

Le Westphalien continental de la région de Béchar (Algérie) Considérations sédimentologiques

Ferran COLOMBO* et Mustapha BENSALAH**

* Fac. Geologia, Universitat de Barcelona Pedralbes E-08071 Barcelona Espagne.

** Laboratoire de Géologie, Université de Tlemcen, BP 358 RP, Tlemcen 13 000, Algérie.

Résumé : L'étude sédimentologique a été menée sur les terrains carbonifères de l'Ouest - Sud - Ouest de l'Algérie, près de la localité de Béchar. La série correspond à des séquences argilo-gréseuses d'origine fluviale. La mise en évidence de petits niveaux marins et de minces passées de charbon suggère un milieu de dépôt estuarien où domine l'environnement fluvial avec de rares incursions marines. Les fossiles recueillis ont permis d'y attribuer un âge Westphalien C-D.

Abstract : The region of Bechar in the WSW part of Algeria is studied with special emphasis on the carboniferous materials. These are organised in fining-upwards sandstone sequences of fluvial origin and interbedded with lutitic materials of great thickness. The architectural distribution of the materials, together with the data from small marine limestone intercalations and the presence of small coal and brown-coal levels, suggests the deposition in a great restricted area with some marine influences. We have interpreted that the sedimentation takes place in an estuarine (sensu lato) environment and this evolves vertically to the great fluvial environment dominated by main sandstone channels. The fossil remains suggest a Westphalian C-D chronostratigraphic attribution.

Introduction

Les terrains étudiés sont très proches des localités de Kenadza et Abadla, aux environs de la ville de Béchar et font partie de l'ensemble houiller du Sud Oranais (fig. n°.1).

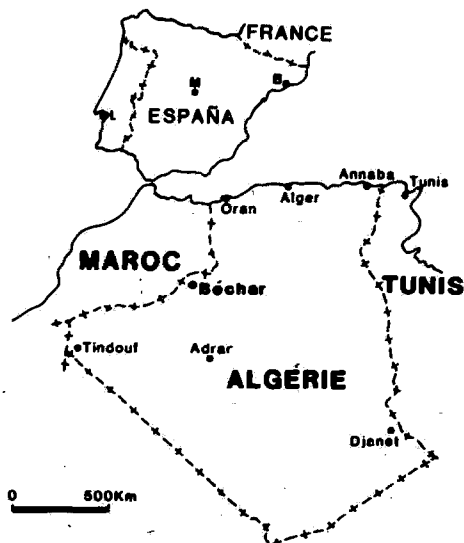


Fig. 1 - Situation générale des localités

Description

L'objectif principal de cette note est l'étude des sédiments continentaux déposés au Carbonifère dans la région de Béchar. Des coupes

stratigraphiques ont été levées dans le secteur du Djebel Akhal (région de Kenadza) et dans le secteur des anciennes mines de charbon de la région de Minounna (fig. n° 2).

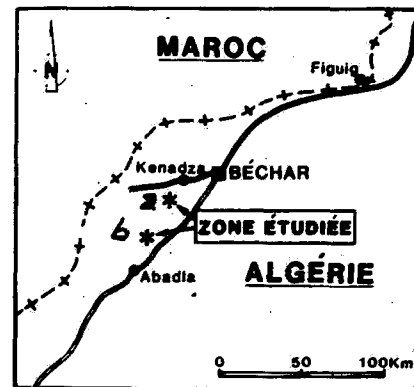


Fig. 2 - Localisation de la zone étudiée
a: Dj. Akhal, b: Minounna

Les dépôts sédimentaires affleurant dans ces régions, sont connus depuis les travaux de Deleau (1951, 1962). Des sédiments équivalents dans la région de Nekheïla (massif du Mézarif), localisés 50 km à l'Est du Djebel Béchar, ont été récemment étudiés par Nédjari (1982).

Les dépôts étudiés correspondent à des grès grossiers intercalés dans des matériaux pé-litiques. De petits niveaux de calcaires à débris de faune marine y sont présents. Localement il

y a des petits niveaux carbonatés à faune continentale. Il y a aussi prédominance de grès siliceux, dont les granulométries varient entre grès moyens et grès grossiers selon la classification de Wentworth. Parfois, on observe des niveaux de conglomérats à galets quartzitiques et des débris de végétaux flottés, associés dans de rares niveaux à des galets calcaires à débris de faune marine.

La région est bien connue par la présence des mines de charbon anciennement exploitées, qui montrent deux types principaux de niveaux charbonneux :

D'une part, ceux associés à des niveaux de grès et montrant une distribution en forme de lames feuilletées (fig. n° 3).

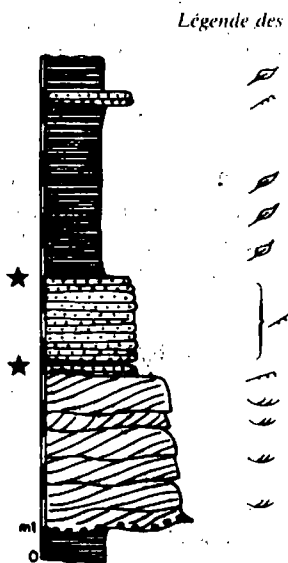


Fig. 3 - Exemples de séquences terrigènes avec niveaux de charbon transportés.

D'autre part, certains niveaux sont intercalés dans des pélites grises associées à des horizons de pélites marmorisées renfermant parfois des traces de racines (fig. n° 4).

La présence de *Lepidophyllum sp*; *Sphenophyllum sp*; *Calamites cf. suckowi* BRGT. *Neuropteris cf. rarinervis* BUNB et *Pecopteris sp*, dans les pélites de la mine de Minounna, suggère un âge westphalien C-D pour les matériaux étudiés. Il convient de signaler que Deleau (1951) d'une part, et Jongmans et Deleau (1951) d'autre part y ont attribué le même âge.

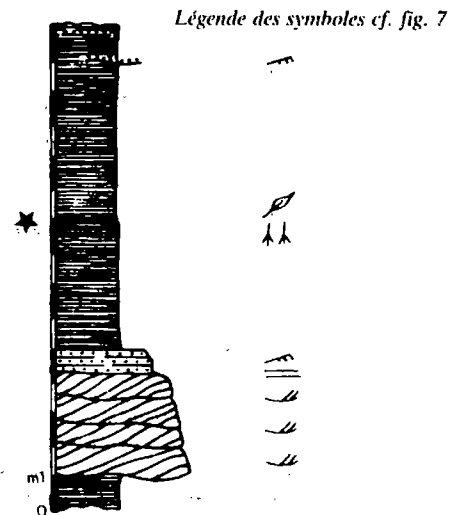


Fig. 4 - Exemple de gisement de charbon «IN SITU»

Sédimentologie

Les stratifications entrecroisées (*cross bedding*) de très grande taille ainsi que les différents types de figures de sédimentation (*bed forms*) que montrent les niveaux gréseux, indiquent un transport des matériaux sableux par des flux aqueux très turbulents. Les principaux dépôts gréseux, de puissance individuelle comprise entre 5 et 10 mètres, montrent des structures en lenticules à grande échelle. L'ensemble des caractères décrits, ainsi que la distribution générale des niveaux gréseux lenticulaires intercalés dans les pélites, suggèrent des chenaux excavés dans des matériaux pélitiques. Les niveaux gréseux s'ordonnent en séquences verticales à tendance positive, avec une décroissance de la granulométrie et de la puissance des figures de sédimentation vers le sommet des séquences. Localement, on peut observer des niveaux stratiformes à tendance séquentielle inverse, avec accroissement des figures de sédimentation vers le sommet des séquences où l'on peut observer des structures sédimentaires de très grande énergie, telles que les *plane beds* et les *parting lineation* de haut régime hydraulique; celles-ci plaident en faveur d'une croissance d'énergie vers la partie sommitale. En effet, nous pensons qu'il s'agit d'une sédimentation ayant commencé par un dépôt principal en chenaux fluviaux (fig. n° 5) avec quelques épisodes de débordement rapide (*crevasse*) très rapidement ralentis (fig. n° 6) et intercalés dans une sédimentation vaseuse très importante.

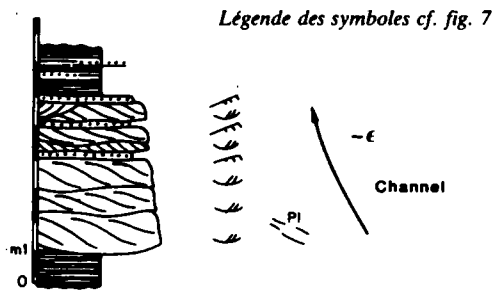


Fig. 5 - Séquence de chenal fluviatile

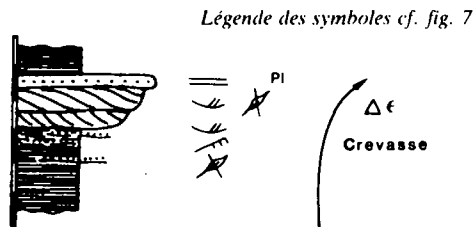


Fig. 6 - Séquence d'épisodes de débordement (crevasse)

Les palécourants (fig. n° 7) indiquent dans toute la coupe synthétique, un apport en direction de l'Est et du Nord Est, (en direction de Ben Zireg et d'Aïn Sefra). Le milieu sédimentaire général correspondait à une plateforme marquée par une grande sédimentation de pélites et d'important chenaux fluviatiles avec quelques débordements très sporadiques, et plus fréquents dans la partie inférieure de la série. C'est dans ces vasières qu'ont eu lieu de petites incursions marines ayant favorisé le développement d'accumulations de débris de faune marine, sous forme de petits niveaux carbonatés. Ceci suggère la proximité de l'influence marine notamment dans les niveaux inférieurs. Autrement dit, ceci conduit à penser à une plateforme continentale proche de la mer ayant joué comme une zone estuarienne «sensu lato» dans laquelle se seraient accumulés des restes de faune marine et intercalés dans la série. Les niveaux moyens de la série montrent des intercalations carbonatées à faune de gastropodes continentaux suggérant l'existence de petites lagunes d'eau douce développées dans des zones protégées du milieu estuarien. Dans les mêmes niveaux, certaines intercalations de matière organique évoquent la présence de lagunes à végétation développée dans un milieu de faible énergie. Ces lagunes ont probablement

occupé des zones exposées à l'action de la végétation et où ont été mis en évidence différentes structures pédologiques. Dans d'autres secteurs ces sédiments charbonneux sont remaniés et accumulés après avoir subi un transport dans des chenaux fluviatiles.

Conclusions:

Les coupes lithostratigraphiques étudiées, indiquent une sédimentation générale débutant par le dépôt de sables transportés par d'importants cours d'eau (à grande capacité de transport) dans une zone où prédomine le dépôt de vases et où les influences marines sont très sporadiques. Cette sédimentation se serait faite dans un milieu estuarien s.l. qui a progressivement évolué vers un milieu continental avec développement de petites lagunes :

- certains sont d'eau douce et à sédimentation carbonatée.
- d'autres à importante sédimentation de matière organique sous forme de charbon.

Toute cette sédimentation aurait eu lieu pendant la période comprise entre le Westphalien C et le Westphalien D. Dès lors, les différences de vitesse de la subsidence, largement conditionnée par la tectonique régionale, se manifestent par la présence de niveaux charbonneux très évidents localement. La présence de galets de calcaires marins dans les niveaux grésos-conglomératiques indiquerait un certain rajeunissement tectonique de l'aire de sédimentation. Le tout est en parfait accord avec l'importance croissante des niveaux fluviatiles vers le sommet de la série étudiée.

Références

- Deleau, P. 1951. Les bassins houillers du Sud Oranais dans la région de Colomb-Béchar - Abadla. Livre I: stratigraphie, sédimentation, paléogéographie. *Bull. Serv. Cart. géol. Algérie*, Série II, 20, 277.
- Jongmans, W.J. & Deleau, P. 1951. Les bassins houillers du Sud Oranais. Livre II: contribution à l'étude paléontologique. *Bull. Serv. Cart. géol. Algérie*, Série I, 13, 77.
- Nedjari, A. 1981. Les formations permo-carbonifères du bassin de Mézarif-Nekheila (Sud-Ouest Oranais, Algérie). *Bull. Serv. Cart. géol. Algérie*, Algérie. Nouv. Ser. 49, 118.

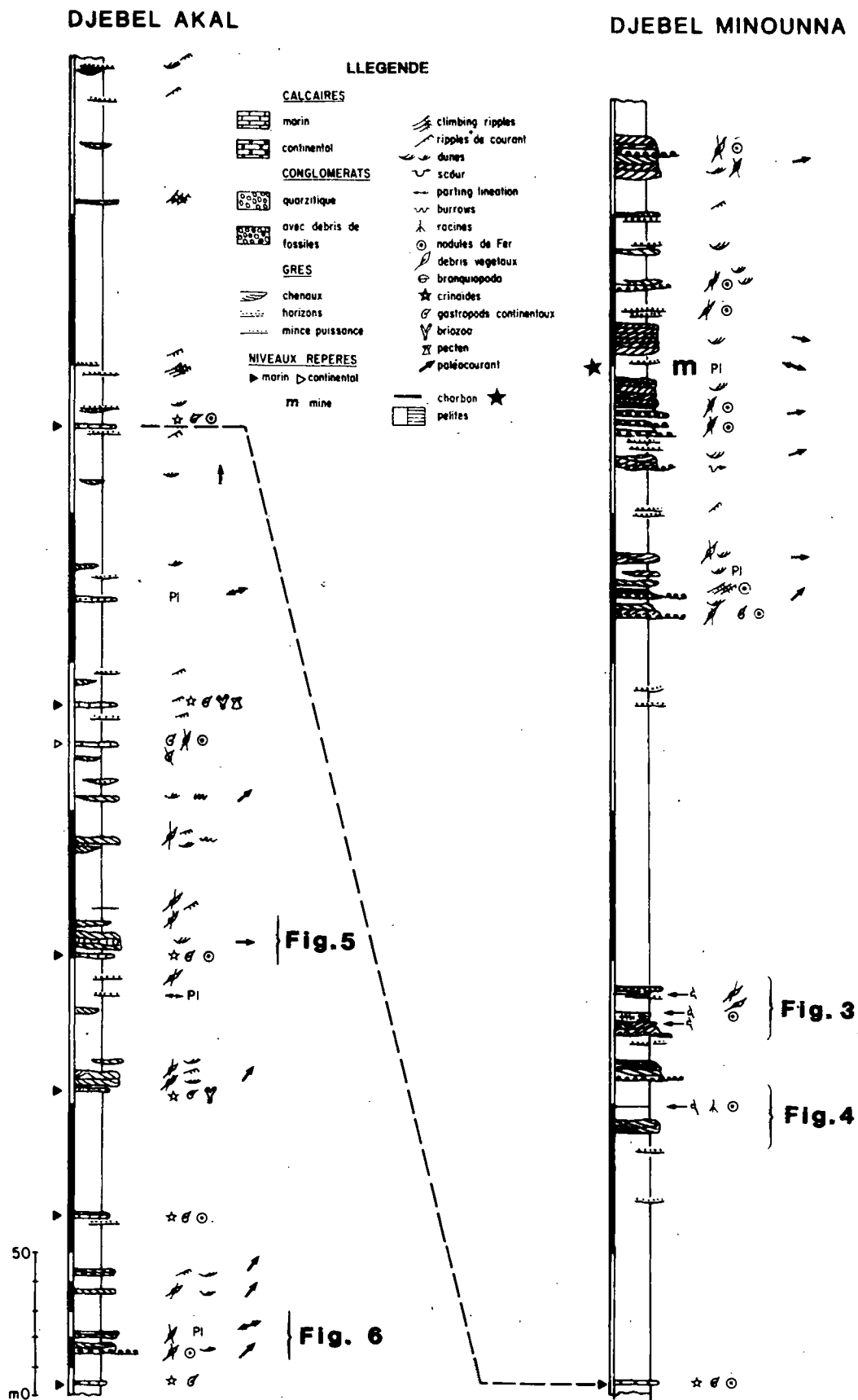


Fig. 7 - Corrélation générale des coupes lithostratigraphiques des aires du Djebel Akal et du Djebel Minounna

Permanence géochimique, héritages et remobilisations Exemple du socle de l'Edough et de son pourtour régional

Djamel - Eddine AÏSSA*, et Abdelhak TALBI*.

* U.S.T.H.B. -Dépt. géologie appliquée - BP 32 - Bab-Ezzouar 16 111 - ALGER.

Résumé : Le massif de l'Edough (Annaba, N-E, Algérie) est constitué d'un socle métamorphique polycyclique à caractère africain d'âge précambrien recouvert par une couverture méso à épimétamorphique; elle-même recouverte par des nappes de flyschs.

Dans le socle métamorphique, on note des remobilisations sous forme de skarns de diffusion faiblement minéralisés en As, Cu, Pb, Zn, Sn, Sb, W, F, Ag ou de veinules d'origine hydrothermale minéralisées en antimoine.

Dans la couverture épimétamorphique du socle, des remobilisations en As, Sb, Fe, Cu, Ag, Zn, sous forme de métasomatites de diffusion sont fréquemment rencontrées, alors que dans la couverture allochtone, des circuits convectifs hydrothermaux ont provoqué des remobilisations sous forme d'importants filons de quartz polymétalliques (Cu, Pb, Zn, Fe, As, Sb, Bi, F, Ag).

Dans les formations sédimentaires situées sur tout le pourtour régional du massif de l'Edough ont eu lieu des remobilisations exprimées sous forme de corps minéralisés en Cu, Pb, Zn, As, Sb, Al, Ag, F, encaissés surtout dans des séries carbonatées récifales d'âge aptien ou dans des séries néritiques carbonatées d'âge sénonien. Ces minéralisations se développent à proximité d'accidents profonds, d'extrusions triasiques, de sources thermominérales ou dans des paléosurfaces d'érosion et de karstification.

Abstract : The Edough mountain (Annaba, NE Algeria) is a polycyclical basement of African affinity from the precambrian age, coated by a meso to epimetamorphic cover. This cover lies under layers of flyschs.

In the metamorphic basement, we can observe mobilisations of As, Cu, Pb, Zn, Sn, W in the form of diffusion skarns; or Sb in the form of hydrothermal veinlets.

In the epimetamorphic cover, we can often find mobilisations of As, Sb, Fe, Cu, Ag, Zn in the form of scattering metasomatism; whereas in the allochthonous cover hydrothermal convective circuits have caused mobilisations in the form of important polymetallic veins.

In the sedimentary formations located all around the Edough massif, we can observe mobilisations in the form of mineralized bodies know as Cu, Pb, Zn, As, Al, Ag, F especially boxed in series of carbonates reefs of Aptian age, or in neritic series of Senonian age. Further these mineralisations develop near deep fault, triassic extrusions, thermal springs, or in paleoerosional surfaces and paleokarst.

INTRODUCTION

L'étude des minéralisations et des anomalies géochimiques du socle métamorphique de l'Edough et des séries sédimentaires situées dans son pourtour régional, a permis de mettre en évidence des affinités et des remobilisations.

I - CADRE GEOLOGIQUE DU SOCLE DE L'EDOUGH ET DES SERIES SEDIMENTAIRES MERIDIONALES

Parmi les massifs cristallins du littoral algérien, l'Edough (Annaba) correspond au témoin le plus oriental. Ce massif est représenté par: (figure 2) (Aïssa, 1985)

- un socle métamorphique polycyclique à caractère africain d'âge précambrien constitué par des gneiss migmatiques, gneiss rubanés à deux micas, orthogneiss ocellés, micaschistes, leptynites, pyroxénites, amphibolites, marbres, quartzites, leucogranites, aplo-pegmatites;

- une couverture épimétamorphique constituée par des séricitoschistes, chloritoschistes, calschistes, micaschistes, orthoamphibolites, serpentinites, leptynites, marbres, quartzites (Hilly, 1962);

- une couverture non métamorphique constituée par de rares affleurements de calcaires telliens d'âge jurassique (Vila, 1970);

- une couverture constituée par des nappes de flyschs nummidiens quartzeux d'âge oligomiocène et des flyschs massyliens grésopélimitiques d'âge sénonien (Marignac, 1985);

- postérieurement à toutes les formations lithologiques, on rencontre au Nord du massif, des microgranites et des rhyolites (Hilly, 1962).

Les extensions de ce massif ne sont pas bien connues car il est brusquement interrompu par des bassins d'effondrement. Cependant, ce massif se continuerait à l'Est sur une grande distance sous les sables et alluvions quaternaires. En effet, à une cinquantaine de kilomètres à l'Est de ce massif, au Cap Rosa, un sondage mécanique a pu mettre en évidence à une profondeur de trente mètres, la présence d'un banc de cipolin riche en grenats et micas, semblable au type rencontré dans l'Edough (Lambert, 1946).

Au Sud, des études gravimétriques (La-grula, 1951) ont mis en évidence la présence d'un socle cristallin à des profondeurs relativement faibles sous les séries sédimentaires mésozoïques et cénozoïques (figure 1). En outre, les forages et sondages pétroliers profonds exécutés par la SONATRACH dans les régions de Aïn M'lila et Khenchela, lors de la dernière décennie ont rencontré le socle à des profondeurs de l'ordre de 1 500 m à 2 000 m. Néanmoins, un problème reste posé : ce socle rencontré sous les formations sédimentaires serait-il une continuation du massif de l'Edough ? étant donné que ce dernier est externe (africain).

En fait, les séries sédimentaires qui nous intéressent dans le cadre de ce travail affleurent dans les régions de Guelma, Souk-Ahras, Ouenza et Khenchela (fig. 1).

La région de Guelma fait partie du «môle néritique constantinois» et présente des terrains d'âge jurassique et crétacé recouverts par des formations allochtones (unités telliennes) (Vila, 1980).

Les formations autochtones d'âge crétacé, essentiellement carbonatées, correspondent à des dépôts de plateforme interne, parfois confinés.

Enfin ces massifs néritiques sont limités au Sud par une grande faille E-W, jalonnée par des andésites shoshonitiques au Kef Hahouner (Vila, 1980) (fig. 1).

La région de Souk-Ahras est surtout caractérisée par un développement extraordinaire d'un diapirisme gypso-salin (figure 1) affleurant essentiellement au sein de séries crétacées et cénozoïques.

De même que ce diapirisme est intensément développé dans la région de l'Ouenza (Ouenza, Bou Khadra, Mesloula). Ce diapirisme crevant les charnières des anticlinaux, va jusqu'à renverser totalement les séries sédimentaires du Crétacé moyen-inférieur constituées surtout par des formations récifales. Dans ces régions, le diapirisme des séries gypso-salines d'âge triasique a commencé son ascension à partir du Jurassique supérieur, et est passé deux phases paroxymales l'une au Crétacé moyen, l'autre à l'Eocène (Dubourdieu, 1956).

Dans la région de Khenchela (figure 1), affleurent aussi des formations d'âge crétacé percées localement par de petits diapirs triasiques.

En outre, il importe de noter que ces régions sont le siège d'accidents tectoniques profonds et de sources thermominérales très nombreuses (figure 1).

En effet, les sources thermominérales de l'Est algérien (H. Dib, comm. orale) sont d'une manière générale chlorurées, sodiques, sulfatées et arsénicales. Elles renferment en outre des teneurs importantes en F, Li, S, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Ba, Cd, B, N, Ag (A. Isaadi, Thèse en cours sur les sources thermominérales).

La température de l'eau (H. Dib) varie de 20° à 98°C selon les sources. Cette dernière température mesurée à Hammam Meskoutine (Guelma, figure 1), peut atteindre 107°C; notons qu'elle aurait pu être nettement plus élevée si ce n'étaient les dégagements de gaz carbonique et d'hydrogène sulfuré qui empruntent et dissipent une grande part de la chaleur.

Conclusion

D'après ces données, on remarque, que mis à part le Sn, W, Mo (qui n'ont pas été dosés ici), ces sources renferment la même association d'éléments métalliques qu'on rencontre non seulement dans toutes les formations du socle de l'Edough, mais aussi en trace dans les formations néritiques crétacées de l'Est algérien.

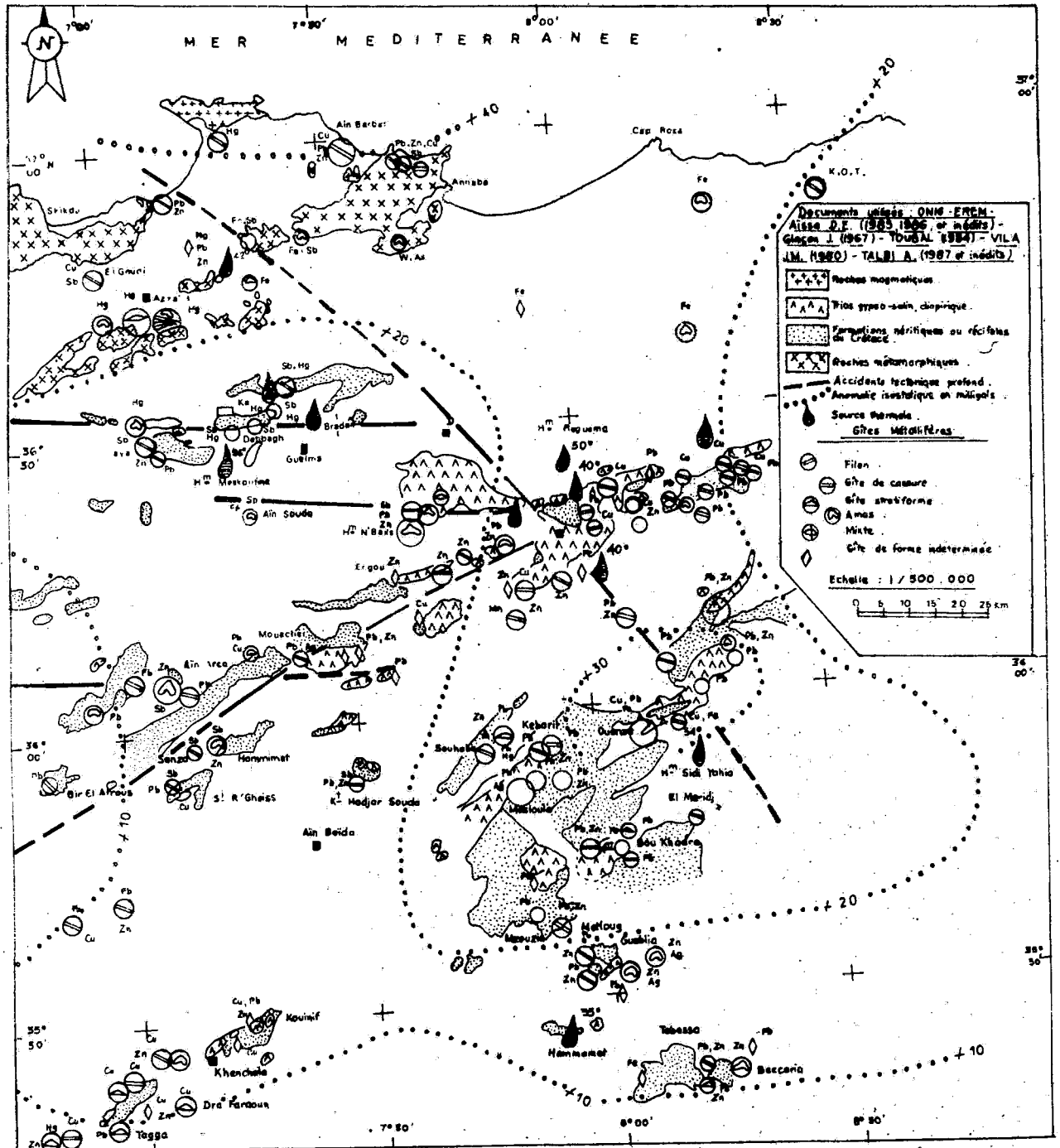


Fig. 1 - Les principaux métallotectes dans le NE algérien.

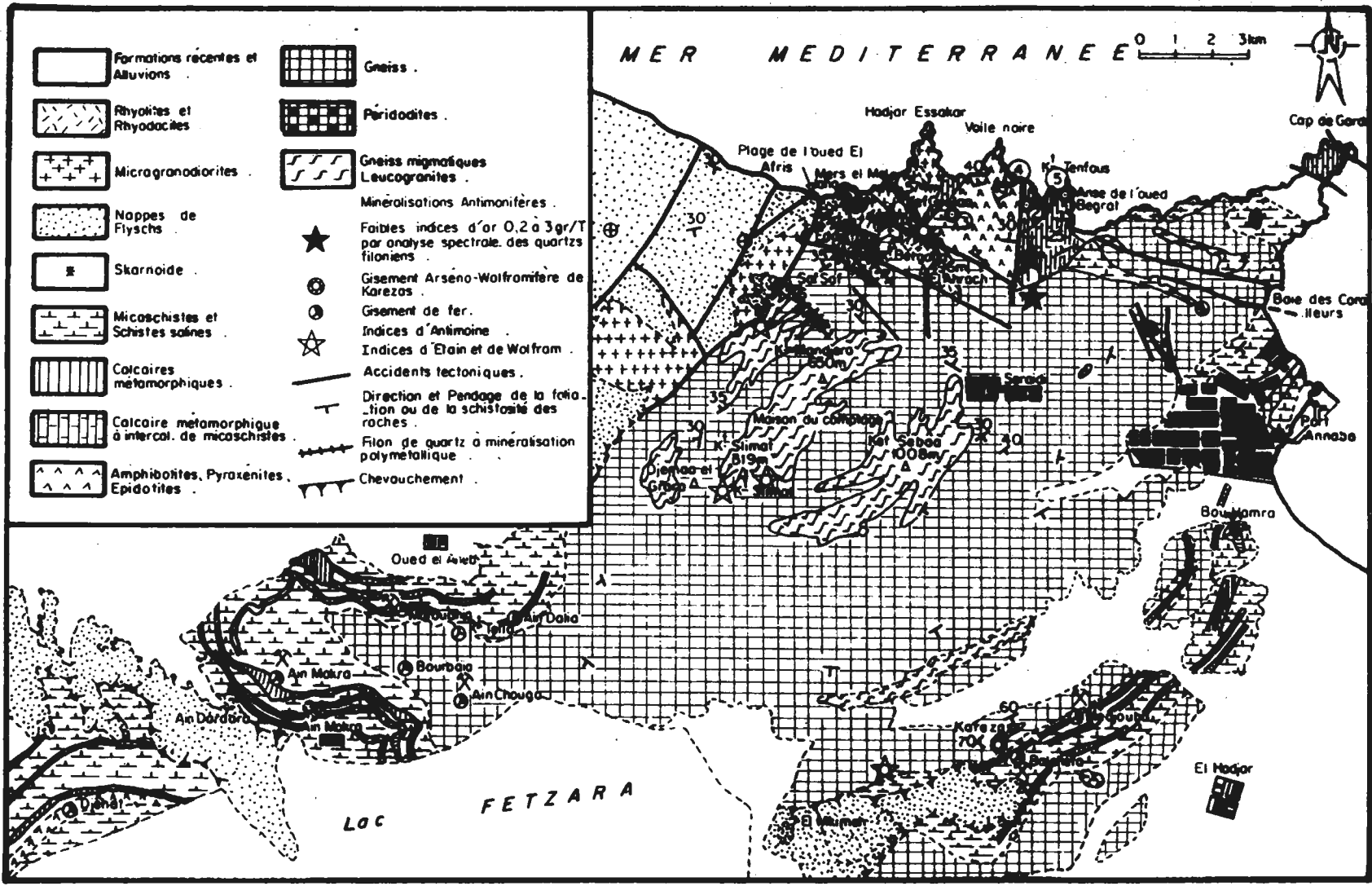


Fig. 2 - Les gîtes et indices métallifères du massif de l'Edough dans leur contexte géologique.

II - MINERALISATIONS DANS LE SOCLE DE L'EDOUGH

Dans le socle métamorphique de l'Edough, on rencontre divers gisements et indices métallifères.

1 - Minéralisations pyrométasomatiques du Bouzizi

Dans la partie centrale du massif, au Bouzizi (figure 2) existent des minéralisations de type «skarn de diffusion» se présentant sous forme de minces couches et lentilles stratiformes dans des embréchites et micaschistes, au voisinage de niveaux de marbres ou amphibolites. Les principaux minéraux rencontrés sont : magnétite, arsénopyrite, löllingite, pyrite, pyrrhotite, chalcoppyrite et rares micrograins de scheelite, (cassitérite ?) dans une gangue constituée par quartz, calcite, sidérite, fluorite, grenats, amphiboles, pyroxènes, épidotes, sphène.

La géochimie des corps minéralisés révèle des teneurs importantes en Sb (50 à 700 ppm); Zn (50 à 3 000 ppm); Cu (50 à 3 000 ppm); Sn (30 à 4 000 ppm, exceptionnellement 4 %), Ag (30 à 5 000 ppm) (EREM, 1985).

Notons que des veinules millimétriques de stibine recoupent localement ces pyrométasomatites.

Les embréchites et gneiss oeilés de toute la zone du Bouzizi renferment également des teneurs anormales en Sb (30 ppm en moyenne), W (15 ppm), As (60 ppm), Ag (3 000 ppm), Cu (500 ppm), Zn (100 ppm), Pb (150 ppm), Ni (100 ppm), V (500 ppm), Co (10 ppm), Cr (10 ppm) (EREM, 1985).

L'étude de la distribution verticale des éléments métalliques dans les sondages EREM (le sondage 52 est pris comme exemple) a nettement montré que le W, Sb, As ont été remobilisés à partir des embréchites et redéposés dans les pyrométasomatites de diffusion (gneiss à silicates calciques) (figures 3, 4, 5). Des résultats similaires, mais moins nets, ont été obtenus pour le Pb, Zn et Cu.

Dans le gisement skarnien de Karezas : W - As - Cu (Sud du massif, figure 1) on ne peut pas encore se prononcer pour une quelconque remobilisation, bien que les gneiss aux alentours renferment des teneurs anormales en W (30

ppm), As (600 ppm), Cr (300 ppm), Pb (40 ppm), F (1 500 ppm); Ni (40 ppm), Co (8 ppm), Cu (40 ppm).

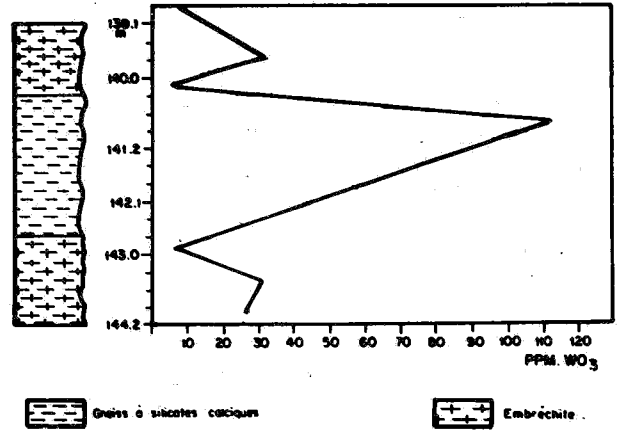


Fig. 3 - Distribution verticale du Tungstène. Intervalle 139.1 à 144.2 m du sondage S2 (Bouzizi)

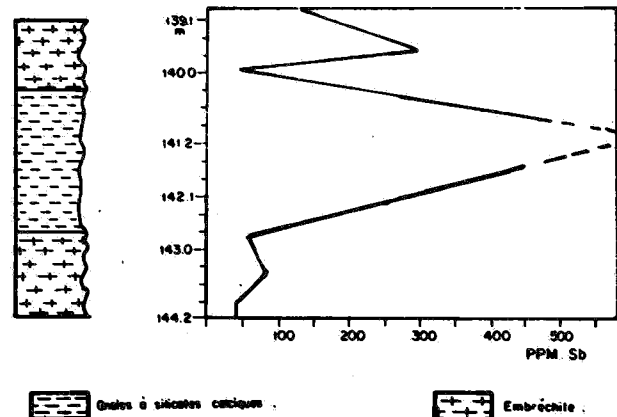


Fig. 4 - Distribution verticale de l'antimoine. Intervalle 139.1 à 144.2 m du sondage S2 (Bouzizi)

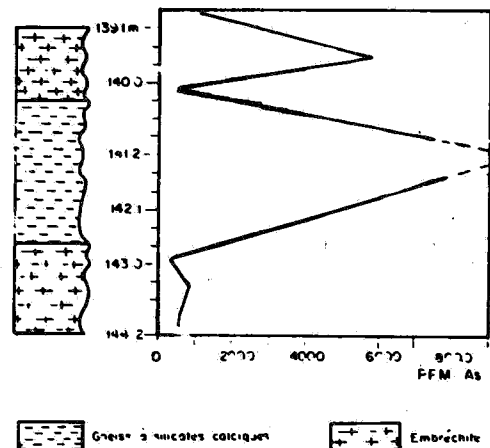


Fig. 5 - Distribution verticale de l'arsenic. Intervalle 139.1 à 144.2 m du sondage S2

2 - Les filons polymétalliques du socle

Dans les roches du socle métamorphique (micaschistes, gneiss), on note un développement remarquable de filons polymétalliques subverticaux (extension horizontale : 0,5 à 2,5 m; puissance : 10 à 120 cm), constitués par chalcoppyrite, sphalérite, arsénopyrite, pyrite, bismuthinite, quartz, fluorite et renfermant des teneurs assez élevées en Ag, Sb, As, Co, Ni, Sn, W.

La minéralisation est uniquement concentrée sur les épontes des filons alors que la partie centrale (puissance 50 à 100 cm) est constituée uniquement par du quartz drusique. De plus, on constate que ces filons deviennent stériles lorsqu'ils passent dans les microgranites (figure 2). Ceci indique qu'il existe un contrôle lithologique d'une part, et que le magmatisme miocène dans cette région n'est pas porteur de minéralisation d'autre part.

En outre, on rencontre des filons stratiformes dans le socle, ayant la même composition minéralogique que les filons subverticaux.

3 - Minéralisations antimonifères dans la couverture épimétamorphique

Les minéralisations antimonifères, situées dans la partie N-E du massif (figure 2), sont en relation avec des fractures et cavités de dissolution affectant une série de schistes à minéraux, marbres et amphibolites. Les corps minéralisés se présentent sous forme de filons, filons à renflements, lentilles, nids, stockwerk, d'extension horizontale 20 à 30 m, de puissance semi-métrique et d'extension verticale inconnue.

La minéralisation est constituée essentiellement : stibine, berthiérite, füloppite, stephanite, zinkénite, pyrite, chalcoppyrite, galène, sphalérite, krennérite, freibergite, calcédoine, opale, quartz.

En fait, il s'agit de corps métasomatiques siliceux développés sur des marbres, schistes micacés et amphibolites.

Cette métasomatose, qui possède une grande extension (20 à 100 m) au delà des roches encaissantes, est due à des circulations de fluides hydrothermaux en relation avec le volcanisme miocène.

Il importe de noter que les corps minéralisés sont très riches lorsqu'ils sont encaissés dans la série des schistes satinés à intercalations de marbres; moyennement riches à pauvres dans les amphibolites et pratiquement stériles dans les gneiss où on rencontre des filons métriques constitués uniquement par du quartz et de la calcédoine avec de très rares grains de stibine.

Ce contrôle lithologique et la grande extension de la métasomatose dans les roches encaissantes, font penser à des lessivages de l'antimoine en trace dans les roches encaissantes par les fluides et sa reprécipitation dans des fractures et cavités de dissolution.

Etant donné que l'utilisation de la géochimie pour mettre en évidence une remobilisation de l'antimoine est assez délicate (difficulté de différencier les auréoles de dispersion primaire, des zonalités dans le lessivage), on se basera surtout sur les caractères minéralogiques :

- des stibines étudiées à la microsonde électronique (coupes transversales et longitudinales) ont montré que le coeur de ces minéraux est occupé par de la pyrite indemne de toute oxydation, auréolée d'une zone d'oxyde d'antimoine constituant le terme de passage au corps de la stibine (Figure 6);

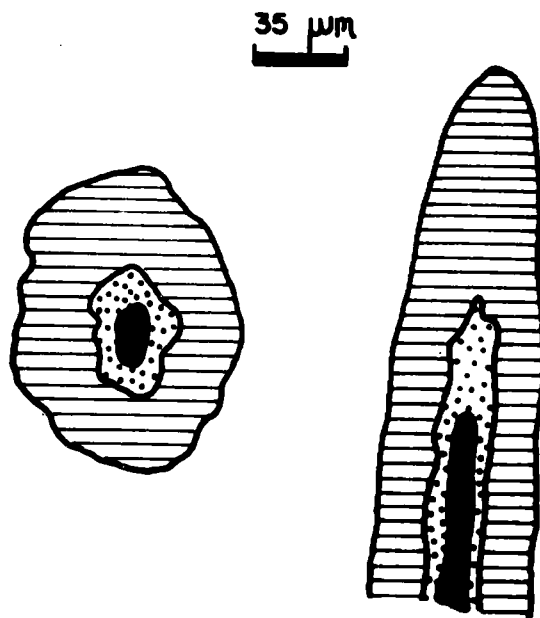


Fig. 6 - Coupes transversales et longitudinales d'une stibine à la microsonde électronique Indice de Kébira) (Observation faite avec Ch. Murignac)

- en outre, toutes les stibines rencontrées présentent des anomalies par rapport aux propriétés de l'espèce : pouvoir réflecteur, pléochroïsme et anisotropie faible, microduretés (et dureté) élevées (microduretés de VICKERS de l'ordre de 164 kg/mm², à comparer avec une valeur étalon de 148 kg/mm² pour la stibine);

- les cristaux d'arsénopyrite sont automorphes et toujours creux;

- la gangue est constituée par une alternance de calcédonite et quartzine sphérolitiques qui peut localement recristalliser en quartz;

- l'étude à la M.S.E. a montré que toutes les stibines sont anormalement riches en As; les arsénopyrites et pyrites anormalement riches en Sb;

- des fantômes de biotite sont fréquemment associés à la calcédoine et à la stibine, et on note également une intercroissance assez fine entre stibine, calcédoine, produits argileux, ferriqueux et reliques de biotite.

Par ailleurs, à Bou Maïza (S-W du massif) des métasomatites siliceuses riches en minéraux antimonifères se développent dans la zone de contact schistes satinés - amphibolites, alors que les skarns qui se développent dans les zones de contact marbres-gneiss sont totalement stériles.

4 - Minéralisations dans la couverture allochtone

Le gisement de cuivre de Aïn Barbar (Marignac, 1985) et l'indice d'El Mellaha sont encaissés dans la couverture allochtone recoupée par des dykes de microgranites et rhyolites d'âge langhien (Marignac *et al.*, 1983).

Les 17 filons subverticaux du gisement de Aïn Barbar sont constitués de chalcoppyrite, sphalérite, galène, arsénopyrite antimonifère, sulfures de bismuth, quartz, chlorite, épidote, adulaire, zéolites, fluorite. Ces riches filons encaissés dans le flysch sénonien meurent dès qu'ils pénètrent dans le flysch numidien (Marignac, 1983).

Le flysch sénonien est affecté d'un métamorphisme hydrothermal dont les minéraux index (wairakite, épidote, amphibole et clinopyroxène calciques) sont ceux des métamorphismes de très basse pression typiques des aires géothermiques à haute énergie actuelles, et permettent

de caractériser la région d'Aïn Barbar comme un champ paléogéothermique.

Ce champ, scellé par la couverture imperméable du Numidien, avait pour aquifère le flysch crétaé et sans doute le socle gneissique sous-jacent; les failles qui localisent les filons y jouaient le rôle de drains préférentiels pour les circulations convectives, ce qui se reflète dans la disposition spatiale des altérations hydrothermales (Marignac, 1983, 1985).

Des transferts de matière ont lieu dans tout le réservoir; il apparaît notamment que les parties profondes de l'aquifère sont une source potentielle pour les éléments concentrés dans les dispositifs filoniens, et en particulier les métaux de base, qui semblent vigoureusement lessivés dans les cornéennes du Djebel Chaïba; une contribution des gneiss de l'Edough est également probable; une origine magmatique des métaux ne peut en revanche être prouvée, et demeure en tout état de cause peu vraisemblable.

Les filons d'Aïn Barbar représenteraient donc un exemple démonstratif de minéralisations liées au drainage d'éléments dispersés dans l'encasement d'un système géothermique au cours de son fonctionnement (Marignac, 1985).

Par ailleurs, les deux filons affleurement à Mellaha sont en tous points semblables à ceux d'Aïn Barbar (Aïssa, 1985).

5 - Conclusion

Les roches les plus anciennes du socle de l'Edough, embréchites, gneiss ocellés et gneiss à deux micas, renferment des teneurs anormales en Sn, W, Sd, As, F, Pb, Zn, Cu, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, qui peuvent être remobilisés par des fluides sous forme de pyrométasomatites de diffusion, de filons ou de veinules.

Les formations de la couverture épimétamorphique présentent une anomalie en ces mêmes éléments; cependant, c'est surtout l'antimoine, l'arsenic, le fer et l'argent qui ont été intensément remobilisés, car les fluides ayant circulé dans ces zones sont de basse température.

Dans la couverture allochtone, les fluides auraient, en plus du lessivage des éléments contenus dans les flyschs, remonté l'anomalie du socle (Marignac, 1985).

Enfin, le magmatisme miocène a joué rôle de moteur thermique ayant mis en circulation d'importantes quantités de fluides qui ont concouru aux diverses remobilisations d'éléments métalliques en traces.

III - MINÉRALISATIONS DANS LES SÉRIES SÉDIMENTAIRES DU SUD DE L'EDOUGH

Les gisements et indices métallifères rencontrés dans les séries sédimentaires du Sud de l'Edough (figure 1) sont concentrés dans des localités précises; alors que de très vastes étendues en sont dénuées.

1 - Minéralisations de la région de Guelma

Tout d'abord dans le Djebel Taya (figure 1), on rencontre des minéralisations à Sb, As, Pb, Zn, Hg dans les calcaires néritiques du Crétacé moyen et supérieur. Ces minéralisations se présentent sous forme d'amas et veinules consti-

tués essentiellement de : stibine, orpiment, réalgar, cinabre, sphalérite, galène, baryte et quartz.

Elles sont interprétées (Toubal, 1984) comme étant des remplissages de cavités karstiques encaissées dans les carbonates néritiques du Crétacé et scellées par une couverture sénonienne transgressive. L'origine des métaux résulterait d'un héritage issu de l'altération d'un socle de type Edough qui était affleurant au Crétacé (Y. Fuchs, comm. person. et Toubal, 1984).

Des minéralisations identiques sont rencontrées à Koudiet Bou Diar (Debbagh Est), Hammam Ouled Ali et Hammam Berda (fig. 1).

Dans le djebel Debbagh (Talbi, 1987) (figure 1), existent 74 poches karstiques (diamètre 30 à 200 m; profondeur 10 à 150 m) encaissées dans les carbonates de l'Aptien, l'Albo-Cénomannien, le Sénonien et remplies par des produits argileux (kaolinite, halloysite, alunite), scorodite, produits détritiques et des niveaux d'oxydes et hydroxydes de fer riches en éléments métalliques (figure 7). Il importe de noter, qu'aussi bien

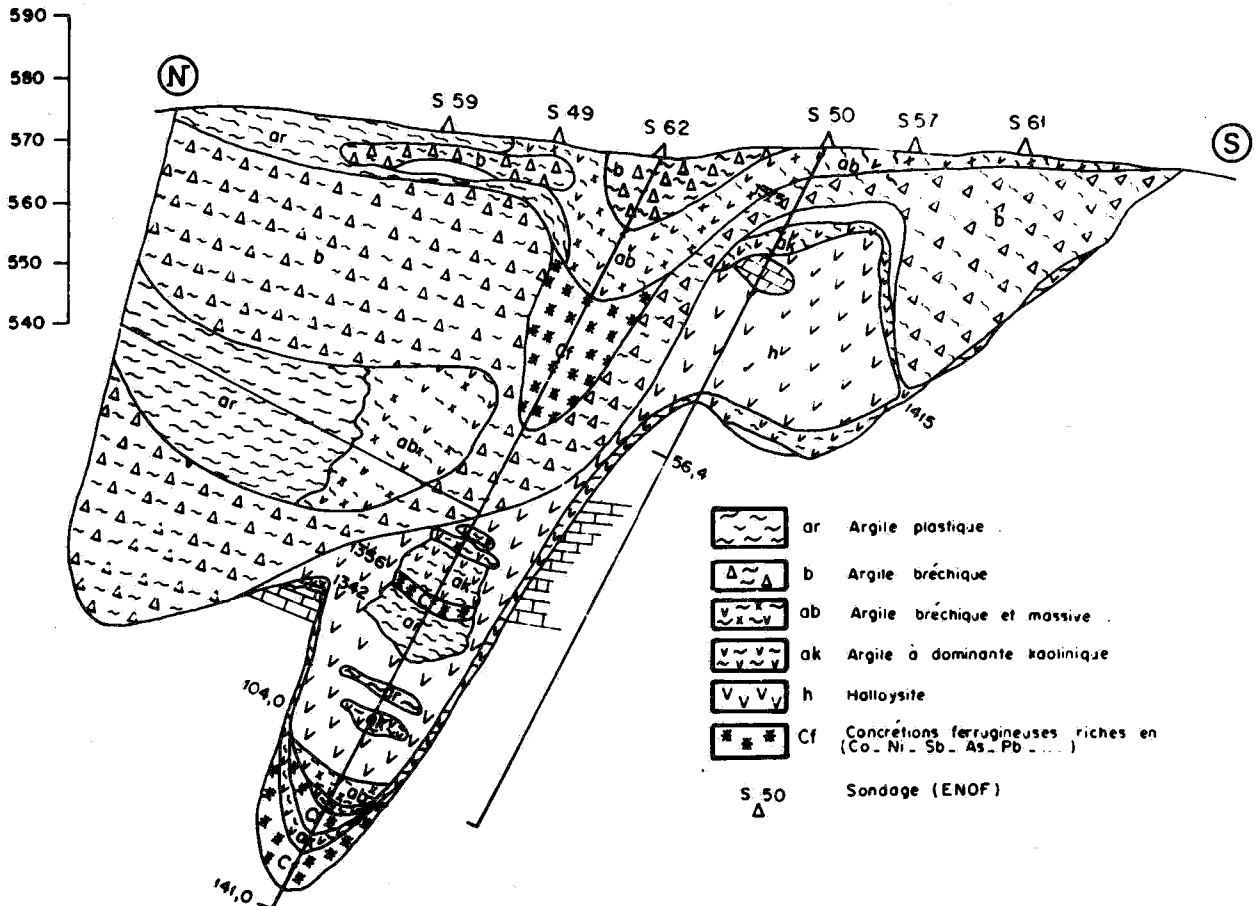
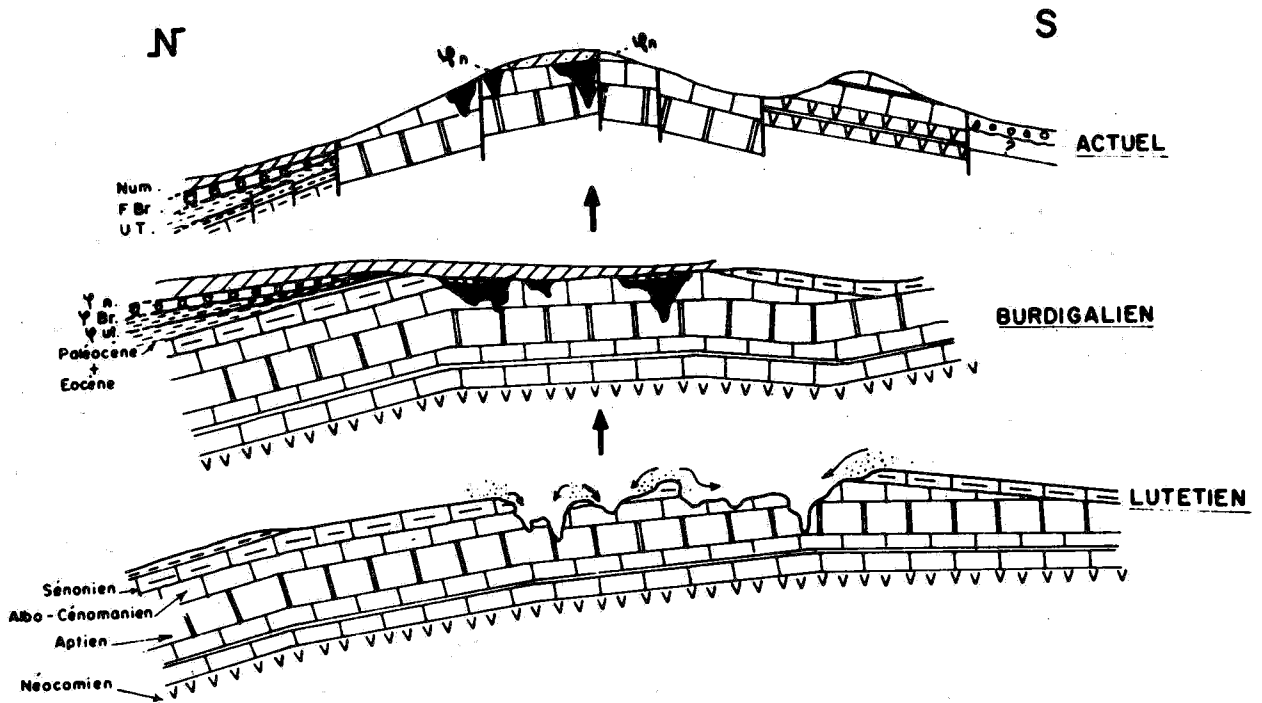


Fig. 7 - Coupe nord - sud du karst n° 7



en noir: Djebel Debbagh; Num: Numidienne; F. Br: Flysch à microbrèches; U.T.: Nappe Ultra-Tellienne (Coupes sans échelles).

Fig. 8 - Schéma probable de la formation des minéralisations karstiques.

les produits de remplissage des karsts, que les formations encaissantes (carbonates du Crétacé moyen et supérieur) renferment des teneurs anormalement élevées en Sb, As, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Ba, Sr, F, Li, Ag.

Excepté l'étain et le tungstène (non dosés), c'est la même association d'éléments qu'on rencontre dans les roches altérées du socle de l'Egough.

Nos travaux nous ont conduit à proposer un schéma probable de la formation des argiles et éléments métalliques associés dans les karsts (figures 8 et 9) : ces formations néritiques présentent une anomalie intraformationnelle qui serait vraisemblablement héritée d'un socle (de type Edough), par érosion de ce dernier ou par remonté de l'anomalie à la faveur d'accidents profonds; un stade ultérieur (érosion - altération - karstification) aurait provoqué la formation sous inconformité.

Enfin (fig. 9 et tabl. 1), la comparaison des éléments traces a montré que ce sont surtout les calcaires du Sénonien qui ont le plus concouru à la formation de ces minéralisations.

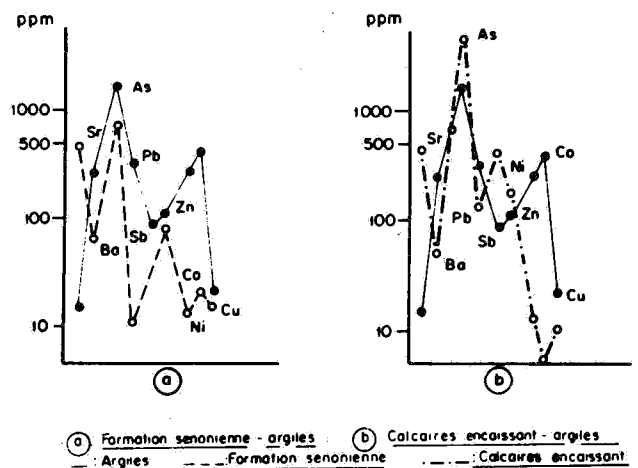


Fig. 9 - Comparaison des moyennes des teneurs en éléments traces.

2 - Minéralisations dans la région de Souk-Ahras

Dans la région de Souk-Ahras, les gisements et indices (figure 1) consistent surtout en des filons, filonets et amas encaissés dans des formations crétacées (surtout néritiques), cénozoïques et dans des formations diapiriques gypso-

Tableau 1 - Comparaison des moyennes des teneurs en éléments traces des argiles, concrétions ferrugineuses, calcaires du mur et de la formation sénonienne

Nature	Lieu	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Sr	Ba	Hg
A R G I L E S	Karst 70 Niv. 4	15	143 ▲	19	8 Δ	86	750 ▲	30	40 Δ	35 Δ	nd
	Karst 70 Niv. 3	1600 ▲	475 ▲	27	20	135 ▲	1580 ▲	100 ▲	10 Δ	40 Δ	nd
	Karst 70 Niv. 3	5	317 ▲	23	5 Δ	57	630 ▲	20	10	200	nd
	Karst 70 Niv. 2	560 ▲	292 ▲	20	12	67	270 ▲	10	10	25 Δ	nd
	Karst 70 Niv. 1	5	450 ▲	12	12	226 ▲	480 ▲	30	10	30 Δ	nd
	Concrétions ferrugi.	K. 70	10	8	31	200 ▲	168 ▲	10.4% ▲	40	70 Δ	220
Produits détritiques	K. 49	5	18	27	150 ▲	147 ▲	6900 ▲	130 ▲	470	75	0.8
Calcaires du mur	K. 49	5	10	9 Δ	110 ▲	149 ▲	2680 ▲	230 ▲	180	50 Δ	0.6
Calcaires du Sénonien	TF 3 43	110	30	8 Δ	400 ▲	39	230 ▲	20	310	30 Δ	nd
	TF 4 73	5	10	17	560 ▲	79	13.6% ▲	30	1030	1000 ▲	12 ▲
	TF 4 74	5	8	7 Δ	250 ▲	46	1110 ▲	10	460	40 Δ	0.06

▲ : Anomalie positive Δ : Anomalie négative L : Lieu K : Karst

salines. Ces minéralisations sont constituées essentiellement par des sulfures de Pb-Zn-Cu ± Sb, ± As, ±, F, Ag) en relation avec l'important diapirisme gypso-salin (ONIG, 1987).

Au N-W de Souk-Ahras, à Hammam N'baïls (fig. 1) se trouve le plus jeune gisement d'antimoine d'Algérie, localisé sur le flanc Est d'un anticlinal. La minéralisation se présentant sous forme de couches et lentilles stratiformes dans les calcaires lacustres du Pliocène, en relation avec des fractures, est constituée par nadorite (PbO, PbCl₂, Sb₂O₃), flageolotite (Fe₂O₃, Sb₂O₃, 1.5 H₂O), stibine, smithsonite, hémimorphite, galène, ocres d'antimoine, celestite, strontianite, sidérite, fluorite, baryte, calcite (Popov, 1969; Toubal, 1984).

Le processus de formation de la minéralisation dont le début est attribué au post-Pliocène se poursuit jusqu'à l'époque actuelle. En effet, dans les limites de la zone minéralisée se trouve la source thermominérale de Hammam N'Baïls dont les eaux sont à forte teneur en Sb, Zn, Pb, Ba, Sr, Ag....

En outre, des minéralisations à Sb, As, Pb, Zn, Cu sont rencontrées en disséminations dans les conglomérats mio-pliocènes à Aïn Achour (Nord de Hammam N'baïls, (fig. 1) et en remplissage de géodes et cavités dans les calcaires lacustres miocènes de Aïn Kerma (Constantine).

Ces trois derniers exemples expriment une remobilisation d'une anomalie intraformationnelle (elle-même héritée d'une anomalie de socle) par la fracturation profonde, le thermalisme et l'érosion.

Au N-W de Aïn Beïda (figure 1) les gisements d'antimoine de Sanza et Hamimat se présentant sous forme de filonets, disséminations, lentilles et amas sont encaissés dans les séries carbonatées néritiques du Crétacé moyen et comprennent : sernamontite, valentinite, galène, cinabre, quartz, calcite (Toubal, 1984).

En outre, dans toute la région de Aïn Beïda, on rencontre plusieurs indices de Cu, Pb, Zn, Sb, As, F, encaissés surtout dans les séries néritiques crétacées (fig. 1).

3 - Minéralisations dans l'Atlas saharien oriental

Dans l'Atlas saharien, mis à part les gisements de fer, on rencontre des minéralisations plus ou moins importantes en Cu, Pb, Zn, As, Sb, F.

Ainsi, le Djebel Mesloula est constitué par des séries carbonatées plissées du Crétacé, formant un anticlinal (d'axe NE-SW), crevé dans sa partie axiale par un important diapir gypso-salin. Les corps minéralisés se présentent sous forme d'amas allongés (L = 3,20 m, l = 60 m, H: 120 m) encaissés dans les calcaires récifaux de l'Aptien ou dans leur zone de contact avec les formations diapiriques. La minéralisation est constituée par : Pyrite, sphalérite, boulangérite, tétraédrite, galène, dans une gangue de calcite, dolomite, baryte, quartz; le minerai renferme des teneurs assez élevées en Ag, Co, Ni, Cr, Sb, As, Sn. De même que les calcaires récifaux aptiens des alentours du gisement renferment des teneurs anormales en Pb, Zn, Cu, Ag, Sb, As, Co, Ni, Ba; anomalies qui se présentent parfois sous forme de rares micrograins de pyrite, sphalérite, galène (Popov, 1969).

D'autre part, au Nord et au Sud du Djebel Mesloula, existent plusieurs indices de Sb, As, Hg, Pb, Zn, Cu encaissés dans les séries carbonatées du Crétacé.

L'anticlinal du Djebel Ouenza (axe NE-SW) crevé par le diapirisme gypso-salin est traversé par des accidents profonds parallèles (la direction N45° est la plus importante) et perpendiculaires à l'axe du pli. Ces accidents ne sont minéralisés que lorsqu'ils traversent les calcaires récifaux aptiens, et la minéralisation diffère selon la formation traversée. En effet, dans les calcaires à milioles et rudistes riches en sidérite, ces fractures sont minéralisées en cuivre gris, galène, sphalérite, baryte; dans les calcaires à madrépores, elles sont minéralisées en galène, pyrite et fluorite.

Il s'agit là de toute évidence d'un contrôle lithologique, d'autant plus que les calcaires récifaux aptiens aux alentours du Djebel Ouenza sont anormales en Cu, Pb, Zn, As, Sb, F, Ag, Ba, Sr.

De plus, ces anomalies en éléments traces se retrouvent approximativement dans tous les calcaires aptiens de l'Atlas saharien central et oriental; dans les Aurès, des anomalies additives en Sn, W, sont parfois rencontrées.

Quelquefois ces formations aptiennes renferment de très fines imprégnations de cuivre gris (Djebel Tougourt, Koudiet Bou-Becher-Batna et Djebel Pharaoun-Khenchela) (Archives ONIG).

En fait, on voit très bien, que dans l'Atlas saharien, les minéralisations ne se développent que si les formations aptiennes anormales sont reprises par les effets d'un diapirisme gypso-salin et les fluides associés. Ainsi, le modèle de H. Rouvier *et al.* pour les gisements de Pb-Zn de l'Atlas tunisien, pourrait s'appliquer très bien ici.

Conclusion

Les séries métamorphiques du socle de l'Edough sont caractérisées par une anomalie géochimique représentée par l'association As, Sb, Cu, Pb, Zn, F, Ag, Sn, W, anomalie qui se retrouve par héritage(s) à partir d'un socle de type Edough dans les séries néritiques et récifales du Crétacé situées au Sud de ce massif; et dans les eaux des sources thermominérales.

Les éléments constituant cette anomalie peuvent être remobilisés et reconcentrés par les circulations de fluides induites par le métamorphisme, le magmatisme, le géothermalisme; par les effets du diapirisme gypso-salin, ou par altération et dépôt dans des paléosurfaces d'érosion et de karstification.

Cette étude régionale illustre bien la notion de permanence géochimique, d'héritages et de remobilisations.

Remerciements : ONIG, EREM, Ch. Marignac, Y. Fuchs., A. Toubal, A. Isaadi.

Bibliographie

- Aïssa, D.E. 1984. Les niveaux minéralisés stratoïdes du massif métamorphique de l'Edough (Annaba, N-E. Algérie). *Publ. Serv. Géol. Algérie*, Bull. n° 50, pp. 5-25.
- Aïssa, D.E. 1984. Les minéralisations manganifères et wolframifères du massif de l'Edough (Annaba), 5^{ème} Sém. Nat. Sc. Terre, Alger.
- Aïssa, D.E. 1986. Etude des gisements et indices métallifères de l'Edough. Thèse 3^e cycle. USTHB, Alger.
- Dubourdieu, G. 1956. Etude géologique du Dj. Ouenza. *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, n° 10, 659 pages.
- Erem, 1985. Log. de sondages. Algérie du Nord. Inédits.

- Glaçon, J. 1967.** Recherches sur la géologie et les gîtes métallifères du Tell sétifien. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, Nlle. série n° 32, Alger 1967.
- Hilly, J. 1962.** Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, Nlle. série n° 19.
- Lagrula, 1951.** Etude gravimétrique de l'Algérie-Tunisie. *Publ. Serv. Carte. Géol. Algérie, Géophys.* n° 2.
- Lambert, A. 1946.** Extension du massif cristallin de Bône (Annaba) dans la région du Cap Rosa. *C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.* Paris, n° 10, p. 175.
- Marignac, Ch. 1983.** The polymetallic ore veins of Aïn Barbar (Algeria), as a consequence of Alpine geothermal activity. In: *mineral deposits of Alps* Springer Ed., p. 298-312.
- Marignac, Ch., Zimmerann J.L. 1983.** Age K-Ar de l'événement hydrothermal et des intrusions associées dans le district minéralisé miocène d'Aïn Barbar (Algérie). *Min. Deposita*, 18, p. 457-467.
- Marignac, Ch. 1985.** Les minéralisations filoniennes d'Aïn Barbar (Algérie) : un exemple d'hydrothermalisme lié à l'activité géothermique alpine en Afrique du Nord. Thèse Doc. d'Etat, INPL, Nancy.
- ONIG, 1987.** Carte des gîtes minéraux de l'Algérie à 1/500 000, feuille Constantine-Nord.
- Popov, A. 1969.** Les gisements Pb-Zn en Algérie, in Symposium sur les gis. Pb-An en Afrique. *Publ. Serv. Géol. Tunisie*.
- Rouvier, H., Perthuisot, V., Mansoura, A. 1985.** Pb-Zn deposits and salt bearing diapirs in S. Europe and N. Africa. *Econ. Geol.* Vol. 80, pp. 666-687.
- Toubal, A. 1984.** Contribution à l'étude des minéralisations antimonifères du N.E. algérien. Thèse 3^{ème} Cycle, UNiv. Paris VI.
- Talbi, A. 1987.** Etude du gisement de kaolin du Djebel Debagh. Thèse Magister USTHB, Alger.
- Vila, J.M. 1970.** Le Djebel Edough un massi cristallin externe du N.E. de la Berbérie. *B.S.G. France* (7), XII, n° 5, 805-812.
- Vila, J.M. 1980.** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Doc. es. Sc. Univ. Paris IV.