J. ET GRAVELLE, M., 1994.** Géochimie des granitoïdes miocènes de Bejaïa-Amizour (Algérie du Nord), *C.R. Acad. Sci. Paris*, 319, série II, PP.95-102.
- STEINER, A., 1970.** Genesis of hydrothermal K-feldspar (adularia) in an active geothermal environment at Wairakei, New Zealand. *Mineral. Mag.*, vol.37, n° 292, pp. 916-922.
- STEINER, A., 1953.** Hydrothermal rock alteration at Wairakei, New Zealand. *Econ. Géol.* Vol. 48, n°1, pp. 1-13.
- VILLEMAIRE, C.L., 1987.** Les amas sulfurés du massif d'El Aouana (Algérie)-I. Dynamisme de mise en place des roches volcaniques et implications métallogéniques. *Journal of African Earth Sciences*, Vol.7, N°.1, pp 133-148, 1987.



**Annexe**  
**Tableaux des résultats d'analyses**

**Tableau I - Compositions chimiques en poids d'oxydes et formules structurales des pyroxènes des andésites d'Amizour (Bz : Bouzenan, Ih : Iheddadène). (Mirosonde CAMEBAX, Muséum Naturelle, Paris**

**Chemical compositions (weight % oxides) and structural formulas of andesites pyroxenes of Amizour (Bz : Bouzenan, Ih : Iheddadene). (Camebax microsonde, Natural History Museum, Paris)**

N° Analyse	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	FeOt	TiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	NiO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total
Ih14	51,76	1,76	-	0,41	19,65	8,29	0,70	16,25	0,11	0,07	0,16	99,17
Ih15	52,27	1,65	-	0,38	19,83	7,99	0,48	16,24	0,41	-	-	99,25
Ih16	52,33	1,72	-	0,43	19,72	8,02	0,65	16,74	0,38	0,07	0,05	100,12
Bz8	53,41	1,07	0,03	0,40	20,84	7,83	0,27	15,81	0,16	0	0,03	99,84
Bz9	52,76	1,17	0	0,40	21,28	7,81	0,21	15,32	0,23	0	0,06	99,25
Bz10	52,55	1,20	0,04	0,35	21,16	7,07	0,34	15,38	0,22	0	0,01	98,32

N° Analyse	Si	Al <sup>IV</sup>	Al <sup>VI</sup>	K	Na	Ca	Fe <sup>2+</sup>	Ti	Mg	Mn	Ni	Cr	Total
Ih14	1,933	0,077	2,010	-	0,030	0,786	0,258	0,019	0,904	0,003	0,002	0,005	4,020
Ih15	1,947	0,072	2,019	-	0,027	0,791	0,248	0,013	0,901	0,013	-	-	4,016
Ih16	1,934	0,075	2,009	-	0,030	0,781	0,247	0,018	0,922	0,011	0,002	0,001	4,024
Bz8	1,976	0,046	2,022	0,001	0,028	0,826	0,242	0,007	0,872	0,005	0	0	4,007
Bz9	1,969	0,051	2,020	0	0,028	0,851	0,243	0,006	0,852	0,007	0	0,001	4,011
Bz10	1,972	0,053	2,025	0,002	0,025	0,851	0,221	0,009	0,860	0,005	0	0	4,004

	Ih14	Ih15	Ih16	Bz8	Bz9	Bz10
Wollastonite	41,94	41,80	41,60	43,04	44,53	44,32
Enstatite	48,24	47,62	49,12	45,44	44,58	44,79
Ferrosilite	9,818	10,57	9,27	11,51	10,88	10,88

## DÉPÔTS PYRITEUX ET MINÉRALISATIONS Zn-Pb-(Cu) DU MASSIF VOLCANO-PLUTONIQUE D'AMIZOUR (BEJAÏA, ALGÉRIE).

**Tableau II - Compositions chimiques et formules structurales des plagioclases des andésites (Bz : Bouzenan, lh : lhaddadène). (Mirosonde, Muséum d'Histoire Naturelle, Paris U.H.P. Nancy I)**

**Chemical compositions (weight % oxides) and structural formulas of andesites plagioclases of Amizour (Bz : Bouzenan, lh : lhaddadene). (Camebax microsonde, Natural History Museum, Paris and U.H.P. Nancy, France)**

N°Analyse	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	FeOt	TiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	NiO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
lh 2	46,86	34,06	0,06	1,48	17,36	0,73	0,07	0,06	0,00	0,00	0
lh 3	46,33	33,30	0,10	1,66	17,11	0,48	0,00	0,03	0,00	0,00	0
lh 4	46,52	33,53	0,00	1,66	17,00	0,50	0,00	0,08	0,16	0,00	0
Bz 3	59,78	24,36	1,47	6,86	6,65	0,14	0,01	0,02	0	0	0
Bz 4	58,26	25,04	1,08	6,54	7,44	0,50	0,06	0,06	0	0	0
Bz 7	58,43	25,79	0,91	6,39	8,33	0,07	0,07	0	0	0	0
Bz 15	56,95	24,48	1,03	6,21	7,35	0,49	0,09	0,12	0,12	0	0
Bz 7'	68,62	19,99	0,09	11,87	0,02	0	0	0	0,03	0	0
Bz 3'	64,65	20,57	16,36	0,35	0	0	0	0,02	0	0,09	0
Bz 16	64,75	18,78	16,47	0,77	0	0,14	0	0,18	0	0,03	0

N°Analyse	Si	Al	K	Na	Ca	Fe	Ti	Mg	Mn	Ni	Cr
lh 2	2,144	1,836	0,003	0,131	0,851	0,028	0,002	0,004	0	0	0
lh 3	2,155	1,825	0,006	0,149	0,852	0,018	0	0,002	0	0	0
lh 4	2,153	1,829	0,000	0,148	0,843	0,019	0	0,006	0,006	0	0
Bz 3	2,694	1,294	0,084	0,599	0,321	0	0	0,001	0	0	0
Bz 4	2,642	1,338	0,062	0,574	0,361	0	0,002	0,004	0	0	0
Bz 7	2,621	1,363	0,051	0,555	0,400	0	0,002	0,003	0	0	0
Bz 15	2,643	1,338	0,060	0,559	0,365	0	0,003	0	0,004	0	0
Bz 7'	2,976	1,021	0,05	0,998	0,009	0	0	0	0,001	0	0
Bz 3'	2,971	1,037	0,959	0,031	0	0	0	0,001	0	0,003	0
Bz 16	2,970	1,015	0,964	0,068	0	0	0	0,012	0	0,001	0

	lh 2	lh 3	lh 4	Bz 5	Bz 7'	Bz 3'	Bz 16
Albite	13,34	14,86	14,98	97,86	98,57	3,13	6,63
Orthose	0,34	0,60	0	0,46	0,51	98,87	93,37
Anorthite	86,32	84,55	85,02	1,67	0,92	0	0

**Tableau III - Compositions chimiques et formules structurales sur 22 oxygènes des biotites des rhyolitoïdes, (Mirosonde, U.H.P. Nancy I)**

**Chemical compositions (weight % oxides) and structural formulas on 22 oxygens of the rhyolite biotite of andesite pyroxenes of Amizour (Bz : Bouzenan, Ih : Ihaddadene). (Mirosonde, U.H.P. Nancy, France)**

N°	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	FeO	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaO	MnO	BaO	Total
49	38,52	13,51	9,38	5,24	13,36	16,40	0,79	0,00	0,20	0,18	97,59
53	38,21	12,82	9,38	5,15	13,11	15,72	0,62	0,00	0,14	0,32	95,47
54	37,33	12,98	9,36	5,44	13,61	15,34	0,69	0,01	0,16	0,33	95,24
56	38,97	13,47	9,34	5,48	13,02	16,12	0,70	0,00	0,06	0,01	97,17
65	38,57	13,66	9,34	5,49	13,64	15,39	0,72	0,00	0,11	0,48	97,40

N°	Si	Al <sup>IV</sup>	Al <sup>VI</sup>	K	Ti	Fe	Mg	Na	Ca	Mn	Ba	Mg/Mg+Fe
49	7,22	0,78	0,71	1,12	0,74	2,09	4,6	0,07	0	0,06	0,01	0,68
53	6,53	1,29	-	1,02	1,14	1,87	3,18	0,05	0	0,04	0,02	0,63
54	6,2	1,27	-	0,99	0,68	1,89	3,8	0,05	0	0,04	0,02	0,73
56	6,27	1,27	-	0,95	0,66	1,75	3,91	0,05	0	0,01	0	0,69
62	6,26	1,27	-	0,98	0,62	1,86	3,86	0,06	0	0,01	0,01	0,67
65	6,26	1,3	-	0,96	0,67	1,85	3,72	0,05	0	0,03	0,03	0,66

## DÉPÔTS PYRITEUX ET MINÉRALISATIONS Zn-Pb-(Cu) DU MASSIF VOLCANO-PLUTONIQUE D'AMIZOUR (BEJAIA, ALGÉRIE).

**Tableau IV - Compositions chimiques, formules structurales et pourcentages en Ab-Or-An des plagioclases et feldspaths potassiques des rhyolitoïdes. (Mirosonde, Muséum d'Histoire Naturelle, Paris)****Chemical compositions structural formulas and per cent Ab - Or - An of rhyolitoïde plagioclases and K - Feldspars. (Camebax microsonde, Natural History Museum, Paris)**

N° Analyse	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	FeO	TiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	NiO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total
Ih 1	58,54	26,39	0,67	6,55	7,98	0,24	0	0,08	0,04	0	0	100,50
Ih 2	59,24	26,31	0,75	6,41	8,05	0,23	0	0	0	0	0	100,99
Ih 5	66,72	19,31	11,60	3,96	0,43	0	0,10	0	0	0	0	102,12
Ih 6	65,50	19,50	11,95	3,81	0,32	0,32	0	0	0	0	0	101,39
Bz 7	68,38	19,98	0,10	0	0,01	0,02	10,99	0,10	0	0	0	99,60
Bz 8	67,16	20,05	0,25	0	0	0,01	11,21	0,12	0,07	0,03	0	99,08
Bz 16	64,64	18,17	17,80	0	0	0	0,28	0	0	0	0	100,88
Bz 18	64,21	18,32	18,12	0	0	0	0,28	0	0	0	0	100,92

N° Analyse	Si	Al	K	Na	Ca	Fe <sup>2+</sup>	Ti	Mg	Mn	Ni	Cr	Total
Ih 1	2,610	1,386	0,038	0,566	0,381	0,009	0	0,005	0,001	0	0	4,998
Ih 2	2,625	1,374	0,042	0,550	0,382	0,008	0	0	0	0	0	4,983
Ih 5	2,974	1,014	0,659	0,342	0,020	-	0,003	0	0	0	0	5,01
Ih 6	2,953	1,036	0,687	0,333	0,015	0,012	0	0	0	0	0	5,03
Bz 7	2,989	1,029	0,005	0,931	0,004	0	0	0,001	0	0	0,001	4,962
Bz 8	2,964	1,043	0,014	0,959	0,005	0,003	0	0	0,002	0,001	0,002	4,998
Bz 16	2,988	0,990	1,049	0,024	0	0	0	0	0	0	0	5,053
Bz 18	2,975	1,000	1,070	0,024	0	0	0	0	0	0	0	5,07

N° Analyse	Ih 1	Ih 2	Ih 5	Ih 6	Bz 7	Bz 8	Bz 16	Bz 18
Albite	57,43	56,48	33,47	32,15	98,93	97,98	2,31	2,226
Orthose	3,88	4,35	64,52	66,36	0,57	1,45	97,69	97,74
Anorthite	38,69	39,19	2,01	1,48	0,50	0,57	0	0

**Tableau V** - Compositions chimiques et formules structurales des chlorites, 33 à 36 chlorite I, 7 à 31 Chlorite II,  
(Mirosonde, Muséum d'Histoire Naturelle, U.H.P. Nancy I)

*Chemical compositions and structural formulas of chlorites, 33 to 36 chlorite I, 7 a 31 chlorite II  
(Camebax mirosonde, Natural History Museum, Paris and U.H.P., Nancy, France)*

N°	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	FeO	TiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	BaO	Total
33	32,11	15,26	0,60	0,11	0,06	19,50	0,05	18,49	0,40	0,31	86,89
35	30,88	15,75	0,32	0,00	0,10	19,87	0,00	18,57	0,33	0,08	85,90
36	30,10	14,53	0,88	0,08	0,06	14,92	0,00	17,83	0,34	0,08	78,82
37	30,99	15,64	0,31	0,04	0,07	19,29	0,37	18,94	0,39	0,00	86,04
7	28,89	19,09	0,07	0,00	0,13	16,20	0,00	22,05	0,52	0,00	86,95
11	29,72	18,40	0,11	0,13	0,11	15,58	0,00	23,95	0,53	0,00	88,53
30	30,05	17,98	0,11	0,00	0,00	14,00	0,00	23,21	0,48	0,00	85,83
31	20,50	17,82	0,11	0,19	0,20	12,83	0,00	23,12	0,55	0,00	75,32

N°	Si	Al <sup>IV</sup>	Al <sup>VI</sup>	K	Na	Ca	Fe <sup>2+</sup>	Ti	Mg	Mn	Ba
33	3,29	0,71	1,15	0,07	0,02	0	1,68	0	2,84	0,03	0,01
35	3,20	0,80	1,13	0,04	0	0,01	1,73	0	2,89	0,03	0
36	3,34	0,66	1,21	0,12	0,01	0	1,38	0	2,95	0,03	0
37	3,21	0,79	1,14	0,04	0	0	1,62	0,03	2,93	0,03	0
7	2,92	1,08	1,18	0	0	0,01	1,37	0	3,32	0,04	0
11	2,93	1,07	1,07	0,01	0,02	0,01	1,31	0	3,52	0,04	0
30	3,03	0,97	1,16	0,01	0	0	1,18	0	3,48	0,05	0
31	3,02	0,98	1,18	0,01	0,03	0,02	1,10	0	3,52	0,04	0

Tableau VI - Compositions chimiques globales des éléments (majeurs et traces) des roches volcaniques d'Amizour, (CRPG, Nancy; MTA, Turquie)

*Global chemical compositions of major and trace element of the Amizour volcanic rocks (C.R.P.G., Nancy, France; MTA, Turkey)*

Faciès et Localisation	Andésites de Iheddadène					Andésites de Bouzenan			Rhyolitoïdes		
	Iheddadène			Bouzenan		Iheddadène			Bouzenan		
N° Echantillon	Ih 54	Tb 4 b	Ih47c	Ih47b	Ih47a	Bz 70 d	Bz 70 a	Bz 70 c	Ih 57	Bz 1	Bz 2
SiO <sub>2</sub>	56,72	58,03	58,89	58,91	59,17	61,39	62,12	62,22	65,80	66,60	68,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,94	16,49	16,36	16,74	16,71	15,53	15,66	16,39	15,20	13,80	16,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,32	6,2	6,23	6,3	6,21	4,66	4,67	4,75	4,22	3,58	2,86
MnO	0,23	0,15	0,12	0,18	0,11	0,09	0,1	0,09	0,10	0,02	0,02
MgO	2,22	2,85	2,15	2,66	2,43	2,94	2,52	2,83	0,85	0,52	0,47
CaO	4,84	6,02	5,92	5,72	5,41	3,54	3,23	3,40	1,63	0,92	0,38
Na <sub>2</sub> O	3,81	3,89	4,03	3,81	4,02	4,95	5,22	5,09	3,19	1,26	1,77
K <sub>2</sub> O	3,69	3,339	3,07	3,50	3,17	2,12	1,90	2,05	5,83	7,65	8,55
TiO <sub>2</sub>	0,84	0,94	0,87	0,94	0,97	0,65	0,60	0,61	0,50	0,50	0,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,84	0,19	0,18	0,18	0,18	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
P.F.	3,72	1,8	2,29	1,47	1,97	2,95	3,02	2,59	2,36	2,68	1,41
Total	98,53	99,95	100,11	100,41	100,35	98,89	99,12	100,11	99,78	97,63	101,36
Ba en ppm	275	267	405	394	401	246	234	228	300	390	350
Rb en ppm	213	179	147	192	167	107	105	115	150	150	310
Sr en ppm	247	273	283	285	290	242	247	238	210	180	160
Cu en ppm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	<10	11	
Ni en ppm	23	24	19	21	19	32	27	32	27	32	
Cr en ppm	27	31	30	32	29	46	45	47	45	47	
V en ppm	154	161	153	159	162	109	105	103	105	103	
Co en ppm	33	39	41	28	34	30	30	36	30	36	