

LITHOSTRATIGRAPHIE DU PROTÉROZOÏQUE DE LA RÉGION DE BOUKAIS ET ÉTUDE DES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES (BÉCHAR, SUD-OUEST ALGÉRIEN)

Arezki ZERROUKI*

RÉSUMÉ

Au Nord de Béchar, à Boukais (Sud-Ouest algérien), affleure sous les formations cambriennes datées, un massif volcanique andésitique attribué au Protérozoïque. Il est représenté par des formations à andésites, tufs et trachytes affectées par un métamorphisme hydrothermal, de faciès schistes verts de type propylitisation (calcite, chlorite, épidote). Nous présentons dans le cadre de cette note un premier log synthétique des différentes formations protérozoïques de la région.

L'étude des différents processus métamorphiques et tectoniques qu'ont subis les roches, montrent que les minéralisations à Cu, Ag, Pb, sont généralement associées à des zones tectoniques sub-latitudinales et NE (failles chevauchantes). Les plissements subis par les volcanites et les grès de la languette nord indiquent que le massif est affecté par la phase tectonique panafricaine bien connue dans l'Anti-Atlas.

Ainsi, la position géostructurale du massif volcanique de Boukais et des séries situées au Nord (Duée *et al.*, 1992; Zerrouki, 1993) indiquent que :

- la partie nord du massif de Boukais est affectée par une tectonique tangentielle panafricaine,
- la série calcaire est comparable à la série argentifère d'Imiter située dans un contexte géodynamique similaire.

Ces phénomènes font que l'on pourrait s'attendre à trouver dans la partie nord du massif volcanique de Boukais, des concentrations de cuivre et argent du même type que ce qui est connu à Imiter (Anti-Atlas, Maroc)

Mots clés: Andésites - Trachytes - Série calcaire - Propylitisation - Cu - Ag - Tectonique tangentielle - Panafricain - Boukais - Algérie - Djebel Saghro - Anti-Atlas.

* Direction de la Recherche Minière (ORGM) B.P. 102 Boumerdès 35000 (Algérie)
- Manuscrit déposé le 27 Octobre 1999, accepté après révision le 05 Janvier 2000.

LITHOSTRATIGRAPHIC OF THE VOLCANIC PROTEROZOIC BOUKAIS MASSIF AND ASSOCIED ORE DEPOSITS (BECHAR, ALGERIAN SOUTH WEST)

ABSTRACT

North of Bechar (SW Algeria) outcrops the volcanic proterozoic massif of Boukais. It is represented by andésites, tuffs and trachytes affected by hydrothermal alteration (propylitization) : calcite, chlorite, epidote.

The different tectonic and metamorphic processes have mobilised and deposited mineralizations of Cu, Ag and Pb witch are associated to NS tectonic zone and NE overthrusts. The foldings suffered from the volcanit and sandstones of the north strip indicate that the massif is affected by panafrican tectonic phase well known in the Anti Atlas (Morocco).

The geostructural position of the Boukais volcanic massif and other series situated in north of Bechar (Duce *and al*, 1992 ; Zerrouki, 1993) shows that :

- the calcareous serie of Boukais is comparable to the silver serie of Imiter (Anti -Atlas) situated in a similar geodynamic context.
- the northern part of the Boukais massif is affected by a panafrican tangential tectonic.

Thus, from these phenomena we could expect to find in the northern part of Boukais massif, copper and silver deposits, similar to the Imiter deposits (Anti Atlas, Morocco)

Key words: Andesites - Trachytes - Calcareous serie - Propylitic - Cu -Ag - Overthrust - Panafrican - Boukais - Algeria - Djebel Saghro - Anti-Atlas.

INTRODUCTION

Dans la région nord de Béchar (fig. 1), à Boukais, affleure sous les formations gréseuses du Cambrien daté par des trilobites (Du Dresnay et Hupé, 1953) une boutonnière andésitique attribuée au Protérozoïque (fig. 2). L'étude de ces formations a été entamée par Meindre(1955), puis complétée par les travaux de l'EREM et de l'ORGM entre 1976-1993.

Les travaux ont mis en évidence une minéralisation de cuivre et d'argent dans les volcanites et les roches carbonatées à terrigènes affleurant au Nord du massif.

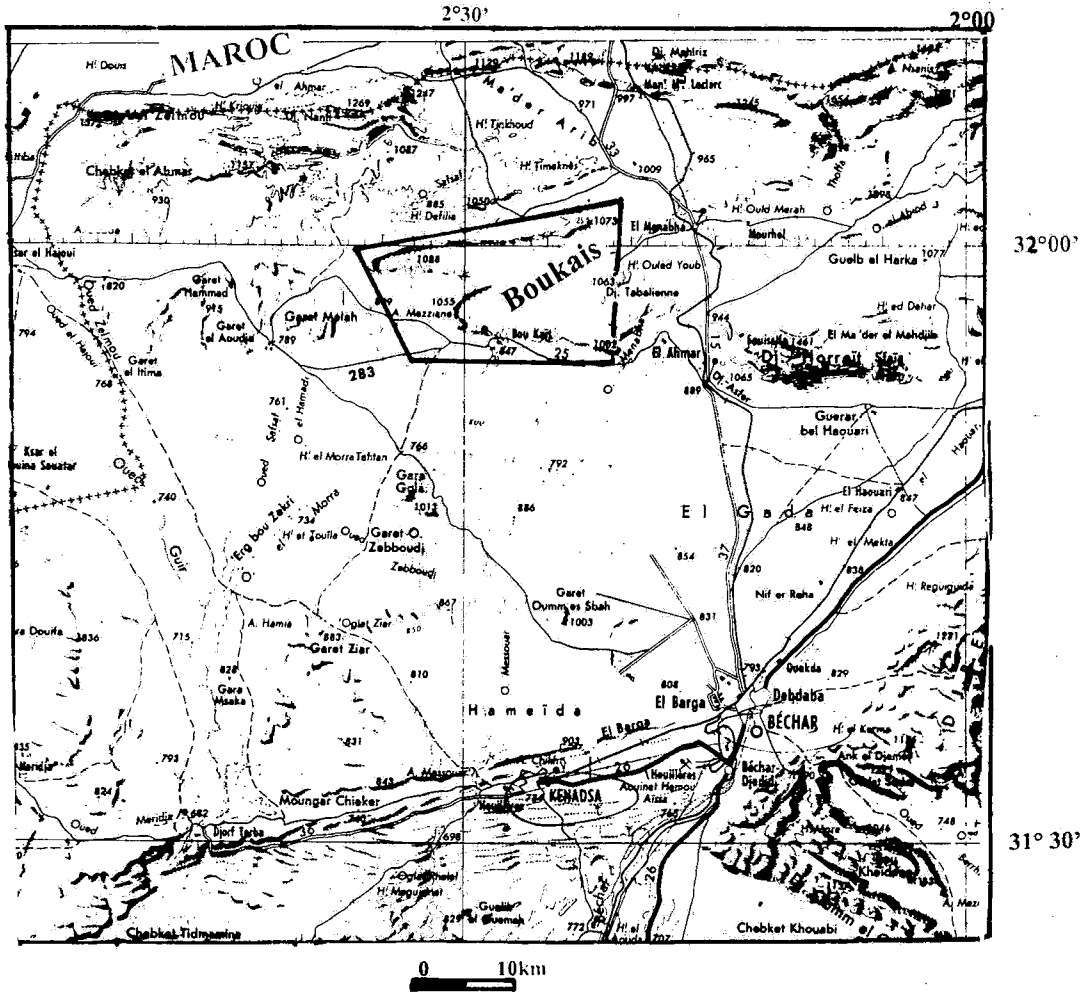
La position géostructurale de la boutonnière,

ainsi que les minéralisations qui s'y rapportent font que nous allons tenter dans le cadre de ce travail d'étudier celles-ci et d'essayer de les comparer avec ce qui est connu dans l'Anti-Atlas marocain où un important gisement d'argent est connu (Imiter).

Dans cette note on présente :

- une succession lithostratigraphique du Protérozoïque de Béchar;
- une étude des minéralisations du massif de Boukais;
- un essai de comparaison avec les minéralisations de Imiter (Djebel Saghro, Anti-Atlas).

LITHOSTRATIGRAPHIE DU PROTÉROZOÏQUE DE LA RÉGION DE BOUKAIS ET ÉTUDE DES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES



 Secteur des travaux

Fig. 1 - Carte de situation
Sketch map

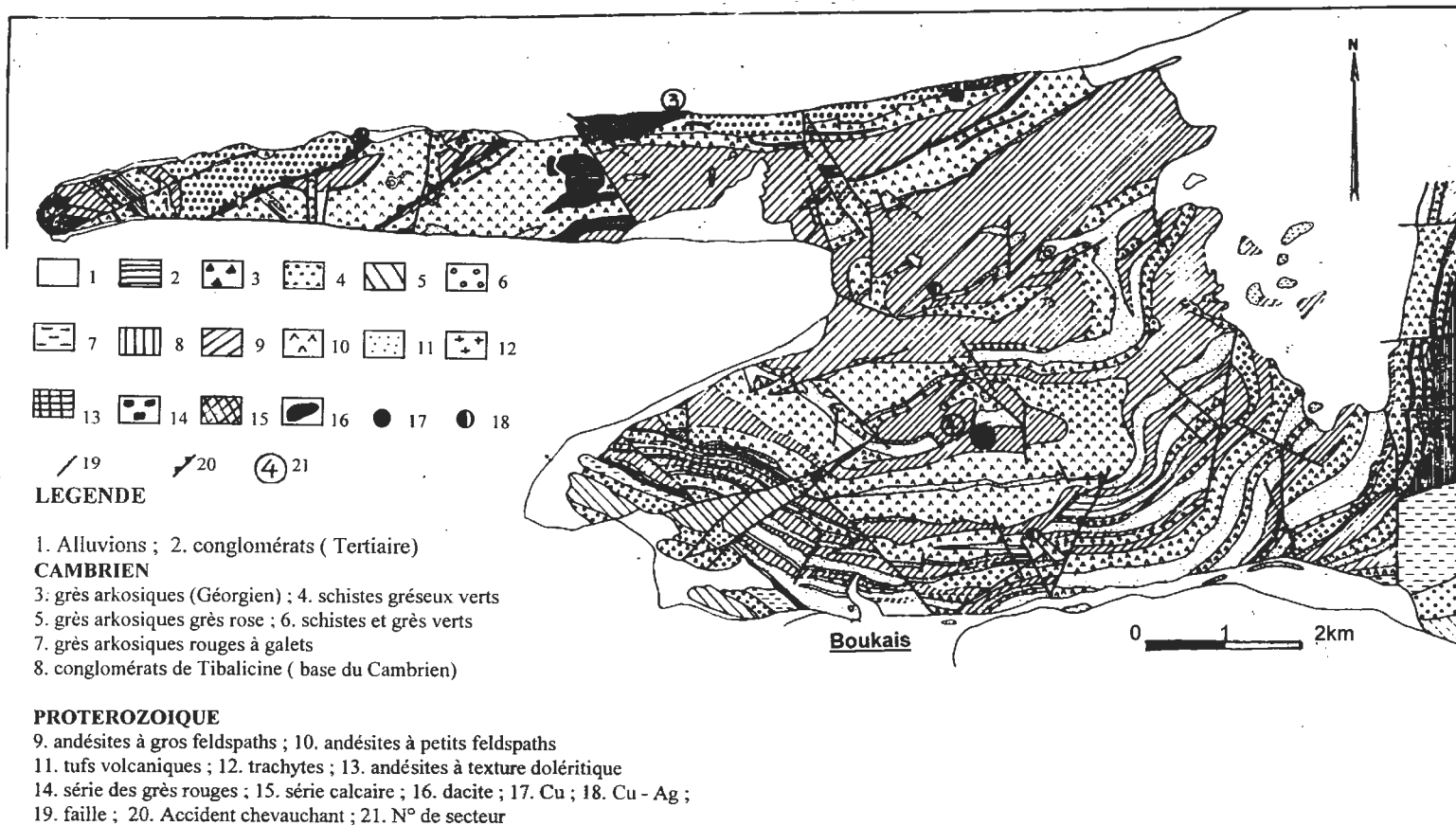


Fig. 2 - Carte géologique du Massif volcanique de Boukais (Nord de Béchar) (D'après Meindre, 1955, complété)
Geological map of volcanic massif of Boukais (North of Bechar) (after Meindre, 1955, completed)

CADRE GÉOLOGIQUE

La région de Béchar est une zone où l'on peut étudier les formations allant du Protérozoïque au Quaternaire. Elle est située à la confluence des domaines panafricain (Duée *et al.*, 1992; Zerrouki, 1993), hercynien (Deleau, 1951; Pareyn, 1961; Kazi-Tani, 1986; Nédjari, 1991), et alpin (Zerrouki, en cours).

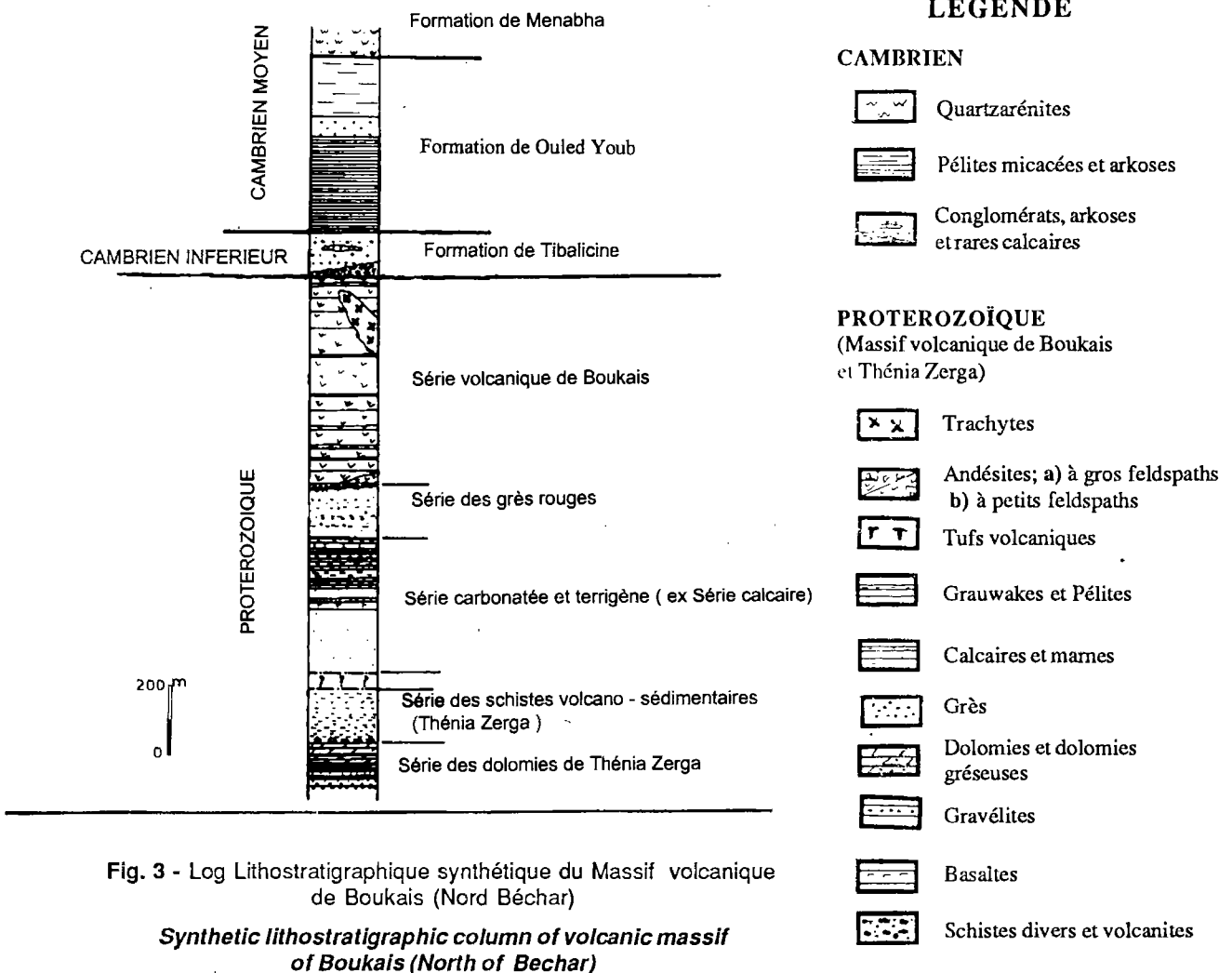
Dans ce qui suit, nous allons présenter très succinctement les différentes formations protérozoïques qui affleurent dans la région et qui, pour certaines, contiennent les minéralisations dont il est question dans cette note.

LITHOSTRATIGRAPHIE

Les formations protérozoïques de la région de Boukais, affleurant sous forme d'une boutonnière très complexe (fig. 2), sont surmontées, à l'Est dans le Djebel Tibalicine et au Sud-Ouest à Boukais par les séries cambriennes datées par des fossiles (Du Dresnay, 1953). Elles sont représentées (de haut en bas) par les séries suivantes (fig. 3):

Série volcanique de Boukais (fig. 3)

Cette série est formée par un empilement d'andésites porphyriques à gros feldspaths, d'andésites



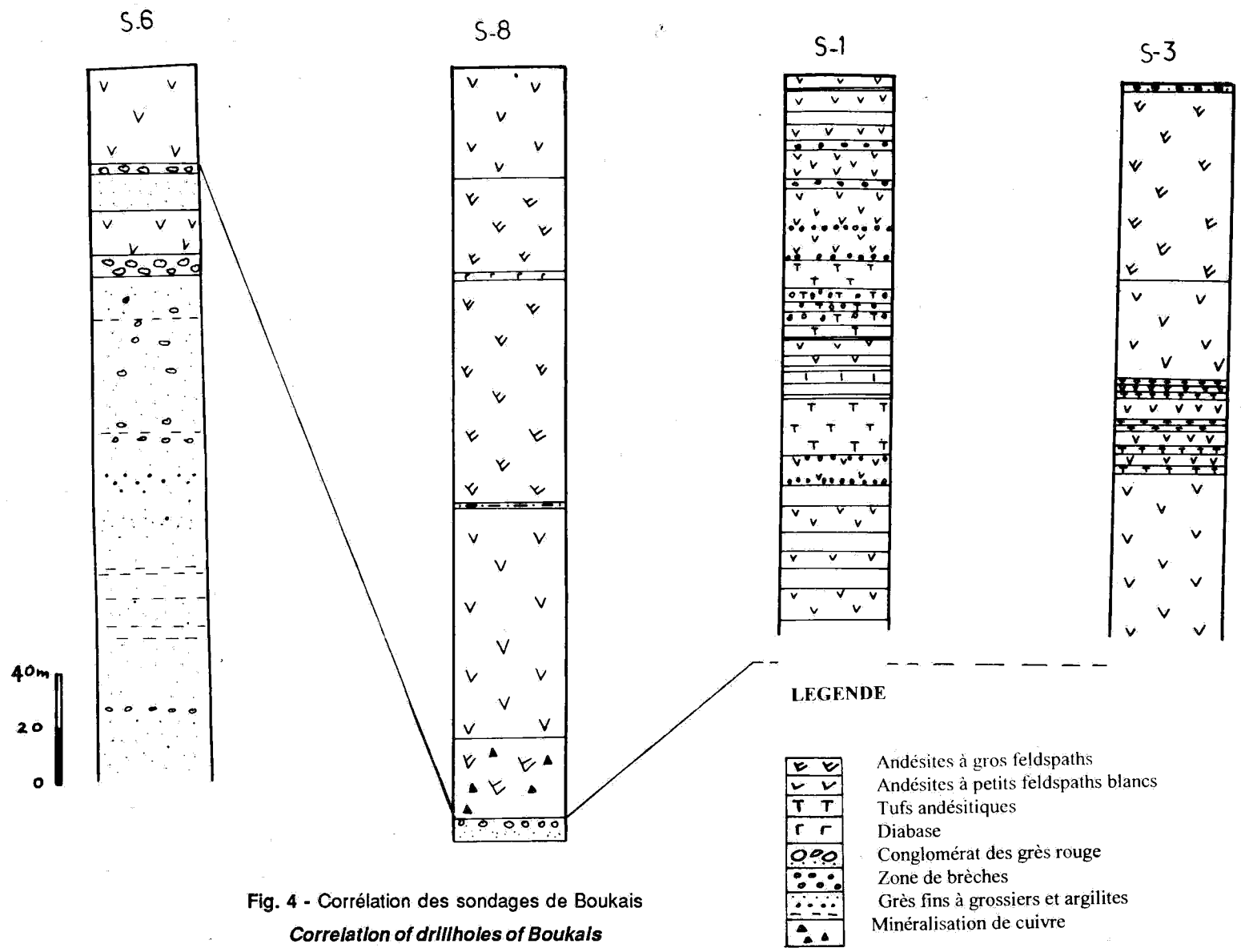


Fig. 4 - Corrélation des sondages de Boukais
Correlation of drillholes of Boukais

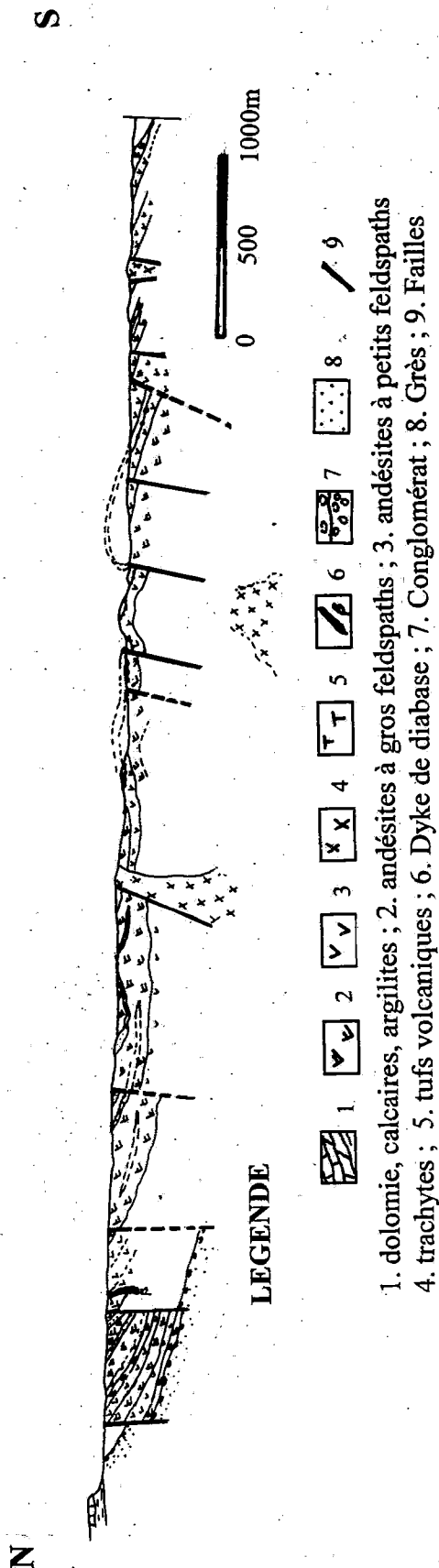


Fig. 5 - Coupe géologique du massif de Boukais
Cross-section of Boukais massif

à petits feldspaths et de tufs andésitiques. Les andésites à gros feldspaths sont très abondantes dans la partie nord de la boutonnière, alors qu'au Sud, ce sont les andésites à petits feldspaths et les tufs qui abondent.

En général, les coulées de volcanites sont séparées par des intercalations de tufs andésitiques et quelques niveaux de grauweekes, pélites et conglomérats à galets de volcanites. Les roches sont très épidotisées et propylitisées.

L'étude pétrographique réalisée dans les sondages 2 et 3, situés au Sud de la structure, indique la présence de l'iddingsite dans la composition des andésites à gros feldspaths. Dans le sondage BKS2, on signale deux intercalations de dolérites à labrador et olivine.

Dans la série andésitique se sont mises en place des trachytes, relativement moins altérées que les andésites, sous forme de dykes dont le principal est celui qui affleure au centre de la structure (fig. 2, 5).

Les andésites à petits feldspaths décrites pourraient être subdivisées en andésites à pyroxènes et à amphibole. Selon Meindre (1955) la puissance de cette série varie de 1500 à 2000m. Cependant, les observations de terrain suggèrent une puissance qui ne dépasserait pas 800m.

Série des grès rouges et conglomérats terminaux

C'est une série à sédiments détritiques et pyroclastiques (Meindre, 1955) formée en général à la base par des grès arkosiques, à galets mous d'argiles, passant à des grès argileux de couleur sombre au Sommet. Des passées argileuses sont signalées pratiquement dans toute la série. Dans les sondages 11 et 6, on signale des zones à débris anguleux de dacites et rhyolites, à tendance grano-décroissante (fig. 4). Les grès passent parfois à des tufs volcaniques dans cette série.

En général la couleur des grès est rougeâtre. Sur le plan sédimentologique, on remarque des stratifications obliques et en flammes, des niveaux de ravinement et des structures de compaction des argiles.

Des galets de granites sont aussi signalés dans cette série. Ceux-ci sont très récurrents au sommet (sondage 6) où on a un niveau de 10m de conglomérats à galets, atteignant 25 cm, de grès, granites, aplites, pegmatites, rhyolites, roches métamorphiques, calcaires etc. Le ciment du conglomérat est gréseux et parfois volcanique. La puissance des conglomérats, affleurant parfois en deux niveaux, varie de 1m à 10-15m et les grès rouges font plus de 300m (sondage 11).

L'évolution et la mise en place de cette série de grès indiquent qu'un volcanisme rhyodacitique, très proche, était actif au cours de la sédimentation des grès.

Série calcaire (fig. 6)

Elle affleure, à des niveaux différents, sur la bordure nord du massif volcanique de Boukais (secteur 3) et dans la zone du sondage 7, suivant différents faciès.

Dans le Secteur 3 (fig. 7), elle est représentée par des calcaires argileux gréseux, laminés et à stratifications obliques. Des accidents siliceux, en boudins et en amas, affectent ces roches. Un sondage réalisé par le BRMA en 1955 a recoupé sous les andésites à feldspaths blancs, entre 247,5 et 342m, différents termes de la série calcaire représentée suivant les profondeurs par des: (fig. 8)

- grès carbonatés à filonnets de quartz (247,5 à 255,3 m);
- marnes finement litées gris-verdâtres (255,3 à 270m);
- marnes violettes (270 à 281m);
- grès carbonatés (281 à 283 m);

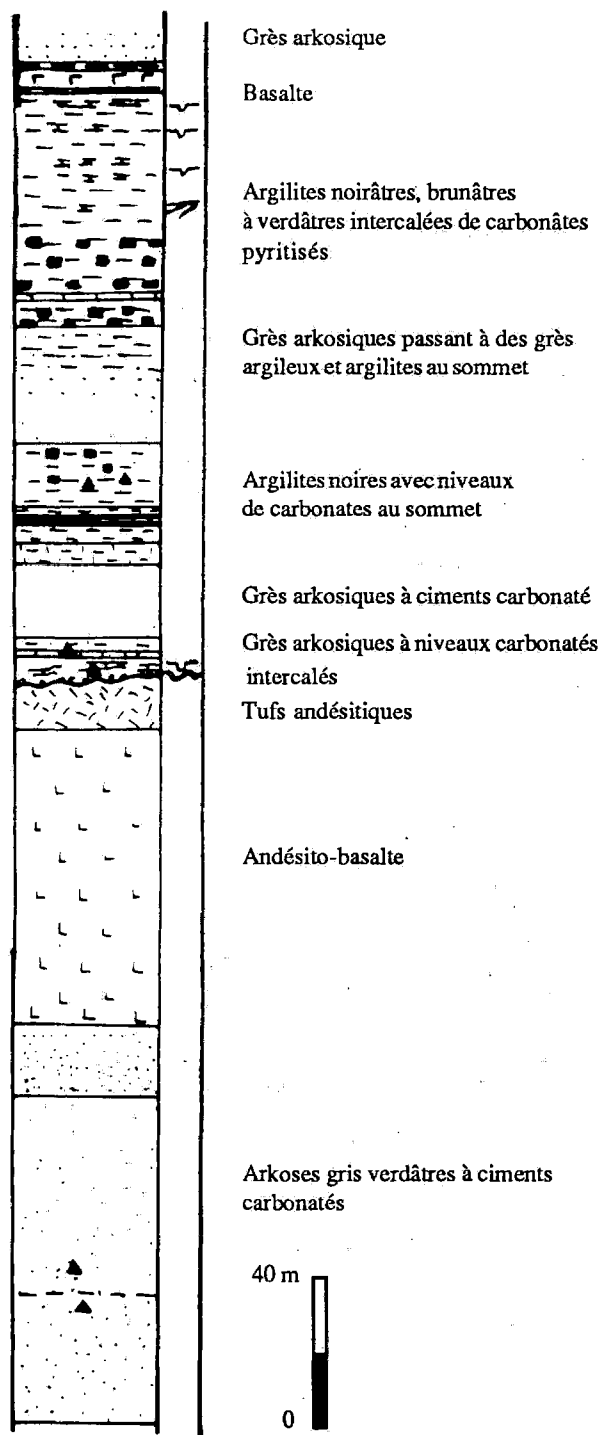


Fig. 6 - Log du sondage 7 (Nord de Boukais)
Log of S7 (North of Boukais)

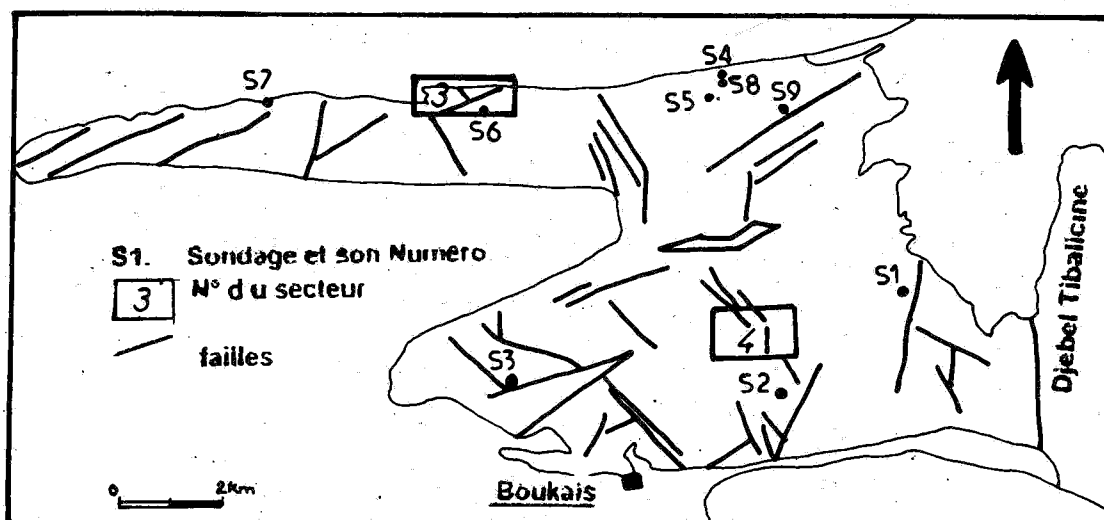


Fig. 7 - Position des sondages et des secteurs

Position of drillholes and sectors

- marnes gréseuses grisâtres (283 à 288,1 m);
- marnes rougeâtres à filonnets de quartz (288,1 à 295,35 m);
- grès arkosiques légèrement carbonatés (295,35 à 306 m);
- grès plus ou moins grossiers (306 à 342,6m), silicifiés, de couleur gris-bleuâtre avec imprégnations de pyrite et de chalcopyrite.

L'affleurement de cette série est contrôlé par une faille inverse qui dans sa position actuelle, chevauche la série des grès rouges qui est stratigraphiquement plus récente.

Dans la zone du sondage 7 (fig. 6) située à l'Ouest du secteur 3, la série calcaire est en contact faillé avec les andésites du massif de Boukais. Ici, on note un affleurement de marnes rougeâtres intercalant des argilites et des niveaux carbonatés très schistosés, avec débit en frites. En montant dans la série, on a abondance de niveaux calcaires, parfois à slumpings, surmontés par un niveau basaltique par l'intermédiaire d'une brèche d'épaisseur centimétrique.

Au dessus du niveau basaltique, on note des niveaux calcaires du même type que ceux qui affleurent dans le secteur 3.

Dans le sondage réalisé en cet endroit (sondage 7), on peut décrire sur 342m, trois (03) ensembles séparés par un niveau d'andésites basaltiques: (de haut en bas).

Ensemble argilo-carbonaté (+70m)

Il est représenté par une alternance de niveaux d'argilites versicolores avec de rares passées grésopélitiques et roches carbonatées microchenalisées, à slumpings et stratifications entrecroisées. Les argilites noirâtres et les calcaires sont affectés par une pyritisation qui atteint parfois 20% du volume de la roche.

Ensemble grés-argileux (95m)

Ici on note des niveaux de grès argileux de plus de 10m d'épaisseur, intercalés d'argilites versicolores (noires, vertes et rouges). Au sommet les niveaux noirâtres sont pyritisés, avec de la matière organique. Des niveaux de calcaires centimétriques sont signalés entre les argilites. A la base, les intercalations d'arkoses

dominant, avec des niveaux d'argilites et de calcaires ; au sommet la tendance est vers une dominance de niveaux argilo-gréseux.

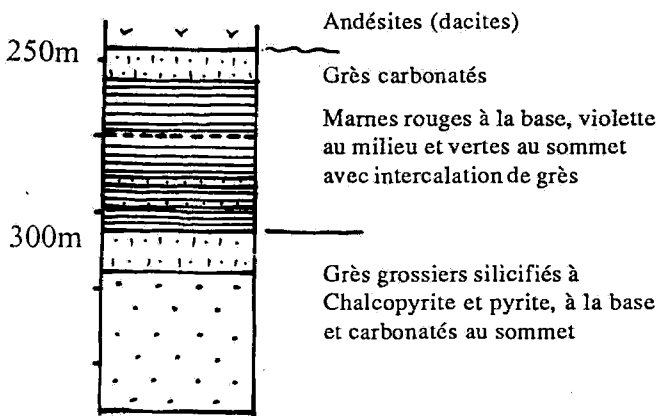
Ensemble arkosique (>104m)

Il est recoupé sur 106m par le sondage 7 et est représenté par des grès arkosiques, gris-vertâtre à brunâtre, à ciment carbonaté.

Les ensembles de base et intermédiaire sont séparés par un niveau volcanique représenté par des andésito - basaltes porphyriques (83m) cataclasées à la base et surmontées par des tufs et des cinérites. Le contact supérieur montre des galets de roches volcaniques de moins de 2 cm de diamètre.

On remarque que les faciès recoupés par le sondage 7 pourraient être l'équivalent de ceux qui sont recoupés par un sondage réalisé par le BRMA (fig. 8). De par ce qui affleure et ce qui est recoupé par les sondages la série calcaire fait 250 à 300m d'épaisseur.

Sur le plan sédimentologique, on remarque une évolution des faciès qui sont arkosiques à la base, argilo-gréseux au milieu et argileux et carbonatés avec slumpings au sommet.



De 0 à 247,5m, on note des andésites (dacites)

Fig. 8 - Log du sondage 10 (Secteur 3)
Log of S 10 (sector 3)

Cette progradation des faciès rappelle la série d'Imiter (Anti Atlas, Maroc), qui en plus des caractères sédimentologiques est dans un contexte structural similaire : *contact de faille avec les unités andésitiques et rhyolitiques du Pr III* (Leistel et Qadrouci, 1991 ; Ouguir et al., 1994). Tout ceci fait que l'on pourrait affecter cette série au Pr II.

Série des arkoses de Tibalicine (fig.9)

Cette série est apparemment en contact structural avec les andésites de Boukais. Les mesures de schistosité prises indiquent une direction N-S alors que celle qui affecte la série andésitique est N 30-40°.

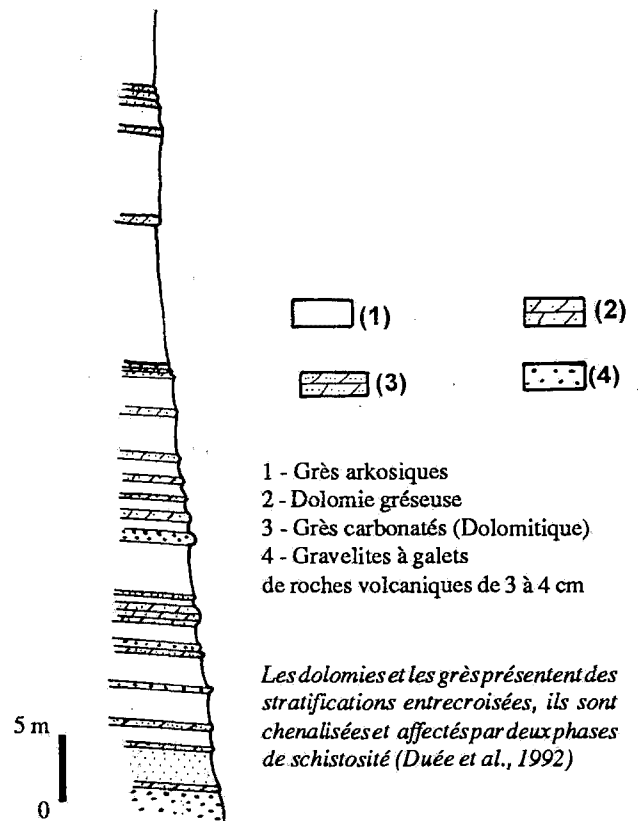


Fig. 9 - Coupe de la série des arkoses de Tibalicine
Log of the formation arkoses of Tibalicine

On peut décrire à sa base un niveau de micro-conglomérats à galets andésitiques et tufacés de 1-3mm à 3-4cm de dimensions. Ce niveau est surmonté par un ensemble formé d'arkoses en bancs de 1 à 5m intercalés par des niveaux de dolomies, à stratifications entrecroisées, gréseuses et chenalées, d'une épaisseur ne dépassant pas 50cm.

On remarque que ceci diffère fondamentalement de la série qu'à décrit Menchikoff (1939) dans cette région et que l'on ne retrouve nulle part. L'épaisseur affleurante de cette série ne dépasse guère 60-70m, contrairement à l'épaisseur (200m) donnée par le même auteur.

Série des schistes de Thenia Zerga

Topographiquement, elle affleure au dessous de la série dolomitique du même lieu, alors que stratigraphiquement elle se place au dessus de celle-ci (Duée *et al.*, 1992; Zerrouki, 1993).

C'est une série volcano-sédimentaire intensément schistosée et représentée par des intercalations de volcanites (andésites, basaltes, trachytes), siltstones, schistes argilo-micacés, gréso-gravelleux, schistes chloriteux, schistes satinés, grès quartzeux, brèche schisteuse, etc.) (Zerrouki, 1993). Le contact inférieur n'est pas connu.

La série est affectée par un métamorphisme de faciès schistes verts (chlorite, séricite, calcite, dolomite et /ou quartz).

Série des dolomies de Thenia Zerga

Elle est représentée par des dolomies rubanées, à accidents siliceux, intercalées de niveaux de grès et de schistes. Les dolomies sont ravinées et présentent des laminations plates et ondulées qui, conjuguées à plusieurs autres structures sédimentaires, indiquent que la série est renversée (Duée *et al.*, 1992, Zerrouki, 1993).

Par comparaison avec les séries de l'Anti-Atlas, les séries de Thénia Zerga seraient attribuées au PII - 2 (Protérozoïque supérieur).

Pour mieux synthétiser les relations structurales et lithostratigraphiques qui existent entre les différentes séries on présente, pour la première fois, une colonne lithostratigraphique synthétique des différentes formations protérozoïques de la région de Béchar (fig. 3).

CADRE STRUCTURAL

Les formations du Protérozoïque affleurant dans la région de Béchar présentent des structures complexes. A Thénia Zerga, elles sont renversées et présentent des structures plissées présentant l'empreinte de la phase panafricaine (Duée *et al.*, 1992 ; Zerrouki, 1993). Ces séries portent les traces de déformations superposées par deux phases de plissement en plis couchés syn-métamorphes (P1) et de schistosité de plan axial (P2) (*ibid.*). Ainsi, on en a déduit que les structures protérozoïques du Nord Béchar représentent les témoins les plus orientaux de l'Anti-Atlas Marocain.

Une coupe géologique levée à travers le massif de Boukais suggère une structure complexe où l'existence de plis aigus en position déversée à renversée ne sont à exclure. Dans un sondage réalisé à Koudiat-Sers (2km au Nord du S7), les structures sédimentologiques observées indiquent un renversement des couches.

La bordure nord du massif volcanique de Boukais est caractérisée par plusieurs accidents de direction NE mettant en contact tectonique des séries stratigraphiquement très éloignées (fig. 2, 8). On en décrit les structures suivantes :

- Dans la languette NW, la structure est très complexe. Les accidents sont N-E, avec un pendage de 20 à 40° vers le NW. Ils sont de

même direction et seraient de même nature que l'accident du secteur 3 qui met en contact chevauchant les séries des grès rouges et calcaires.

- L'accident du secteur 3, de direction NE, est considéré comme une faille inverse (Meindre, 1955 ; Bousmaha, 1991). L'analyse des données de sondages réalisés par le BRMA (1950 - 1955) montre un broyage au contact inférieur, sous la série calcaire qui d'un côté chevauche la série des grès rouges et de l'autre, elle est en contact de faille avec elle (fig. 10).

- Juste à l'Ouest du sondage 7, la série des grès montre un contact inférieur broyé et chevauchant la série volcanique de Boukais (Duée *et al.*, 1992). On note aussi que le contact de la série calcaire affleurant dans la zone du sondage 7 est en contact de faille de direction NE avec la série volcanique de Boukais.

- L'accident NE, situé entre le secteur 3 et le sondage 7, est jalonné par des plis décimétriques déversés vers le SE et met en contact par faille la série des grès rouges et la série volcanique de Boukais (fig. 11). Un contact discordant angulaire a été observé entre les andésites et leurs tuf et les grès sus-jacents. Ici la structure montre un plissement emballant les grès et les andésites, avec un déversement vers le SE. Les structures sont de type "fault-bend-folding" ou plis d'amortissements (Supé, 1983) caractérisées par des décollements qui peuvent évoluer jusqu'à obtenir des chevauchements.

- A l'Est du sondage 7, un contact de chevauchement a été décrit entre les andésites et les grès (Duée *et al.*, 1992).

Ce style de déformation, caractérisé par des renversements de séries, des plis aigus suivant des failles et des contacts tectoniques suivant la direction NE, présente les mêmes caractéristiques que la tectonique tangentielle panafricaine caractérisée dans le

Djebel Saghro (Anti-Atlas, Maroc) par des chevauchements vers le SE (Leistel, Qadrouci, 1991; Ouguir et al., 1994; Leblanc, et Lancelot, 1978; Billaud, 1988; Al Ansari et Sagon, 1997).

Mesures de fracturation

Les mesures de fracturation faites sur les différentes séries de la boutonnière volcanique de Boukais montrent (fig. 1) :

- une direction NE dans la série volcanique qui passe au SE du massif à une autre direction E-W;

- deux directions NS et NE dans la série des arkoses de Tibalicine.

Ceci indique que :

1 - la série des arkoses de Tibalicine est plus ancienne que la série volcanique; la phase de fracturation N-S ne pénétrant pas la série sus-jacente.

2 - La bordure SE du massif volcanique est caractérisée par une schistosité E-W qui serait plus récente et probablement alpine comme il est démontré partout ailleurs dans la région de Béchar (Zerrouki, *en cours*).

Il y a lieu de noter que les séries du P II, longeant la bordure nord-est de l'accident de l'Anti-Atlas, montrent deux phases de plissement dont la première phase donne des plis synschisteux avec déversement vers le Sud, et la deuxième des plis post-schisteux à grand rayon de courbure. Ces deux phases sont rapportées aux phases tectoniques B1 et B2 définies dans l'Anti-Atlas (Leblanc et Lancelot, 1978).

Toutes les observations faites et les rapprochements établis montrent que les séries de la boutonnière de Boukais sont plissées. Les observations structurales faites sur les séries protérozoïques de Boukais montrent

qu'elles sont plissées et caractérisées par une tectonique tangentielle définie comme panafricaine et attribuée au PII (domaine Panafricain). Elles ne font pas donc partie de la couverture comme s'est le cas à Ouarzazat (Anti-Atlas, Maroc) (Leistel, Qadrouci, 1991; Rjimati *et al.*, 1992; Lécolle *et al.*, 1991, Ouguir *et al.*, 1994).

PRESENTATION DES MINÉRALISATIONS DU MASSIF DE BOUKAIS

Suivant le site de mise en place, on distingue trois types de minéralisation dans la boutonnière Protérozoïque de Boukais :

- minéralisation liée aux volcanites;
- minéralisation liée aux formations terrigènes (zone du sondage 7);
- minéralisation liée aux filons de Quartz.

Les deux premiers types sont les plus importants; cependant le troisième indique une évolution rappelant quelque peu celles de l'Anti-Atlas marocain avec l'ensemble des métalotectes qui contrôlent les minéralisations : Le magmatisme du PII et PIII, la lithologie, le métamorphisme et la tectonique panafricaine et varisque (Agard *et al.*, 1984, Qadrouci et Leistel, 1981).

A - Minéralisation liées aux volcanites

Cette minéralisation est liée directement aux différentes roches andésitiques, tufacées et gréseuses. La minéralisation, généralement cuprifère, se retrouve soit dans les zones de fractures sublatitudinales, soit liée à des vacuoles liés aux différents faciès. Dans ce qui suit, on décrit les minéralisations liées à deux indices considérés comme les plus importants sur le massif de Boukais :

Secteur Central (N°4) (fig. 7)

La faille E-W qui affecte le flanc sud de l'anticlinal est inverse et a un pendage de 45° à 60° vers le Nord. Elle a fait remonter les tufs sur les andésites et encaisse la minéralisation de cuivre représentée généralement par la chalcopryrite, la chalcosine et plusieurs autres minéraux de la zone supergène, retrouvés dans les fissures et autres fractures.

Les failles du direction NW sont remplies de calcite et ne présentent pas de minéralisation de cuivre. Dans les tufs grossiers encaissant la minéralisation sont distinguées trois zones minéralisées :

- le long de la grande faille : L = 100m, épaisseur = 0 à 10m (en moyenne 3-4m);
- le long d'une faille secondaire à l'ouest de l'anticlinal;
- suivant une large zone minéralisée, située sur le flanc nord, où sont distinguées trois bandes parallèles dont la plus importante a 200m de long sur 0 à 6m de large.

Les teneurs peuvent atteindre 2,5 à 3% Cu. Les ressources de ce secteur sont évaluées approximativement dans les flancs nord et sud de l'anticlinal à 60 000t de minerai à teneurs comprises entre 0,5 à 1%.

Secteur 3 (fig. 7)

Ce secteur est situé au centre nord de la boutonnière de Boukais. La succession suivante a été définie : (haut en bas)

- Coulée d'andésites grises;
- Conglomérat à galets de granites (0 à 15m);
- Série de grès rouges (180m);

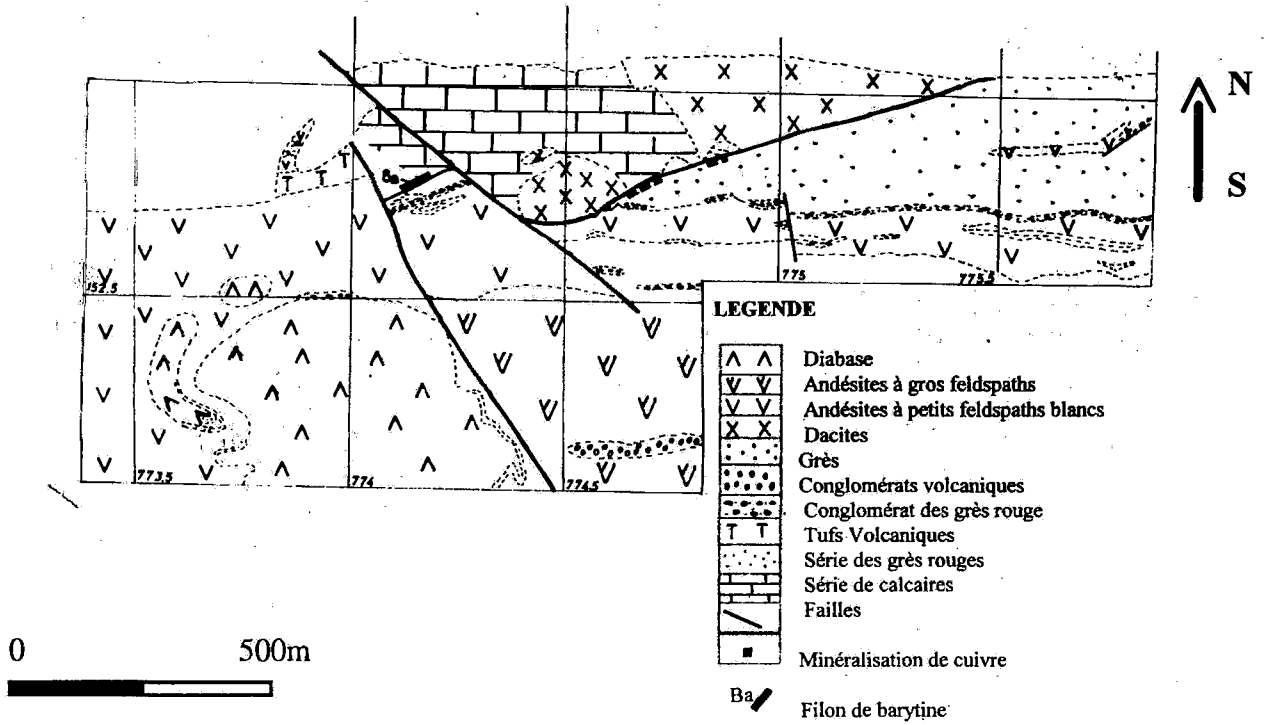
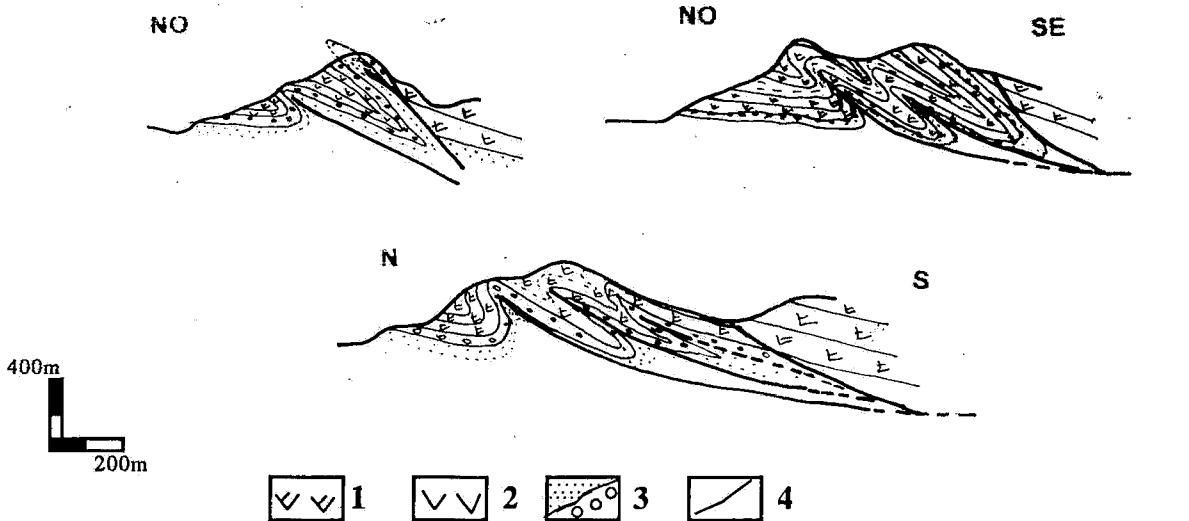


Fig. 10 - Carte géologique schématique du secteur 3 (Nord de Boukais)
Geological map of sector 3 (North of Boukais)



1 - Andésite à gros feldspaths; 2 - Andésite à petits feldspaths; 3 - Grès rouges et conglomérats; 4 - Accidents tectoniques

Fig. 11 - Coupes géologiques de la bordure nord du Massif de Boukais (Ouest du secteur 3)
Cross-sections of northern boarder of Boukais massif (West of sector 3)

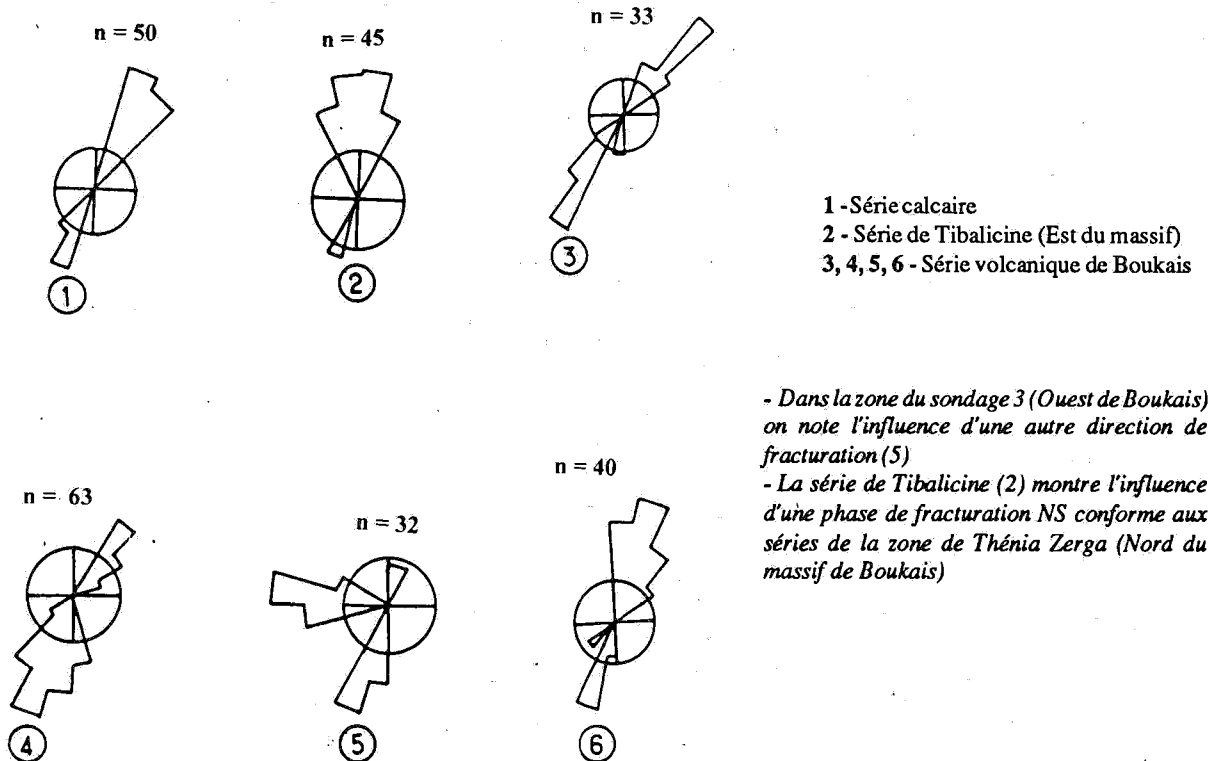


Fig. 12 - Directions de la fracturation des séries de Boukais

Fracturation trend of Boukais formations

- Série calcaire à éléments détritiques (200m) avec coulées d'andésites interstratifiées.

Une intrusion de roche magmatique à feldspath rose (dacite) a été décrite dans cette zone. Selon Meindre (1951), elle est vraisemblablement postérieure à l'ensemble. Le contact de la dacite avec la série calcaire est matérialisé par un léger métamorphisme de contact.

La série calcaire est plus ou moins détritique passant parfois à des grès et à des marnes. Dans cette zone, les calcaires sont silicifiés et accompagnés de pyrite et rarement de chalcopryrite.

Les andésites en coulées surmontant les grès rouges et les conglomérats ne contiennent pas de minéralisation dans cette zone.

La minéralisation dans ce secteur 3, sous forme de run, est associée à une faille sur une zone de 500m de long et 300m de large. Dans la série calcaire, on note plusieurs filonnets et imprégnations de pyrite, chalcopryrite et chalcosine. Cette minéralisation se trouve soit au mur de la faille, dans les grès rouges sous forme de chalcosine, soit dans les fissures et en imprégnations donnant des amas minéralisés dont le plus important a 250m de long, 100m de large et 1-10m de puissance avec des teneurs de 0,3 à 3,3% Cu et un maximum de 8% Cu.

Le niveau -15m a été exploré par des puits, une galerie et des recoups espacées de 20m, suivant la direction de la faille. A l'Est et à l'Ouest, de cette zone, les roches sont stériles. Des sondages réalisés au pas de 30m ont permis d'évaluer les ressources de ce secteur à 40000 tonnes de minerai à 2,4% Cu.

Dans le *sondage 2*, profond de 178,9m, il a été décrit de la pyrite (1^{ère} génération) et de la chalcopryrite à l'intérieur d'un phénocrystal de plagioclase. En surface la minéralisation est généralement associée aux faciès propylitisés: *Séricite, calcite, chlorite, épidote, quartz*. Les minéraux liés à cette phase d'altération sont représentés par la pyrite (2^{ème} génération), la galène et la chalcopryrite.

En surface, le minéral le plus abondant est représenté par la chalcosine. En un seul endroit situé au SW du massif, les faciès andésitiques complètement épidotisés (stade épidotite), montrent du cuivre natif remplissant de très fines cavités et fissures.

L'analyse microscopique indique que la mise en place de la pyrite de 1^{ère} génération est suivie par le dépôt de la magnétite et de l'ilménite. La pyrite de seconde génération, la chalcopryrite et la galène ne se sont déposées qu'après ce premier stade suivi par la martitisation de la magnétite et la leucoxénisation de l'ilménite. Tardivement, la déstabilisation des minéraux

primaires produit un ensemble de minéraux secondaires dont le plus important et le plus répandu sur le terrain est la chalcosine.

L'étude montre que la covelline s'est formée aux dépens de la chalcosine, et au contact de ces deux minéraux on signale la cuprite. L'attaque aux acides et l'analyse aux RX d'un échantillon présentant de la galène et de la chalcopryrite indique la présence de sulfures d'argent et d'arseniates de cuivre: *schabakite* ($Ag\ BiS_2$), *stromeyerite* ($CuS.AgS$), *matildite* ($Ag_2S.Bi_2S_3$) et l'*olivenite* ($As_2O_5.4CuO.H_2O$).

La présence de ces minéraux pourrait expliquer les teneurs en Bi, As, Ag dosées au laboratoire. Ce dernier élément donne sur certaines zones du massif volcanique des teneurs de l'ordre de 250g/t et exceptionnellement 1000g/t (NE de la partie centrale du massif).

Le cortège minéral décrit, après analyse d'échantillons, montre que l'on pourrait différencier plusieurs phases de minéralisation.

Succession paragénétique des minéralisations de Boukais

Minéraux	Phase-I (magmatique)	Phase- II (hydrothermale)	Phase Supergène
Pyrite I	-----		
Magnétite	-----		
Ilménite	-----		
Pyrite II		-----	
Chalcopryrite		-----	
Galène		-----	
Chalcosine I			-----
Chalcosine II			-----
Djarléite			-----
Covelline			-----
Cuprite			-----
Cuivre natif			-----
Stroméyèrite			-----
Schabakite			-----
Malachite			-----
Anglésite			-----
Cérusite			-----
Goethite			-----
hydrogoethite			-----
Jarosite			-----

Interprétation

En considérant les descriptions précédentes, les minéralisations se seraient mises en place comme suit :

- Le magma andésitique, mis en place à Boukais, est chargé d'une grande concentration d'oxygène et d'une faible concentration de soufre. Ceci a permis le dépôt de la magnétite, l'ilménite et de la pyrite de 1^{ère} génération (*1^{ère} phase minérale*). Un processus de transformation des oxydes en martite et en leucoxène s'en est suivi.

- Lors de la cristallisation du magma, un système hydrothermal s'est mis en place et la teneur en soufre a augmenté ; ce qui a permis le dépôt de la pyrite de seconde génération, de la chalcopryrite et la galène (*2^{ème} phase*). C'est à cette phase qu'est liée la métasomatose hydrothermale qui a propylitisé les différentes roches et a favorisé le lessivage de K_2O , Na_2O , MgO , FeO et Al_2O_3 et un enrichissement en CaO .

- Plus tard, l'altération supergène a favorisé la mise en place de tous les minéraux secondaires décrits et qui sont liés à des zones d'oxydes et de minéraux supergènes.

B - Minéralisation dans les formations terrigènes (Sondage 7) (fig. 6)

Cette série affleure en deux endroits de la bordure nord du massif : Zone du *sondage 7* et *secteur 3*. Dans les faciès argileux, argilo-carbonatés et arkosiques est décrite une minéralisation sulfurée assez variée : pyrite (2 générations), galène, tennantite, ennargite, stromeyerite, chalcosine, covelline.

La pyrite de première génération (*diagénétique*) est disséminée dans les lits et les lamines des argilites et marnes contenant de la matière organique qu'elle substitue. On note que 10-20% du volume est parfois pyritisé.

La pyrite de seconde génération est liée aux filonnets et veinules de calcite métasomatique dans lesquels les minéraux suivants ont été reconnus:

- 1 - galène liée à la pyrite de 2^{ème} génération;
- 2 - tennantite qui substitue la galène et/ou la pyrite. Dans certains cas, c'est la galène qui remplace la tennantite;
- 3 - stromeyerite qui remplace la pyrite;
- 4 - la bornite se trouvant en liserés autour de la chalcopryrite et en filonnets.

Dans les faciès arkosiques du fond du sondage 7, une dissémination de chalcopryrite et d'hématite liée à des zones d'altération des amphiboles, pyroxènes et biotites a été observée. On pourrait synthétiser la distribution de cette minéralisation comme suit:

- 1 - la pyrite de 1^{ère} génération, liée aux niveaux carbonatés et à matière organique est diagénétique (*1^{ère} phase*);
- 2 - la galène, la chalcopryrite et la tennantite se sont déposées au cours d'une phase hydrothermale (*2^{ème} phase*).

C - Minéralisation filonienne

Au Nord de la "barrière" trachytique du centre de la boutonnière de Boukais, on note une zone filonienne, de direction E-W, de 10-20m de largeur, dont le remplissage est à quartz et rarement à calcite. Les filons de quartz recoupent les andésites du massif volcanique. Au centre nord du massif, dans le secteur 3, on note aussi des filons de calcite et de barytine. La minéralisation métallifère hydrothermale est représentée par de la galène, sphalérite, cuivre gris, arsénopyrite, lollingite et hématite. La phase supergène est représentée par de l'hématite (*2^{ème} génération*), chalcosine, cérusite, covelline, malachite,

atacamite, jarosite, goethite et hydrogoethite. Le dépôt de jarosite et d'atacamite indique une zone à oxydes plus basse que la zone de terrains de couverture lessivés (Boyle, 1995).

La minéralisation filonienne de Boukais, très discrète, mise en place au Nord de la barrière trachytique est le témoin d'une phase hydrothermale qui s'est manifestée tardivement lors de la structuration du massif, après épanchement des dernières manifestations volcaniques acides.

COMPARAISON AVEC LA SÉRIE D'IMITER (ANTI-ATLAS, MAROC)

La série schisto-grauwackeuse d'Imiter portant la minéralisation d'argent et de mercure a un contact discordant avec la série tabulaire du PIII dont la partie inférieure renferme un conglomérat fluvial (Ouguir *et al.*, 1994).

La minéralisation est liée aux schistes noirs riches en matière organique situés au sommet de la série schisto-grauwackeuse attribuée à PII. Elle est représentée par des minéraux de cuivre, d'argent, d'argent-mercure (imitérite), pyrite (2^{ème} génération), chalcopryrite, cuivre-gris, argen-tite, imitérite... (Grappe, 1976; Leistel et Qadrouci, 1991; Guillou *et al.*, 1985) mis en place dans des filonnets de quartz et dolomite et dans des stockwerks. Les phases de minéralisation suivantes ont été décrites, par Leistel et Qadrouci, 1991):

- Phase de préconcentration dans les séries du P II;
- Phase de bréchification;
- Phase hydrothermale au cours du P III;
- Phase supergène.

Les minéralisations sont en général encaissées dans les faciès du P II et parfois de la base du PIII. Elles apparaissent aussi au contact

discordant du PII et PIII. La phase hydrothermale du PIII est responsable de la mise en place de la presque totalité du stock métal actuellement exploité à Imiter à raison de 120t d'argent métal et 15t de mercure par année (Leistel et Qadrouci, 1991).

Les caractères lithologiques et structuraux de la série calcaire affleurant dans la zone du sondage 7 indiquent que celle-ci est une entité différente des autres séries du massif volcanique de Boukais. Elle est affectée par une schistosité (S1) inclinée de 30 à 50° vers le Nord, tout comme la série volcano-sédimentaire de Thenia Zerga (Duée *et al.*, 1992).

Le sondage situé à 2km au Nord du S7 a recoupé une série pélitique légèrement carbonatée dont l'analyse de la carotte indique une polarité de série renversée.

La structure de la série du S7 indique qu'elle est en position normale, cependant l'analyse microscopique de certains échantillons de schistes montre des microplissements auxquels est liée une minéralisation à calcite et cuivre (chalcopryrite, tennantite...).

La position structurale de cette série, en contact faillé et parfois chevauchant (tectonique panafricaine) avec les autres séries du massif volcanique rappelle la position de la série d'Imiter.

A Imiter, sont différenciées quatre unités lithologiques :

- à dominante gréseuse;
- intermédiaire;
- à dominante pélitique,
- à pélites noires encaissant la minéralisation argentifère connue dans cette région.

A Boukais, les faciès recoupés par le sondage et leur agencement (fig.1, 2) rappellent la stratigra-

phie d'Imiter. Ici, les minéralisations sont liées aux faciès argileux et carbonatés noirâtres. Les structures en slumps reconnus dans les niveaux carbonatés de la série calcaire indiquent un milieu profond tout comme Imiter (Ouguiret *al.*, 1994). Tous ces paramètres font que l'on peut déduire ce qui suit :

1 - Les séries d'Imiter (Maroc) et terrigéno-carbonatée (ex série calcaire) affleurant aux environs du Sondage 7 (Boukais) encaissant les minéralisations de cuivre et d'argent sont semblables de par leur constitution et leur milieu de mise en place.

2 - Elles sont toutes les deux encaissées dans les dépôts qui seraient du même âge (Protérozoïque supérieur, PII).

3 - La configuration structurale de ces séries est identique. Elles sont renversées dans les deux zones qui appartiennent à un même domaine panafricain de l'Anti-Atlas.

Le tableau ci-dessous donne les principales ressemblances des séries des deux zones:

	Imiter	Boukais
Type de formation	4 séries de schistes avec partie supérieure minéralisée	Série des schistes versicolores à sommet minéralisé
Age des formations	P II	PII
Minéralisation	Cu - Ag - Hg	Cu - Ag
Association Géochimique	Ag, Hg, Co, Mo, As, Ni	Ag, As, Sn, (Hg)
Contrôle structural de la minéralisation	Faille d'Imiter et contact discordant PII-PIII	Faille N70-80°
Contrôle lithologique	Schistes noirs	Schistes noirs
Stades de mise en place de la minéralisation	-Préconcentration -Remobilisation (PII) -Phase hydrothermale PIII -Phase supergène	-Préconcentration -Remobilisation (PII)

CONCLUSION

Cette étude a permis de définir une succession lithostratigraphique de l'ensemble des séries protérozoïques de la région de Béchar. Un log lithostratigraphique synthétique du Protérozoïque de la région du Nord Béchar a été présenté pour la première fois. L'analyse a montré l'existence d'une tectonique tangentielle panafricaine sur la bordure nord du massif volcanique de Boukais par similitude avec ce qui est connu dans le Djebel Saghro (Maroc).

La position lithostratigraphique et structurale des différentes séries suggère une similitude avec ce qui est connu dans la région d'Imiter (Djebel Saghro, Anti-Atlas). Ainsi, la série calcaire pourrait être attribuée au Pr. II et la série andésitique au Pr. III.

La mise en place du magma andésitique a déclenché une circulation de solutions hydrothermales qui ont permis la mise en place des minéralisations de cuivre et d'argent.

Le massif volcanique de Boukais comporte plusieurs indices de Cu et Cu-Ag liés aux volcanites et à la série calcaire. Le Nord du massif affecté par une tectonique tangentielle laisse affleurer différents niveaux de la série calcaire semblables à ceux qui encaissent les minéralisations argentifères au Maroc.

Les minéralisations liées à des filons E-W renseigneraient sur une circulation tardive de solutions dans un massif en exhaussement jusqu'à la fin du Crétacé (Zerrouki, 1997).

Suite à tout ce qui a été développé dans cette note, ce travail pourrait constituer la base d'un programme de recherche des minéralisations à Cuivre et argent du type Imiter, dans cette boutonnière protérozoïque de Boukais.

BIBLIOGRAPHIE

- AL ANSARI, A. ET SAGON, J.P., 1997. Le gisement d'or de Tiout (Djebel Saghro, Anti-Atlas, Maroc), un système mésothermal polyphasé à sulfures-or et hématite-or dans une granodiorite potassique d'âge protérozoïque supérieur. *Chron. Rech. Min.*, N°527, 1997, pp. 3-25.
- BAREJA, J., 1986. Rapport intermédiaire des travaux de prospection de cuivre dans la structure de Boukais. *Rapport inédit EREM Béchar*.
- BOUSMAHA, M., 1991. Rapport de fin de mission sur les travaux de prospection du cuivre dans la structure de Boukais. *Rapport inédit EREM Béchar*.
- BOYLE, D. R., 1995. Gîtes supergènes de métaux communs et de métaux précieux. In Géologie et types de gîtes minéraux du Canada. *CGC, Géologie du Canada N°8*, pp. 104 à 119.
- BILLAUD, P., 1988. Recherche des gîtes cachés: cas du gisement de la palmeraie de Bléida (Anti-Atlas, Maroc) Industrie Minérale - Mines et Carrières - *Les Techniques*. Mars - Avril 1988, pp.132-138.
- DELEAU, P., 1951. Les bassins houillers du sud-oranais dans la région de Colomb-Béchar- Abadla. *Livre I Bull. Serv. de la Carte Géol. de l'Alg.*, N°20.
- DUDRESNAY, R., 1953. Sur les caractères d'un conglomérat situé à 4 km au Nord-Ouest du Monument Général Leclerc (confins algéro-marocains du Sud). *C. R. Somm. Soc. Géol. France* pp. 1432-1434.
- DUDRESNAY, R. ET HUPÉ, P., 1953. La série du Jebel Tibalicine (confins algéro - marocains du Sud). *C. R. Acad. Sc.*, 236, 10, pp.1061-1063.
- DUÉE, G., KAZI-TANI, N., ZERROUKI, A., BOUSMAHA, M., AIT-KACI, A., 1992. Les boutonnières panafricaines du Haut-Atlas algérien: Aspects structuraux et sédimentaires. *C. R. Acad. Sc. Paris, t 314 Série II*, pp. 1477-1484.
- GRAPPE, 1976. L'ancien gisement d'argent d'Imiter (Djebel Sarhro, Maroc). *Thèse de Doctorat d'ingénieur Université, Claude Bernard*. Lyon
- GUILLOU, MONTHEL, PILLARD, PROTAS, SAMAMA, J. C., 1985. L'Imitérite, Ag_2HgS_2 , nouvelle espèce minérale; propriétés et structure cristalline. *Bull. Minéral.* 108, pp.457-464.
- KAZI-TANI, N., 1986. Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine. Le domaine intraplaque nord algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse de Doct. Es-Sciences Université de Pau (France)*.
- Leblanc, M. et Lancelot, 1978. Interprétation géodynamique du domaine panafricain (Precambrien Terminal) de l'Anti-Atlas à partir de données géologiques et géodynamiques. *Can. J. Earth. Sci.* Vol. 17, pp. 142-154.
- LÉCOLLE, M., DERRE, C., RJIMATI, E., NERCI, K., AZZA, A., BENNANI, A., 1991. La distension et la tectonique biphasée du Panafricain de l'Anti-Atlas oriental: Dynamique de dépôt et de structuration du Précambrien II-2 et II-3 (Saghro-Maroc). *C. R. Acad. Sci. Paris, t 313, Série II*, pp. 1563-1568.
- LÉISTEL, J. M. ET QADROUCI, A. 1991. Le gisement argentifère d'Imiter (Protérozoïque Supérieur de l'Anti-Atlas): Contrôle des minéralisations; hypothèse génétique et perspectives pour l'exploitation. *Chron. Rech. Minière N° 502*, pp. 5 à 22.
- MEINDRE, M., 1955. Etude géologique du massif de Boukais. *Bulletin N°2, BRMA*.
- NEDJARI, A., 1991. Dynamique de remplissage littoral et continental Moscovo-Permien du bassin d'avant-fosse de Béchar (Algérie). *Thèse de Doctorat Es Sciences USTHB Alger*.
- OUGUIR, A., MACAUDIÈRE, J., DAGGALIER, G., QADROUCI, A, LEISTEL, J. M., 1994. Cadre structural du gîte Ag-Hg d'Imiter (Anti-Atlas, Maroc): Interprétation métallogénique. *Bull. Soc. Géol. France t 165, N°3*, pp. 233 - 248

LITHOSTRATIGRAPHIE DU PROTÉROZOÏQUE DE LA RÉGION DE BOUKAIS ET ÉTUDE DES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES

- PAREYN, C., 1961. Les massifs carbonifères du Sahara Sud-Oranais (Tome 1). *Editions du CNRS*.
- RJIMATI, E., DERRE, C., LÉCOLLE, M., NERCI, K., AZZA, A., BENNANI, A., 1992. Caractéristiques de la tectonique panafricaine dans le Djebel Saghro (Anti-Atlas). *Notes et mém. du Ser. Géol. Maroc* N°366, pp. 387-394.
- SUPPÉ, J., 1983. Geometry and kinematics of fault-bend-folding. *Ann. J. Sci.*, 283, pp. 648-721.
- ZERROUKI, A., 1993. Etude des affleurements du Pré-cambrien (PII) du Nord Béchar. *Bull. Ser. Géol. de l'Algérie*, Volume 4, N°2, pp. 89-97.
- ZERROUKI, A., 1997. Note préliminaire sur le Trias de Béchar (Sahara Nord - Occidental). In Bitam L. et Fabre J. (eds). Géodynamique du craton ouest africain central et oriental : héritage et évolution post-panafricains. *Mém. du Serv. Géol. de l'Alg.*, N°8, pp. 177-185.