

Projet de Fin d'Etudes :2011/2012

Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences et Techniques
Marrakech



MANAGEM

Centre de recherche de REMINEX



Département des Sciences de la Terre
Laboratoire de Géoressources-
Unité associée au CNRST (URAC42)

PROJET DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention de la
Licence Es-Sciences et Techniques
Géologie Appliquée aux Ressources Minières
« LST-GARM »



« ASSEMBLAGE DES DONNEES GEOCHIMIQUES DE L'ANTI-ATLAS ORIENTAL ET SYNTHESE DES DONNEES GEOLOGIQUES DE SIDI FLAH »

Réalisé par : Félix NSHIMIYIMANA

Encadré par : Aicha REDDAD (FSTG)

Assya ESSIMMOU

Samia BERRADA (FSTG)

Soutenu le 28 Juin 2012 devant le Jury :

Brahim AIT SLIMANE (MANAGEM)

Abdeljabbar RIZKI

Aicha REDDAD

Samia BERRADA

Brahim AIT SLIMANE

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	4
BUT	5
PARTIE I : COMPILATION DES DONNEES GEOCHIMIQUES DE L'ANTI ATLAS ORIENTAL	
I. Introduction.....	6
II. Méthodologie de travail.....	7
III. Géochimie-sol et Géochimie stream	7
III.1. Introduction.....	7
III.2. Région d'Ougnat.....	8
III.2.1. Introduction.....	8
III.2.2. Compilation des données géochimiques.....	8
III.2.2.1. Stream sédiment.....	8
III.2.2.2. Géochimie sol.....	9
III.2.3. Synthèse des résultats géochimiques	10
III.3. Région d'Ikkis.....	10
III.3.1. Introduction.....	10
III.3.2. Géochimie sol.....	10
III.3.3. Synthèse des résultats géochimiques.....	12
III.4. Région de Taghassa.....	12
III.4.1. Introduction.....	12
III.4.2. Géochimie sol	12
III.4.3. Synthèse des résultats géochimiques.....	13
III.5. Région de Bouskour.....	13
III.5.1. Introduction.....	13
III.5.2. Géochimie sol	13
III.5.3. Synthèse des résultats géochimiques	14
III.6. Région d'Assaka.....	14
III.6.1. Introduction.....	14
III.6.2. Géochimie Stream	14

III.6.3. Synthèse des résultats géochimiques.....	14
III.7. Conclusion.....	15
PARTIE II : COMPILATION DES DONNEES GEOLOGIE DE SIDI FLAH	
I. INTRODUCTION.....	16
II. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION.....	16
III. CADRE GEOLOGIQUE	17
III.1. Cadre géologique régionale.....	17
III.2. Cadre géologique locale	21
III.2.1. Etude lithologique.....	21
III.2.1.1. Lithostratigraphie.....	22
III.2.1.2. Les dykes de Sidi Flah.....	23
III.2.1.3. Etudes des granitoïdes..... ;.....	25
III.2.2. Métamorphisme	26
III.2.3. Etude structurale	26
III.2.4. Etude des minéralisations.....	29
IV. RESULTATS DES TRAVAUX DE PROSPECTION GEOCHIMIQUES ET GEOPHYSIQUES ANTERIEURS	
IV.1. Prospection géochimique	32
IV.2. La prospection géophysique.....	33
IV.2.1. Echelle stratégique.....	33
IV.2.2. Echelle tactique.....	35
IV.3. Compilation des données géochimiques et géophysiques	36
IV.4. Les sondages, puits et tranchées.....	37
IV.5. Synthèse des résultats des différentes zones de Sidi Flah.....	38
V. SYNTHESE ET CONCLUSION GENERALE.....	44
VI. RECOMMANDATIONS.....	44
Références bibliographiques.....	46
Liste des figures.....	47

REMERCIEMENTS.

Au terme de ce travail, nous voudrions remercier et témoigner toute notre reconnaissance à nos professeurs, Aicha REDDAD et Samia BERRADA qui nous ont guidés, leurs conseils, leur recommandation et leur disponibilité ont été d'une importance capitale pour nous.

Notre estime la plus profonde va à Monsieur BRAHIM Ait Slimane, encadrant des projets à MANAGEM (REMINEX) qui a bien voulu nous accorder notre stage de fin d'études, son assistance et sa bonne humeur nous ont souvent aidé et encouragé.

A Monsieur A.RIZKI qui a accepté d'examiner notre travail, à tous nos professeurs de la LST-Géologie Appliquée aux Ressources Minières (GARM), qu'il nous soit permis de vous témoigner l'expression de notre plus profonde reconnaissance, sans vous, nous ne serions pas devenus ce que nous sommes aujourd'hui.

A toute l'équipe des travailleurs REMINEX, plus particulièrement Monsieur M. LABRIKI et Monsieur REDNAOUI, une bonne coopération que vous nous avez montrée nous ont profondément aidé.

A tous nos collègues LST-GARM, qui ont toujours été pour nous d'un encouragement et soutiens dont nous mesurons tout le prix, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Finalement ce travail est dédié à tous ceux qui nous sont très chers: nos parents, nos frères, nos sœurs et nos amis pour votre soutien moral et financier.

BUT

Notre étude a été entreprise dans le but de définir les caractères géochimiques régionaux de l'Anti-Atlas Oriental, ainsi qu'une compilation des données géologiques de la boutonnière de Sidi Flah.

La première partie du présent travail consiste à réaliser une cartographie géochimique à l'aide d'un logiciel de traitement appelé « **Geosoft Oasis montaj** » pour en ressortir des cartes d'anomalies géochimiques (géochimie stream et pédogéochimie) de quelques régions de l'Anti Atlas Oriental, ceci dans le but de connaître la répartition générale des anomalies et de cibler les zones les plus anormales, servant comme guide d'orientation des travaux d'exploitation.

La deuxième partie de ce travail concerne plus précisément la région de Sidi Flah, une petite boutonnière précambrienne du Jbel Sargho (Anti Atlas Oriental) où nous allons nous concentrer sur sa description géologique et la répartition des minéralisations. La bibliographie et la compilation des données des anciens travaux réalisés par différents explorateurs miniers dans cette boutonnière nous ont permis de connaître le contexte stratigraphique, lithologique, structural des minéralisation ainsi que la géochimie pour les localisations des anomalies.

Nous concluons ce travail avec des recommandations concernant une localisation probable de la minéralisation, servant comme guide d'exploitation minière dans cette région.

PARTIE I : COMPILATION DES DONNEES GEOCHIMIQUES DE L'ANTI ATLAS ORIENTAL

I. Introduction

L'Anti-Atlas marocain est une vaste province métallogénique qui renferme de nombreux gisements (**fig.1**) et indices à métaux de base ou précieux connus depuis plus d'un millénaire.

Certains gisements sont toujours en exploitation, tel que le gisement d'Imiter (Ag-Hg).

D'autres ont été abandonnés, parfois totalement oubliés pour des raisons encore inconnues, C'est le cas des gisements d'Ouassimi (Cu), Tazalaght (Cu), Bleida (Cu).

D'autres sont en cours de développement tels que ceux d'Alous (Cu), Iourim (Au), Tafrent (Au), Zgounder (Ag), Bleida "far ouest" (Au), et Bou Skour (Au), la Zone des Dykes (Au-Ag), Kelâa M'Gouna (Au), Thaghassa (Au-Ag), Tizi Azfalou (Au-Ag), Tizi Moudou (Au-Ag), Bou Madine (Au-Ag) pour l'Anti-Atlas oriental.

On notera le grand nombre de gisements de toute nature dans l'Anti-Atlas oriental, site central de notre étude.

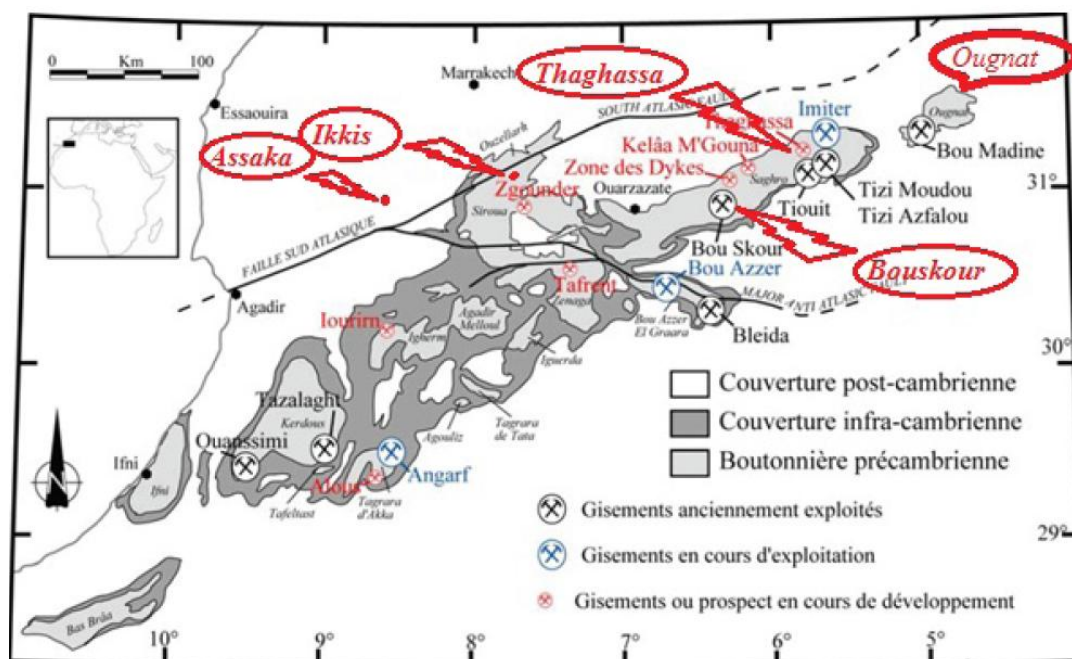


Fig.1 : Carte de distribution des zones minéralisées de l'Anti Atlas (J. Tuduri , 2005)

Notre objectif dans cette étude est de faire une cartographie géochimique des anomalies de l'Au présentes sur quelques régions de l'Anti Atlas oriental, à partir des échantillons du sol d'une part (pédogéochimie) et de stream d'une autre part (stream-sédiment). A l'aide des analyses des minéraux majeurs et de quelques éléments, nous avons fait des analyses géostatistiques (corrélations, histogrammes, matrices de variance-covariance,...), ceci dans le but de faciliter la tâche dans le travail de prospection de cet élément.

II. Méthodologie de travail

Pendant notre travail de cartographie géochimique, nous avons utilisé un logiciel appelé *Geosoft Oasis Montaj*.

Les étapes de réalisation de ce travail sont structurées comme suit :

1. A partir de bases de données des analyses des échantillons sol et stream extraite sur plusieurs régions de l'Anti Atlas Oriental (Bouskour, Ougnat, Taghassa, Tiwit, Izemgane, izourzen, Iknouen, Ikkis, Timicha, Assaka,...), nous avons réalisé d'autres bases de données Excel sous format .csv
2. Importer les bases de données csv précédemment créées enfin de les transformer aux bases de données geosoft qu'on va traiter dans le langage du logiciel.
3. Une fois la base geosoft créée, réaliser une grille où on va représenter nos données sous formes ponctuelles.
4. Réaliser une carte de contour montrant l'emplacement des anomalies et du bruit de fond.
5. La dernière étape consiste à faire des analyses géostatistiques qui nous permettent de voir la variation de l'anomalie de l'Au en fonction des autres éléments majeurs, parmi lesquels il peut y avoir probablement des éléments indicateurs (pathfinders).

III. Géochimie Sol et Géochimie stream

III.1. Introduction

L'altération des dépôts libère des quantités de métaux et autres éléments qu'ils contiennent dans l'environnement avoisinant. Ces métaux peuvent être présents dans les eaux souterraines ou dans les sols et peuvent être précipités des eaux souterraines et ainsi enrichis dans le sol, selon l'environnement chimique, le potentiel de réduction-oxydation, l'acidité et l'alcalinité (pH) de ces sols. Dans d'autres cas, une grande quantité des métaux est libérée dans les cours d'eau et entraînée par les eaux courantes. Une fois les conditions d'oxydoréduction et de pH des eaux le permettent, ces métaux sont précipités et concentrés dans les sédiments de ruisseaux sous forme d'anomalies géochimiques.

Plusieurs étapes sont prises en compte lors des travaux de prospection géochimique à savoir :

- Les travaux de terrain : qui consistent à récupérer les échantillons de sol et de sédiments de cours d'eau.
- Les travaux de laboratoire qui consistent aux analyses chimiques pour mesurer les teneurs des différents éléments.
- Les divers traitements de données (traitements statistiques et traitements d'images).
- Une interprétation géologique qui consiste principalement à la reconnaissance d'une structure porteuse de la minéralisation.

La méthode d'échantillonnage consiste à un creusement jusqu'à une certaine profondeur du sol (une vingtaine de centimètres), puis la désagrégation, le séchage, et le tamisage des échantillons à 125,250 et 500 μ . Une méthode de spectrométrie atomique (ICP) est utilisée dans les analyses des échantillons.

III.2.La région d'Ougnat

III.2.1.Introduction

Le Jbel Ougnat est une région qui,avec le Jbel Saghro, constituent la partie oriental de la chaîne atlasique. Il est localisé vers le NE du Jbel Saghro (**fig1**). Les analyses géochimiques faites dans cette région montre qu'elle constitue une des régions à traces de minéralisations en Au et Ag.

III.2.2. Compilation des données géochimiques

Des analyses pédogéochimiques et du stream sédiment ont été effectuées dans cette région dans le but de ressortir l'anomalie d'or .

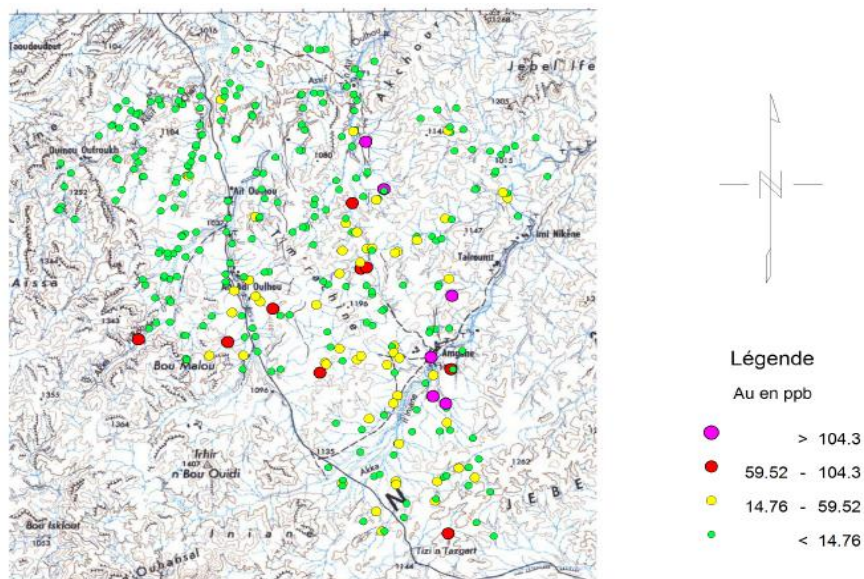
III.2.2.1. Stream sédiment

III.2.2.1.1. Méthode de traitement

Le traitement des analyses géochimiques du stream avec le Geosoft Oasis Montaj nécessite en une répartition des teneurs en différentes classes.

D'une façon générale, les teneurs importantes utiles pour l'exploitation dépendent de deux paramètres statistiques : moyenne et écart-type. Elles doivent satisfaire à la condition suivante :

$$\text{Teneurs} \geq \text{moyenne} + (2 \times \text{Ecart-type})$$



Scale 1:120000
2500 0 2500
(meters)

REMINEX
GEOCHIMIE STREAM Ougnat
Anomalie Au
Réalisé par: N. Félix et E. Assva

Fig.2. Stream Au Ougnat

Après un traitement statistique effectué sur 326 échantillons de stream, nous avons obtenu une teneur d'or maximale de 675 ppb et un minimum de 1 ppb. La moyenne des teneurs d'or est de 14,76 ppb avec un écart-type de 44,76 ppb. Ceci implique que dans cette région, les teneurs utiles pour l'exploitation sont supérieures ou égales à 104,3 ppb.

III.2.2.2. Géochimie sol

L'échantillonnage a été effectué dans l'horizon supérieur (<20cm).

Sur une base de données pédogéochimiques effectuée sur 530 échantillons du sol, des éléments qui ont été analysés par ICP (Réminex) sont l'Au, Bi, Se, Ge, Pb, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, K₂O, MgO, MnO, SiO₂.

Les valeurs en or varient de 1 ppb à 25 ppb. Une corrélation entre les différents éléments est donnée dans le tableau qui suit :

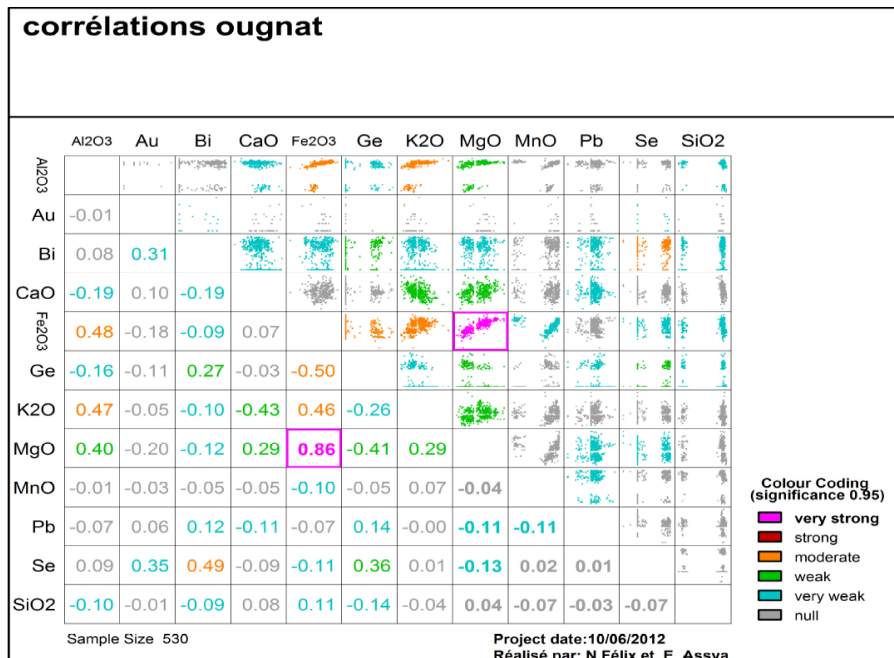


Fig.3. Tableau de corrélation des données géochimiques(Ougnat)

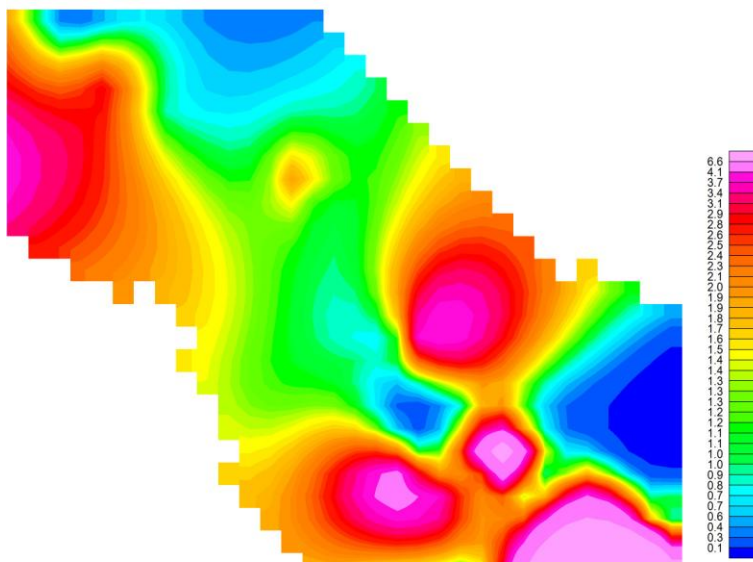


Fig. 4 : Carte de géochimie sol Au-ppb (Ougnat)

Les analyses statistiques du sol nous ont montré :

- une teneur maximale de 25ppb
- une teneur minimale de 1ppb.
- La moyenne des teneurs est de 2.75 ppb.
- Ecart-type de 4.18 ppb
- La teneur modale de 1 ppb,

Les corrélations que nous avons effectuées nous montrent que :

- L'or ne présente pas de corrélation avec le CaO et le plomb, le germanium, la silice, les oxydes de fer, de magnésium et de manganèse.
- Il présente une très faible corrélation à nulle avec le Bismuth et le sélénium.

Le seuil anomalique dans cette région est de 11.11 ppb.

III.2.3. Synthèse des résultats géochimiques

Dans cette région d'une façon générale, l'or n'est pas associé aux carbonates, à la galène et aux autres minéraux de plomb.

Les minéraux et roches contenant le magnésium ou le manganèse comme les dolomies, la pyrolusite, le psilomelane, les minéraux ferrifères comme l'hématite, les roches acides contenant du quartz, ne présentent pas une affinité avec la minéralisation en Au.

Le fait de trouver le sélénium et/ou le bismuth dans une région doit tirer notre attention, puisqu'il peut y avoir (mais pas nécessairement) la minéralisation en or.

Les résultats du stream s'avèrent plus importantes que celles du sol, ceci peut être causé probablement par une altération plus poussée des faciès traversés et lessivés par les cours d'eau, qui facilitent une libération plus importante des éléments et qui, une fois les conditions physico-chimiques changent, vont se déposer dans les sédiments de vallée et provoquer leur enrichissement.

III.3.Région d'Ikkis

III.3.1. Introduction

C'est une région située vers le NW de la ville d'Ouarzazate, plus précisément à une latitude de 30°56'37"N et une longitude de 7°52'48"West.

III.3.2. Compilation des données de géochimie sol

Les analyses de 868 échantillons du sol dans cette région par la méthode de spectrométrie atomique ICP et par la suite d'un traitement statistique des données, nous avons pu ressortir des résultats suivants :

Correlations IKKIS

Project date: le 10/06/2012
Réalisé par: N.Félix et E.Assya

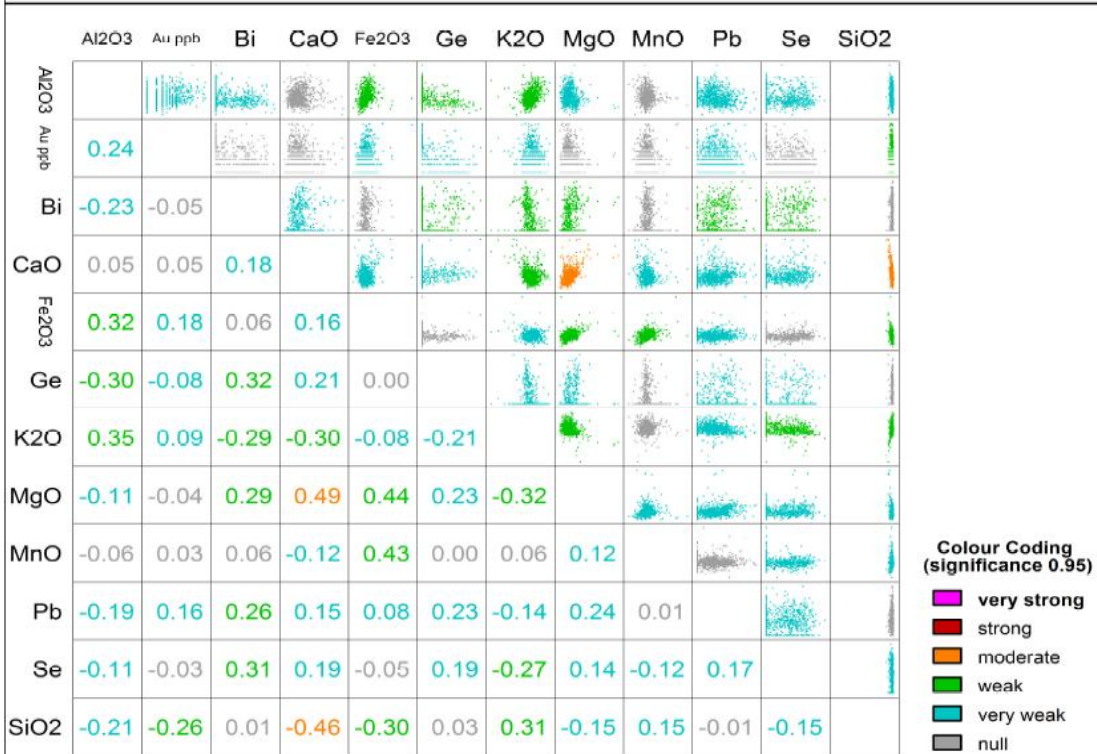


Fig.5. Tableau de corrélation Ikkis

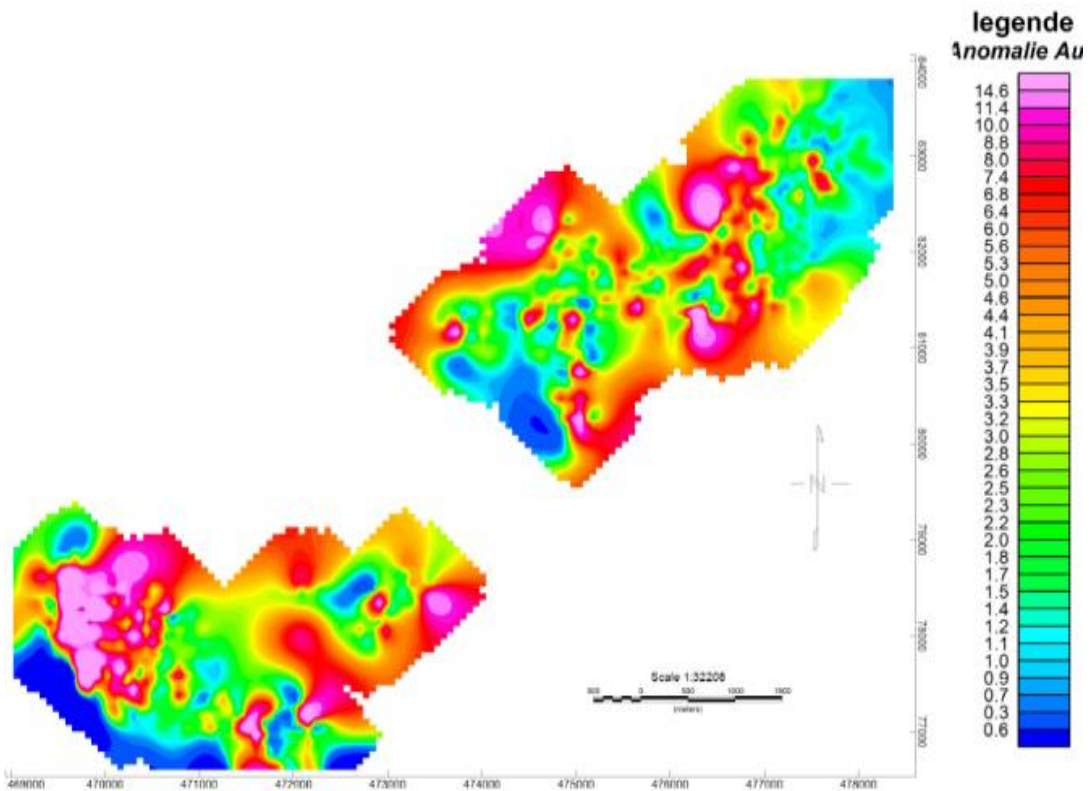


Fig.6. Carte de géochimie sol Au-ppb (IKKIS)

III.3.3. Synthèse des résultats géochimiques

Les analyses statistiques réalisées sur ces échantillons nous ont donné :

- Une moyenne des teneurs de 4.73ppb
- Un écart-type de 7.21 ppb
- une teneur maximale de 61 ppb
- une teneur minimale de 1 ppb.
- La teneur modale est de 2 ppb.

Les analyses de corrélations nous montrent que :

- L'or présente corrélation négligeable avec le CaO et l'oxyde de manganèse
- Il présente une corrélation presque nulle avec le germanium, la silice, les oxydes de fer, de magnésium et de manganèse.
- Il présente une très faible corrélation positive avec le Bismuth et le sélénium.

Le seuil d'anomalie dans cette région est de 19.15 ppb

III.4. Région de Taghassa

III.4.1. Introduction

C'est une des régions de la province d'Ouarzazate, située vers le NW du centre ville d'Ouarzazate (**fig1**)

III.4.2. Géochimie sol

D'après les analyses géochimiques effectuées sur 1043 échantillons du sol, le traitement statistique des données nous ont donné des résultats présentés ci-dessous :

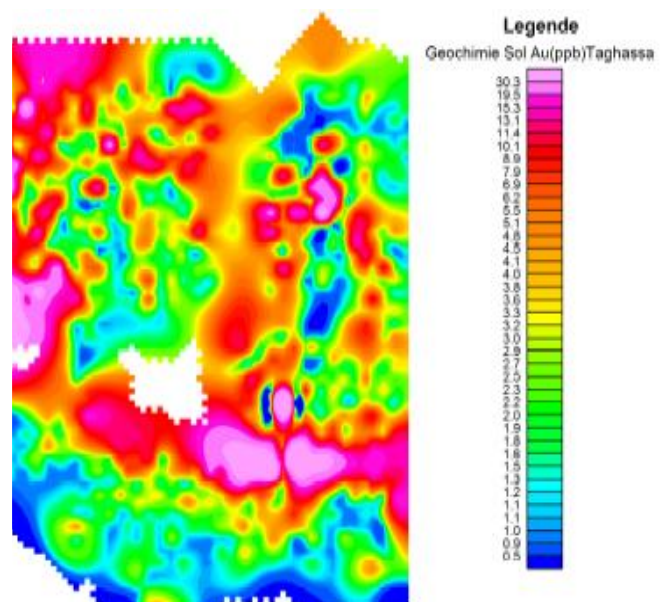
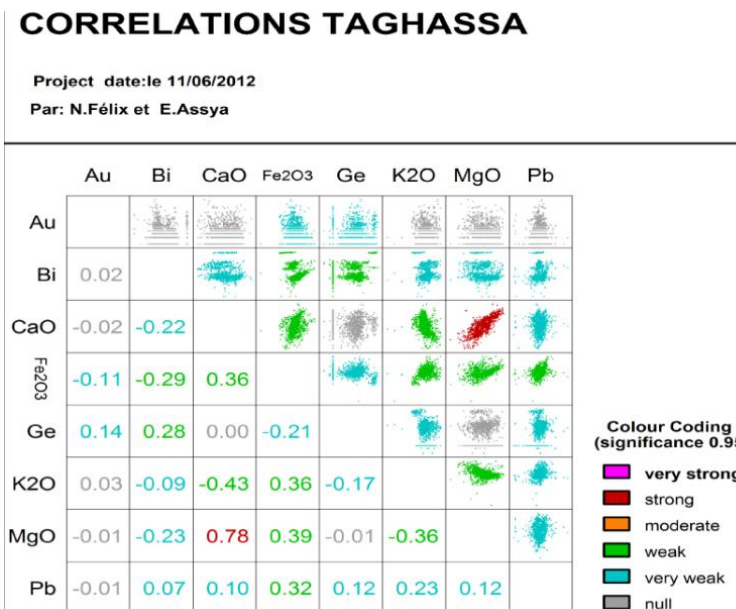


Fig.7. Tableau de corrélation Taghassa

Fig.8. Carte géochimie sol Au Taghassa

Synthèse des résultats géochimiques

Les analyses statistiques effectuées sur ces échantillons nous ont montré (**fig8**) :

- Une teneur maximale d'Au dans cette région de 170ppb
- Une teneur minimale de 1 ppb.
- Une moyenne de 5,47 ppb.
- Un écart-type de 8.42 ppb
- Un mode de 1 ppb.

La région est dominé par les dolomies (une forte corrélation positive entre les minéraux carbonatés et magnésiens)

Les corrélations nous ont montré (**fig7**):

- Une corrélation nulle de l'or avec le Bismuth, le plomb et les oxydes de potassium.
- Une corrélation très faible avec le germanium et l'oxyde de fer.

Le seuil d'anomalie est de 22.31 ppb

III.5. Région de Bouskour

III.5.1. Introduction

C'est une région situé à l'W du Jbel Saghro, à 18 km au SE de la ville d'Ouarzazate (**fig1**). Une mine abandonné pour la minéralisation de cuivre, il est actuellement un prospect pour la minéralisation en Au.

III.5.2. Géochimie sol

Après un prélèvement de 510 échantillons du sol dans cette région, des analyses chimiques par ICP ont été effectués et le traitement des données nous ont donné des résultats suivants (**fig9**) :

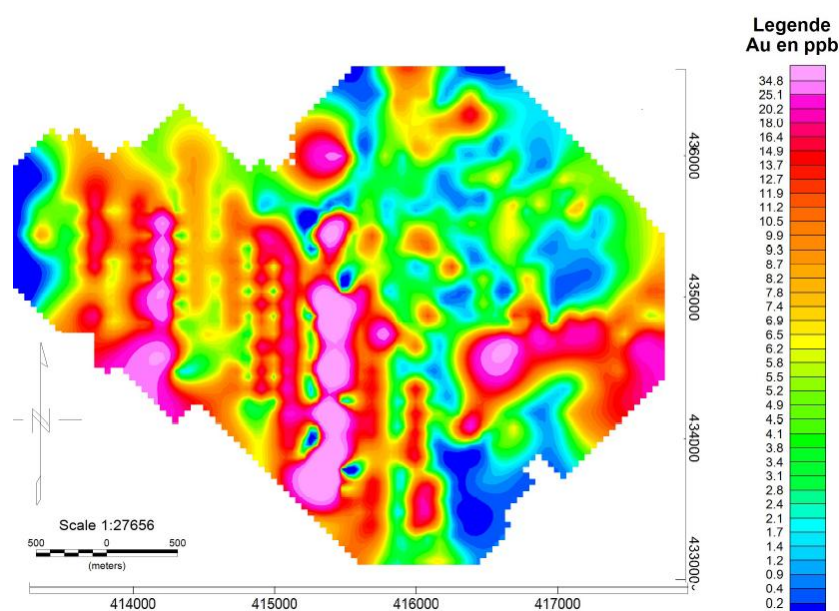


Fig. 9. Carte de géochimie sol Au Bouskour

III.5.3. Synthèse des résultats géochimiques

Les analyses statistiques de ces échantillons de minéraux majeurs et éléments en trace montrent une teneur minimale de 1 ppb et une teneur maximale de 109 ppb. La moyenne de teneurs est de 9.09 ppb et l'écart-type de 13.41 ppb. Le seuil d'anomalie dans cette région est de 35.91 ppb.

III.6. Région d'Assaka

III.6.1. Introduction

C'est une région située à Taroudant, vers l'W de la ville d'Ouarzazate, à 30°54'0'' Net 8°55'48'' W.

III.6.2 Géochimie stream

Dans cette région, 270 échantillons de sédiments de vallée ont été récupérés et mis aux tamis de différents mailles (63 μ , 250 μ et 500 μ). Par la suite, on les a analysés au laboratoire par la méthode ICP. Le traitement des données résultats de ces analyses ont donné des résultats suivants :

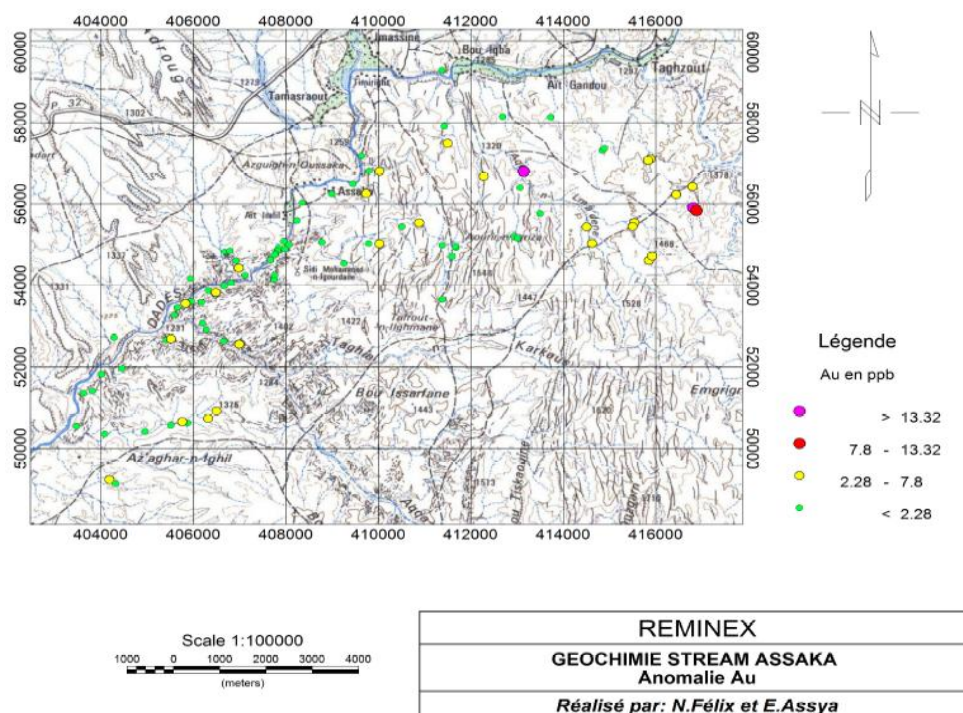


Fig.10. Stream Au Assaka

III.6.3. Synthèse des résultats géochimiques

Les analyses statistiques nous ont montré une teneur maximale de 41 ppb et une teneur minimale de 1 ppb d'or. La moyenne des teneurs est de 2.28 ppb alors que l'écart-type est de 5.52 ppb. Le seuil d'anomalie dans cette région est de 13,32 ppb d'or.

III.7.Conclusion

Tous ces travaux de géochimie sol et stream se font dans le cadre d'une analyse qualitative qui permet de localiser les zones potentielles. Cette approche qui se base sur la mobilité et la dispersion des éléments recherchés se fait en aval des travaux d'exploration afin de réduire les surfaces de recherche et de s'approcher plus de la source des anomalies. L'étude statistique est très utile afin de pouvoir définir les anomalies du reste signalé comme fond géochimique.

En effet, les teneurs anormales de l'Or trouvées dans ces régions sont encourageants à poursuivre des travaux d'exploration. Un échantillonnage à des horizons plus profonds par une réalisation d'une série de puits et tranchées ainsi que les sondages, surtout au niveau des bassins versants drainés par les cours d'eau, serait plus pertinent et nous révélerait probablement des teneurs plus intéressantes.

PARTIE II : COMPILATION DES DONNEES GEOLOGIQUES DE SIDI FLAH

I. Introduction

Après une vue d'ensemble sur l'étude de la géochimie de quelques régions minéralisées de l'Anti Atlas Oriental, nous allons maintenant focaliser sur une étude des données géologiques d'une autre région appelée Sidi flah.

Sidi Flah est une boutonnière protérozoïque localisée dans la partie orientale de la chaîne Anti Atlasique qui, avec d'autres petites boutonnières, forme le Jbel Saghro, une région très étendue sur plusieurs milliers de kilomètres carrés.

Cette boutonnière est formée principalement des formations volcaniques et volcano-sédimentaires. Elle a subi différentes phases de déformation, qui ont engendré des structures de plissements suite à la compression, des structures faillées accompagnées des différents types de schistosité (de flux, de fractures). Certaines de ces phases ont été accompagnées d'un métamorphisme régionale

Les formations de cette zone ont été intrudées par les différents types de dykes, de composition minéralogique variable et de différente chronologie, qui sont fréquentes dans cette zone et par des intrusions granitiques. Ces différentes sont à l'origine d'un métamorphisme de contact qui a suivi le métamorphisme régional précédemment ayant affecté cette zone.

Les minéralisations de cette zone se présentent sous formes disséminées, stockwerk, filoniennes, rubanée et bréchique et sont de types amas sulfurés comme la pyrrhotite, la galène, la pyrite, la marcasite, chalcopyrite, sphalérite, arsénopyrite.

Seuls les filons quartz-carbonatés qui traversent les formations volcaniques et volcanosédimentaires contiennent des minéralisations, les filons dans les granites sont stériles.

Certains de ces sulfures contiennent des éléments en trace comme l'argent, l'antimoine, le zinc, le plomb, le cuivre. Une petite quantité d'or est aussi présente dans la région.

Une série de travaux anciens avaient été effectués dans la région avant les années soixante pour la recherche des minéralisations d'argent et les résultats obtenus ont poussé des explorateurs à poursuivre des recherches dans cette zone. C'est dans ce cadre que les explorateurs miniers (BRPM, REMINEX, CTT) ont appliquées des méthodes géochimiques et géophysiques à grande échelle (stratégique) et à une petite échelle (tactique) pour enfin localiser l'emplacement des régions plus anomaliques que les autres et réaliser des cartes d'anomalies. C'est dans ce même cadre qu'une série de sondages carottés et percutants, des travaux miniers et tranchées ont été réalisé sur les structures favorables. Les résultats se sont avérés satisfaisants, ce qui encourage la poursuite des travaux de recherches même actuellement sur cette région.

II. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION

La région de Sidi Flah est une boutonnière située dans la partie centrale du Jbel Saghro qui forme la dorsale de l'anti-atlas oriental, plus précisément à l'Est de la ville d'Ouarzazate.

Elle est limitée au Nord West par le Douar de Sidi Flah et au Sud Est par l'ancienne mine de Bouskour.

L'accès se fait par la route n°10 reliant Ouarzazate à Errachidia qui traverse cette boutonnière précambrienne du NE au SW et par une piste NW-SE qui relie Sidi Flah à l'ancienne mine de Bouskour.

II.1.Morphologie

La boutonnière de Sidi Flah est caractérisée par un couloir pénéplané bordé latéralement par des massifs granitiques tous orientés NW-SE

Les altitudes des pénéplanations varient de 1200m-1300m dans la partie N, jusqu'à 1350m dans la partie centrale et sud.

II.2.climat et végétation :

En général le climat est de type aride. Quant à la végétation, elle est limitée juste près de l'Oued Dadès (**fig11**), mais généralement considérée presque absente au delà de 100m de la rive.



Fig.11: Image satellitaire de la boutonnière de Sidi Flah (<http://www.worldcountries.info/Maps/GoogleMap-Morocco.php>)

Avant la description détaillée de la boutonnière de Sidi Flah, nous allons d'abord voir ensemble quelques éléments de la géologie de l'Anti Atlas, puis nous allons ensuite décrire le massif de Jbel Sargho, le massif dans lequel on trouve plusieurs petites boutonnières précambriennes y compris notre zone d'étude.

III.CADRE GEOLOGIQUE

III.1.Cadre géologique régional

L'Anti-Atlas est l'un des domaines structuraux majeurs du Maroc, c'est un alignement de relief montagneux, orienté WSW-ENE, il s'étend sur plus de 600km² environ depuis l'océan atlantique (à l'W) jusqu'au Tafilalt en Algérie.

Il est limité au Nord par la Faille Sud Atlasique (**fig.12**) qui s'étend depuis la Tunisie jusqu'à Agadir et se prolonge en mer vers les Iles Canaries (Gasquet, 1991).

Sa limite sud est matérialisée par le bassin carbonifère de Tindouf (Neltner, 1938).

La chaîne anti-atlasique se subdivise en trois domaines (**fig.12**) :

- i) La partie occidentale** qui s'étend depuis l'Atlantique jusqu'aux piedmonts du Jbel Siroua.
- ii) La partie centrale** qui inclue le Jbel Siroua et la région de Bou Azzer, El Graara.
- iii) La partie orientale** regroupe les Jbels Saghro et Ougnat.

Cette subdivision est accentuée par un accident oblique (Choubert, 1947) : ***l'Accident Majeur de l'Anti-Atlas*** limitant l'Anti-Atlas occidental de l'Anti-Atlas central et oriental. Il traverse la boutonnière de Bou Azzer qui est orientée NW-SE (**fig12**).

Cette faille de direction moyenne WNW-ESE s'étend depuis le Nord du Jbel Siroua, où elle se branche sur la Faille Sud Atlasique, jusqu'à Zagora. Elle se prolonge sur près de 6000 km jusqu'au Kenya. Au Maroc, elle délimite à l'ouest un domaine dit éburnéen, d'un domaine panafricain à l'Est (Leblanc et Lancelot, 1980).

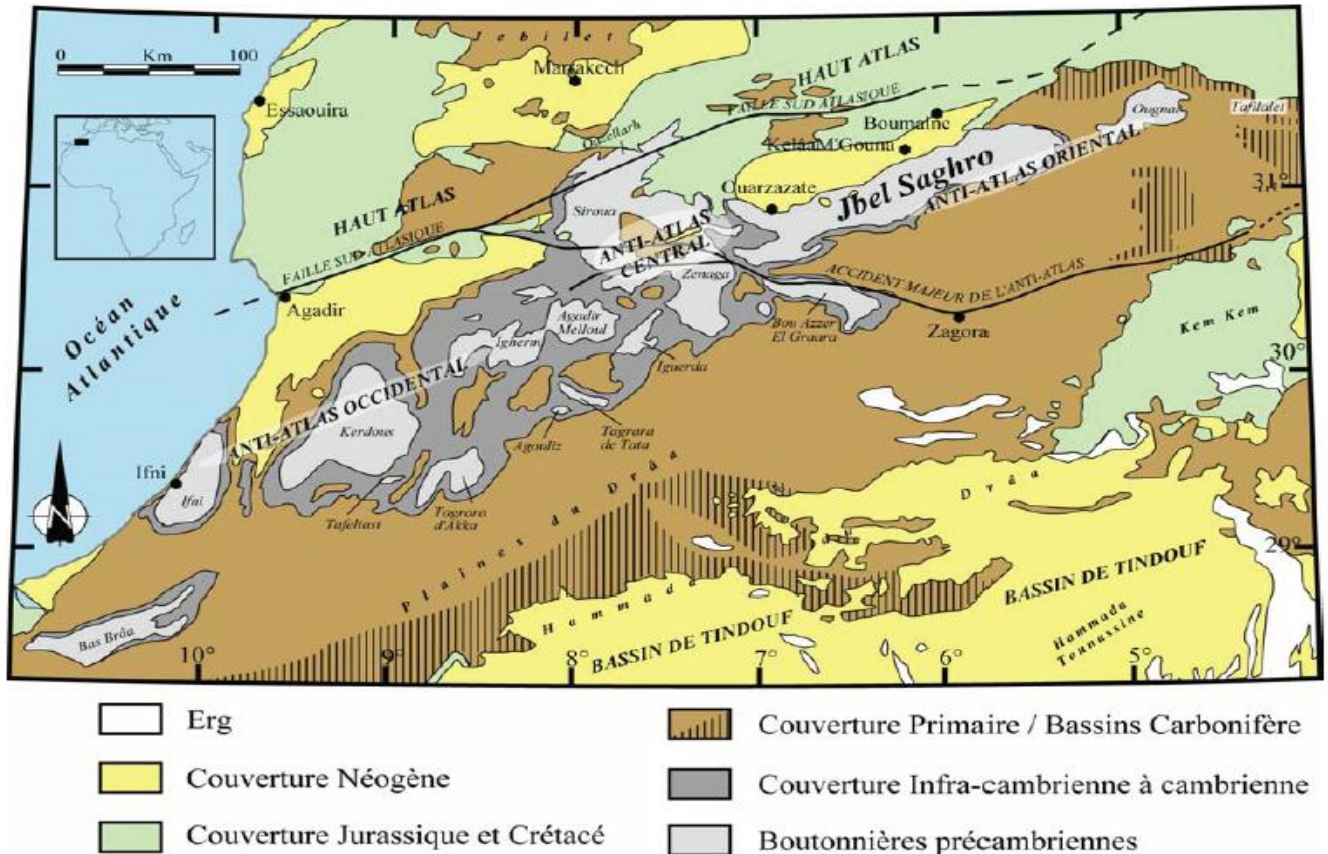


Fig.12 : Cadre géologique de l'Anti Atlas marocain (Choubert, 1980)

Le massif du Jbel Saghro (**fig13**), s'étalant sur une superficie de près de 4000 km², est limité au Nord par les Vallées du Dadès et du Toghdra, à l'Est par l'Ougnat et le Tafilalt, au Sud par le Jbel Bani et à l'Ouest par la Vallée du Draa.

Ce massif allongé selon une direction E-NE est constitué de formations précambriennes actuellement à l'affleurement au cœur des boutonnières (**fig12 et 13**).

Au cœur même du Jbel Saghro, les formations les plus anciennes (PII inférieur) affleurent dans quatre secteurs que l'on définira également comme des boutonnières de taille plus réduite, entourées par des épaisses formations du Précambrien terminal (PIII ou PII-III) et/ou de l'Adoudounien (Infracambrien, **fig13**).

D'ouest en est, on dénombre quatre secteurs (**fig13**):

- i) Sidi Flah- Bou Skour,
- ii) Kelâa M'Gouna,
- iii) Boumalne
- iv) Imiter.

Par analogie avec l'Anti-Atlas Central,

- ✓ le complexe inférieur du Jbel Sargho est composé des formations appartenant au PII inférieur et au PII supérieur (méta-sédiments silico-clastiques et des roches intrusives de type diorites et granodiorites) : interprétées comme étant déformées pendant les phases tectoniques B1 et B2, respectivement datées à 685 et 615 Ma (Clauer et Leblanc, 1975; Leblanc et Lancelot, 1980). Cette déformation est traduite par le redressement du plan de stratification S0 orienté N070°E (Saquaque et al., 1992) et par la formation de plis.
- ✓ le complexe supérieur n'est composé que des formations du PIII (roches volcaniques, volcano-détritiques et volcanoclastiques ainsi que de leurs équivalents plutoniques et filoniens) (fig13) (Ouguir et al. 1996).

Les formations du mio-pliocène, qui borde la partie NW du Jbel Sargho sont les derniers niveaux à être mis en place.

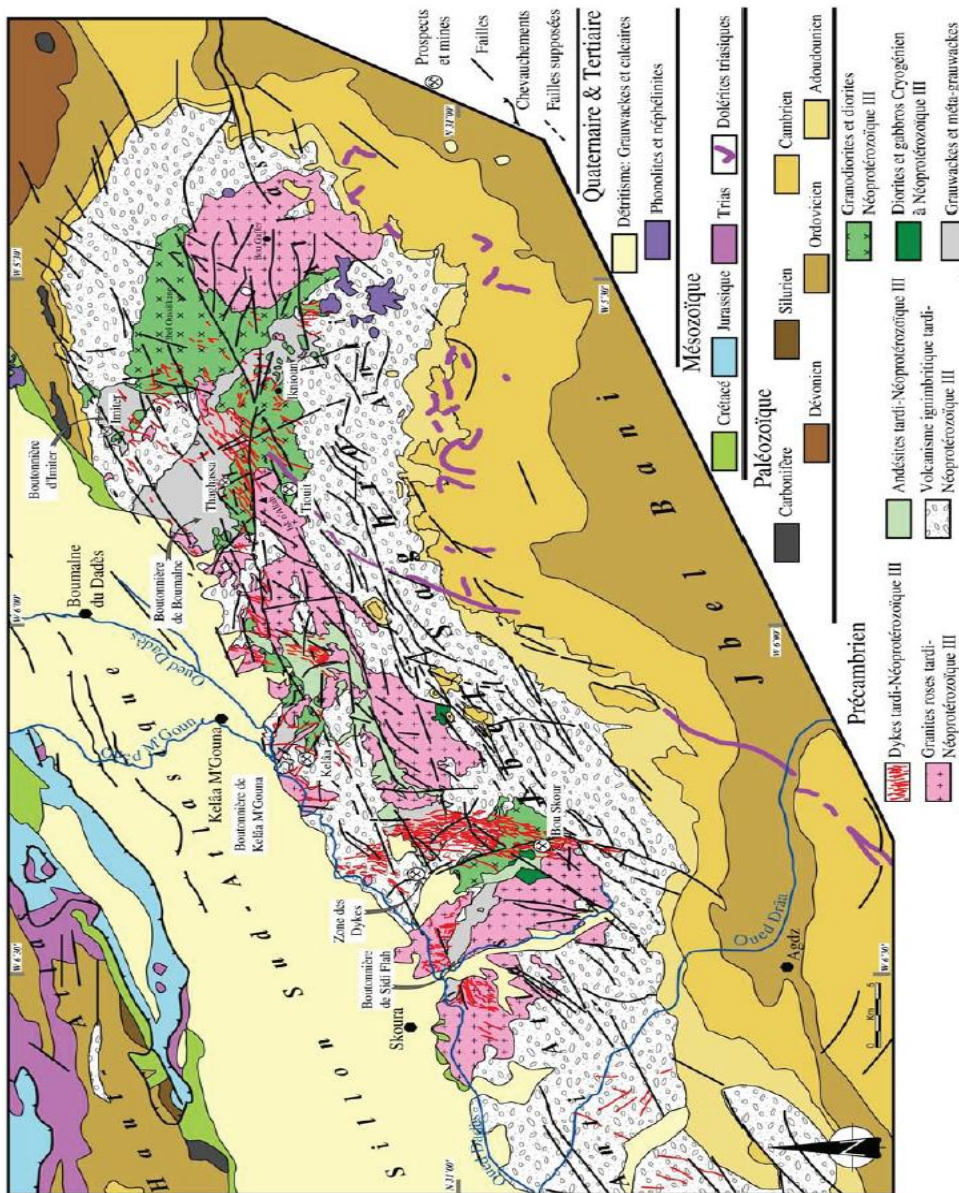


Fig.13 : Carte géologique du Jbel Sargho (Hindermeyer et al.1977)

III.2.Cadre géologique locale

III.2.1.Etude lithologique

L'histoire géologique de la boutonnière de SIDI FLAH est divisée en deux périodes :

- La 1^{ère} période correspond au P II-II qui correspond à une formation volcanique et volcano-sédimentaire (**fig14 et fig.15**), plissées et intrudées par les granitoïdes.
- La 2^{ème} période correspond au PIII, correspondant à la mise en place des intrusions granitiques.

Cette boutonnière est limitée au WNW par le grand accident de Sidi Flah qui la sépare du complexe plutonique (granite leucocrate).

Selon Leblanc (1975), on trouve dans cette boutonnière les volcanites du PII-III qui correspondent à une série ophiolitique formée d'andésites, gabbros et diorites semblables à celles de Bou- Azzer.

La boutonnière de Sidi Flah a subi beaucoup de plissements, de schistosités, de failles, et contient des filons basiques de plusieurs générations et directions, des filons de quartz - carbonates minéralisés(Fekkak ,2003)

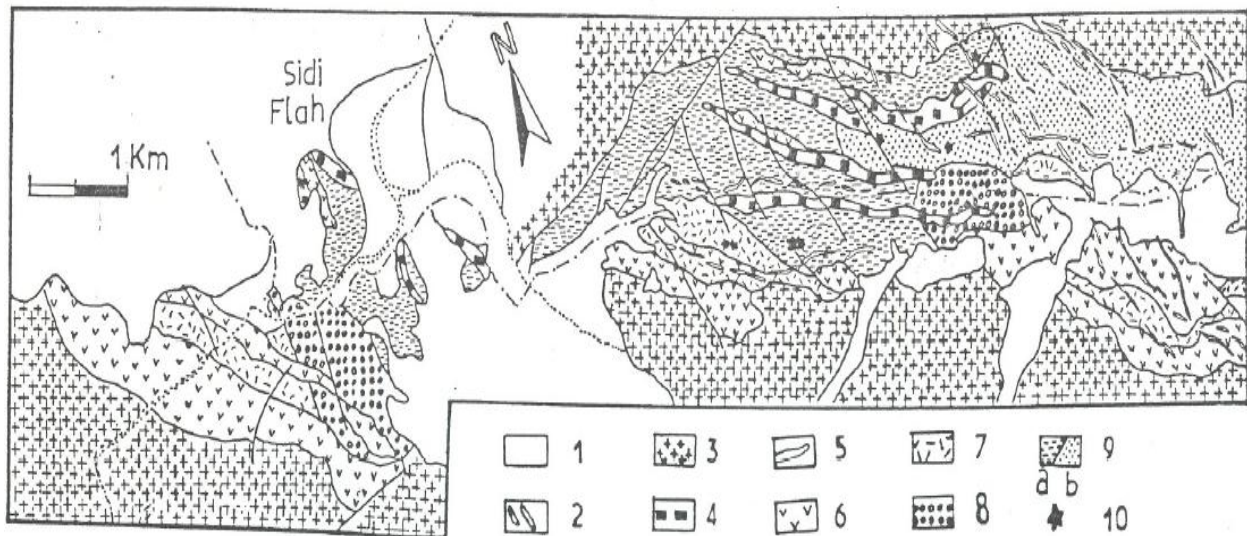


Fig.14 : Carte des facies de la boutonnière de Sidi Flah (Fekkak ,2003)

- | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|
| 1. Miopliocène | 2.Filons de rhyolites roses | 3.Granitoïdes | 4.Gabbros-diorites |
| 5. Kératophyres | 6.Basaltes | 7.Shales | 8. Grès lithiques |
| 9a.Serie grésopelitique | 9b. Grès massifs | 10.Ultrabasites | |

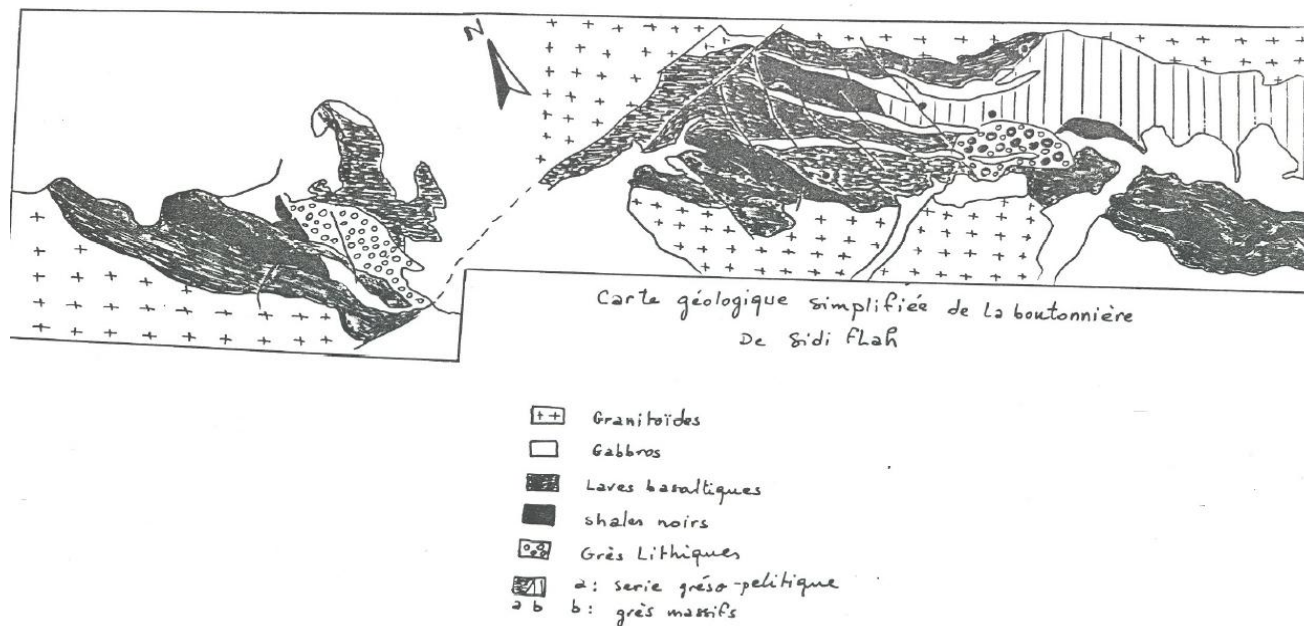


Fig 15 : Carte géologique simplifiée de la boutonnière de Sidi Flah (Fekkak, 2003).

III.2.1.1. Lithostratigraphie

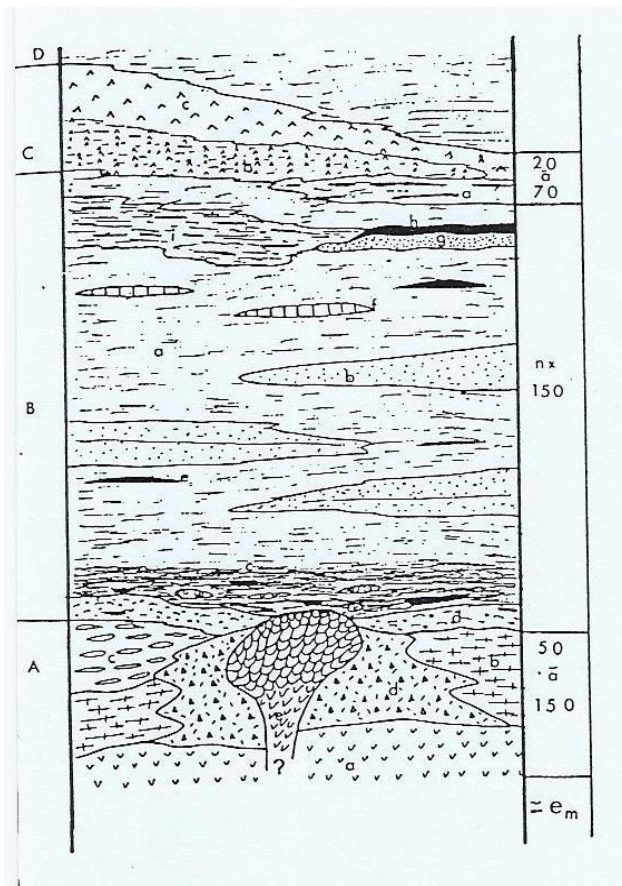
La boutonnière de Sidi Flah est composée de différents types de formations de nature lithologique variable (**fig.16**)

La succession lithostratigraphique (K.Nerci, 1989) de ces formations s'établit de bas en haut comme suit :

- ✓ **une formation volcanique mafique (A)** composée d'une succession de coulées plus ou moins massives ou vacuolaires, localement formés par des pillow-lavas, avec présence de brèches magmatiques et un dôme mafique traversé par un stockwerk sulfuré à dominance de pyrrhotite accompagné de pyrite, chalcoppyrite, sphalérite.
- ✓ **Une formation volcano-sédimentaire (B)** composée de métapelites, shales noirs, grauwackes avec les lentilles carbonatées et les jaspes.

Les lentilles conglomératiques et les shales noirs (galets et blocs de volcanites mafiques) sont situés à la base de la formation.

- ✓ **Une formation basique (C)** (amphibolites) composée de jaspes, d'amphibolites rubanées à la base qui évoluent en amphibolites massives au sommet sous l'effet de l'intrusion granodioritique.
- ✓ **Une formation volcano-sédimentaire (D)** situé au dessus des amphibolites (c). Elle est composée de pelites et grauwackes, c'est une formation supérieure préservée de l'intrusion granodioritique sous-jacente.



A : Formation volcanique mafique :

a : coulée massive ; **b :** faciès vacuolaire ;
c : coulée à pillow-lavas ; **d :** brèches magmatiques ;
e : dômes mafiques traversés par un stockwerk d'altération sulfuré.

B : Formation volcano_sédimentaire :

Essentiellement pelitique **a** et grauwackeuse **b** ;
c : shales noirs à galets remaniés de volcanites mafiques à sulfures disseminés ; **d :** lentilles conglomératiques ;
e : niveaux jaspeux ; **f :** lentilles de carbonates sans structures organiques évidentes ;
g : cinérites rubanés ; **i :** pelites grises ; **h :** jaspes

C : Formation basique (amphibolites) :

a : jaspes rubanés avec des amphibolites ; **b :** amphibolites rubanées ; **c :** amphibolites massives

D : Formation volcano-sédimentaire : pelites et grauwackes cornifiés

Fig. 16 : Lithostratigraphie précambrienne de la boutonnière de Sidi Flah (K.Nerci, 1989)

III2.1.2. Les dykes de Sidi Flah

La boutonnière de Sidi Flah présente un grand nombre de dykes, ceux qui sont ante et post-intrusions granitiques. Les dykes antérieurs aux granites sont quant à eux postérieurs aux formations volcaniques et volcano-sédimentaires et. Ils sont différents du point de vue nature pétrographique, direction et chronologie.

On y distingue 3 types :

- ✓ Les dykes de diorites quartziques
- ✓ Les dykes andésitiques
- ✓ Les dykes rhyolitiques

Ceux qui ressortent le plus dans le paysage sont les dykes de diorites quartziques avec une épaisseur de 20 à 100m enchainés et orientés WNW-ESE.

Ces diorites sont traversés par des dykes rhyolitiques orientés N70-N130. Ces derniers sont postérieurs aux dykes andésitiques puisqu'on trouve souvent aux bordures de ces rhyolites des restes d'andesites. On suppose que ces rhyolites ont suivi le chemin tracé par les dykes d'andesites.

Les dykes de diorites quartziques

Elles sont sécantes sur la formation volcanique et volcano-sédimentaire. Ils sont à texture grenue porphyrique au cœur du dyke avec diminution de la taille des grains en allant vers la périphérie (passage de structure grenue à une structure plus fine microgrenue).

Leur minéralogie reflète la présence des amphiboles (hornblende verte, trémolite-actinote), plagioclase, biotite, quartz, chlorite, calcite, épidote (agrégat de pistachite), sphène, zircon.

L'intrusion de ces diorites a engendré un métamorphisme de contact de faible étendue (l'auréole métamorphique est de quelques mètres).

Les termes volcanosédimentaires sont transformés en cornéennes et donnent des faciès tachetés.

Les dykes andésitiques

Ils sont antérieurs aux dykes rhyolitiques. Ils sont localisés dans la formation volcanique mafique, au niveau des pillow-lavas (flanc SW de la boutonnière) avec une orientation N70.

Sur le terrain, ils présentent toujours un aspect béchique et discontinu. Ils ont une texture microgrenue à grenue, à dominance de plagioclases albitisés avec des inclusions d'apatite, cimentés par l'amphibole, la chlorite, l'hornblende et l'actinote.

Les dykes rhyolitiques

Ils sont postérieurs aux dykes de diorites quartziques vu qu'ils traversent ces derniers. Ils sont aussi postérieurs aux dykes andésitiques selon le fait qu'on trouve des restes de ces andésites à leur bord. Ils sont de couleur rose pâle à blanchâtre, à cassure grise. Elles présentent une texture microgrenue et contiennent souvent de la sphalérite et de la pyrite en dissémination dans les environs des filons à quartz-carbonate.

Leur minéralogie est représentée par le quartz, les plagioclases, les phénocristaux de feldspath potassique, des petites paillettes de biotite et muscovite.

En conclusion, la chronologie des différentes intrusions montre que les dykes dioritiques sont les plus anciennes, puis viennent ensuite les dykes andésitiques qui recoupent les diorites et enfin les dykes rhyolitiques qui contiennent des enclaves des andésites.

Les diorites sont sécantes sur la série volcanique et volcano-sédimentaire plissée par la phase B1 (N40-N70).

Ils ont été affectés par une fracturation N130, donc ils n'appartiennent pas aux cycles volcaniques et volcanosédimentaires mais au contraire, ils sont liés aux intrusions magmatiques postérieurs à la phase B1.

III.2.1.3. Etude des granitoïdes

Comme nous l'avons vu au début on a mis en évidence (Hindermeyer et al.) l'existence d'une importante masse granitique bordant la boutonnière PII-III.

La chronologie de ces massifs granitiques (K.Nerci, 1989) montre que les *granodiorites à biotite et à amphibole* et des *diorites à amphibole* se mettent en place en premier, puis viennent des *granites leucocrates* et enfin des granites roses.

Donc les granodiorites et les granites leucocrates sont antérieurs aux formations volcaniques PIII alors que les granites roses sont postérieurs à une partie du PIII.

Les granites leucocrates sont plus répandus vers le NE. Vers le NW, il ferme la boutonnière par un contact faillé (N70) avec la série volcanique et volcanosédimentaire. Ils sont recoupés par des dykes rhyolitiques NS.

Les granites roses ont la particularité de contenir des enclaves. Ils sont parcourus par des filons de microgranites roses qui se sont mis en place dans des fractures d'extension. De plus, ils sont parcourus par des aplites à tourmaline et des filons de tourmaline.

La chronologie de ces granites est basée sur des observations des contacts intrusifs filoniens et d'enclaves :

- ✚ Présence des enclaves des granodiorites dans le granite leucocrate
- ✚ Présence des enclaves de granites leucocrates dans le granite rose qui est considéré comme la dernière intrusion granitique dans ce secteur.
- **Les granodiorites** : La minéralogie des granodiorites est composée :
 - ✚ **Paragénèse 1^{ère}** : le quartz, l'oligoclase très altéré, l'orthose très brechifiée, la biotite, l'hornblende accolé aux plagioclases et aux cristaux automorphes.
 - ✚ **Paragénèse 2^{ème}** : épidote, la sericite, la chlorite,

Ils contiennent aussi des minéraux opaques à savoir la magnétite, l'hématite et la pyrite et les minéraux accessoires : apatite, calcite et le zircon.

- **Les diorites** : La minéralogie des diorites comme dans la granodiorite est étalée sur deux paragénèses :
 - ✚ **La paragénèse 1^{ère}** : plagioclases, hornblende automorphe, biotite altérée, quartz, avec des minéraux accessoires (apatite, zircon, sphène, pyrite et sphalérite en dissémination dans les minéraux de la paragénèse 1^{ère}, la magnétite.
 - ✚ **La paragénèse 2^{ème}** : actinote (qui se forme au dépend de l'hornblende), l'épidote.

- **Le granite leucocrate** : très altéré et friable en raison d'une importante fracturation, il est de couleur gris-blanchâtre et il est très schistosé (direction N-S)

Sa minéralogie est dominée par le quartz, les plagioclases albitisés (15% d'anorthite) ; orthose perthite microcline, biotite altérée contenant de la magnétite et des oxydes de fer et de titane, la muscovite et le chlorite, produits secondaires à partir de la biotite. Ce granite renferme aussi quelques minéraux accessoires (calcite, apatite, zircon, pistachite, sphène, peu de tourmaline.

Le granite rose : Sa composition minéralogique est faite de feldspaths roses ou blancs et de la biotite disséminée. Le quartz est fortement brechifié avec des cristaux subarrondis.

La calcite semi-automorphe et l'épidote remplacent les feldspaths.

Des minéraux accessoires sont aussi présents : zircon, apatite, chlorites diverses, séricite, sphène.

III.2.2. Métamorphisme

La boutonnière de SIDI FLAH a été soumise aux conditions thermodynamiques caractéristiques du métamorphisme régional de faible degré (faciès schiste vert), contemporain de la phase de plissement principale qui affecte toutes les formations.

Ce métamorphisme est caractérisé par des minéraux de faible degré comme la chlorite, la muscovite, l'albite et l'épidote dans les formations pelitiques et à grauwackes, la chlorite, l'albite, l'épidote et trémolite actinote dans les formations volcaniques mafiques.

A ce métamorphisme régional se superpose un métamorphisme de contact accompagnant les intrusions de dykes dioritiques et des massifs granodioritiques (K.Nerci, 1989)

III.2.3. Etude structurale

La tectonique

La région de SIDI FLAH a subit trois phases de plissement :

- La première phase (N40-N70) avec des plis de faible amplitude avec une schistosité de flux, sub-verticale (**fig.17**). Elle est accompagnée d'un métamorphisme régional synschisteux se traduisant par des néoformations de chlorite et muscovite orientées dans les plans de schistosité. Ces plis résultent d'une compression NW-SE.

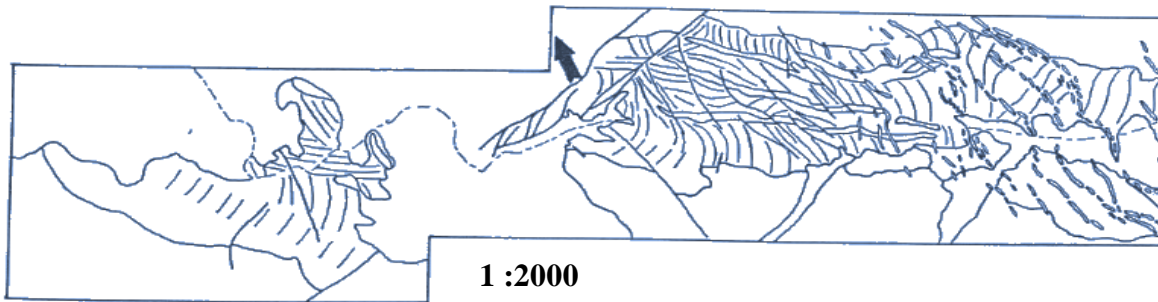


Fig. 17: Carte des trajectoires de la schistosité dans la boutonnière de Sidi Flah (Rapport REMINEX)

- La deuxième phase (N130) est plus marquée que la première. Elle est caractérisée par une schistosité de fracture, à plongement NE très redressé où elle est développée surtout dans les sédiments du NW et diminue vers le SE en raison de la compétence des roches. Cette phase n'est pas accompagnée du métamorphisme. Cette schistosité résulte d'une compression NE-SW. Après cette compression se poursuit une distension NNE-SSW tardive à post-compression marquée par une montée des intrusions de diorite quartzique en lames de direction 130, qui s'injectent dans des ouvertures de la schistosité N130, et ils développent un métamorphisme de contact à leurs épontes.

A la fin de cette distension, il y a mise en place des intrusions granodiorites à biotite et amphibole bordant la boutonnière au NE et SW.

- Une troisième compression orientée E-W provoque des cisaillements (N70-N130). Sa relaxation (distension E-W) donne naissance à des granites leucocrates. Ces granites contiennent des enclaves de granodiorites, de formation volcanique et volcano-sédimentaire, de diorites, ce qui constitue un bon critère de chronologie. (**fig18**)

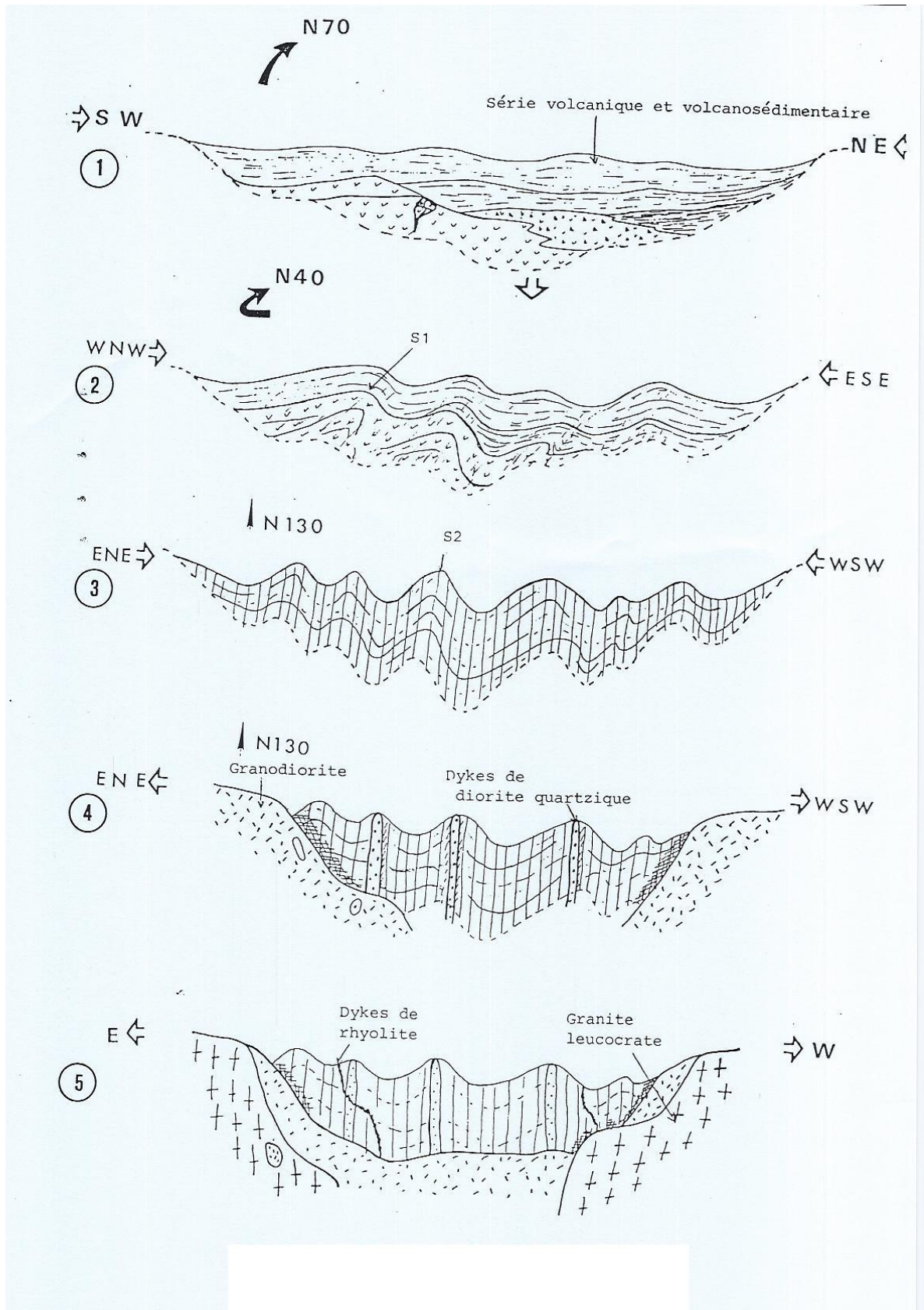


Fig.18. Différentes phases de déformation dans la boutonnière de Sidi Flah (K.Nerci,

La tectonique cassante est représentée par des failles de différentes directions : N-S, NE-SW, NW-SE.

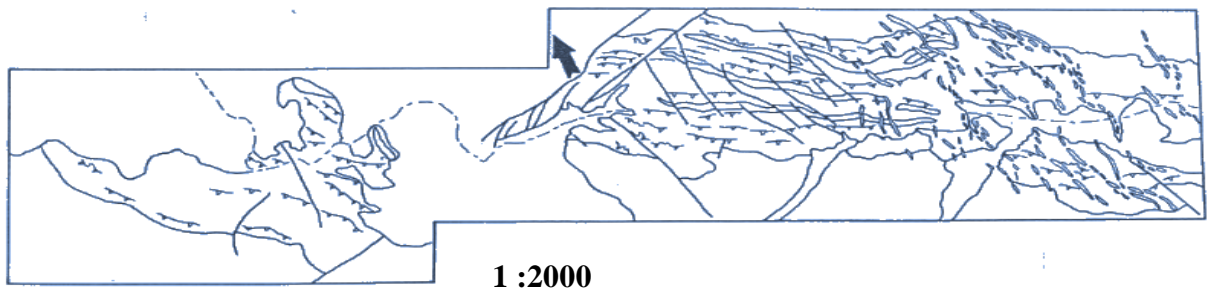


Fig.19: Carte des trajectoires de la stratification initiale et les failles associées (rapport Reminex)

Remarque : La boutonnière de Sidi Flah présente un contraste de déformation (**fig20**) qui est bien remarquable en allant d'W de la région (partie moins déformée) vers la zone Centre-Est qui a subit beaucoup plus de contraintes (zone pleine de cassures) et qui devient encore moins intense vers le NW.

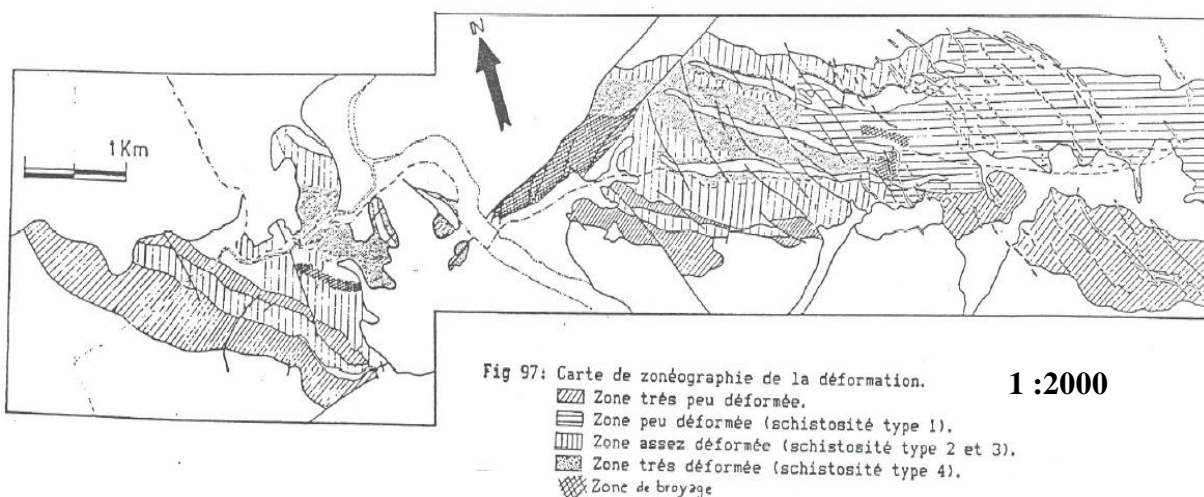


Fig.20 : Carte de zoneographie de la déformation dans la boutonnière de Sidi Flah (rapport REMINEX)

III.2.4. Etude des minéralisations

La boutonnière de SIDI FLAH a été toujours réputée pour ses minéralisations. La minéralisation de SIDI FLAH se présente sous forme :

- ❖ **Disséminée :** essentiellement la pyrite ou la pyrrhotite, parfois la chalcopryrite disséminées dans les pelites et les shales noirs, dans les facies volcaniques (pillow-lavas, coulées à vacuoles) et dans les brèches associés, on y trouve des disséminations de pyrite, sphalérite et chalcopryrite : c'est l'étape syngénétique

- ❖ **Stockwerk** : à dominance de pyrrhotite avec de faibles teneurs de chalcopryrite, sphalérite et pyrite, localisé au sommet de la formation volcanique mafique. Sa dimension est de 200m de long et 50 m de largeur.

- ❖ **Filonienne, rubanée ou béchique** : les principaux minéraux de filons sont par ordre d'importance :
 - La sphalérite
 - La galène
 - Arsénopyrite
 - Chalcopryrite
 - Pyrite

Avec présence de quelques minéraux argentifères.

Tous ces minéraux sont encaissés dans la gangue quartzo-carbonatée. Seule cette dernière contient de minéralisations, elle constitue un guide de prospection.

Les filons minéralisés de SIDI FLAH sont concentrés dans un couloir de direction NW-SE. Ils traversent les formations volcaniques et volcano-sédimentaires. Les filons concentrés dans les massifs granitiques sont stériles et ne contiennent que des traces de sulfures.

Dans le secteur de Sidi Flah , les filons minéralisés sont de type quartzo-carbonaté de direction N-S, E-W (90-130°), NW-SE (160°) et NE-SW (40-70°) avec une puissance de 0.2 à 2m et un pendage sub-vertical .En général, les filons subméridiens coupent ceux de direction E-W.

Dans les filons explorés, on trouve que l'argent est lié aux sulfures de Cu (chalcopryrite) dans les structures à gangue quartzreuse dominante dans le secteur Est ; au galène dans les filons de dolomie rougeâtre (Centre-Nord et W)

Donc la distribution de la minéralisation montre une zonalité régionale orientée E-W (Lamos ,1986) :

Dans le secteur Est domine la minéralisation de Cu-Ag, à gangue quartzreuse alors que dans le secteur central-Nord et W domine celle de Pb, Zn, Ag à gangue carbonaté.

a) Pyrite

Dans les filons minéralisés, la pyrite est en faible quantité par rapport à la sphalérite et à la galène. Elle remplace l'arsénopyrite, la sphalérite et la galène qu'elle renferme en inclusions (elle est postérieure par rapport à une génération de sphalérite et de galène).

Par contre, elle est antérieure à une autre génération de sphalérite qui forme des cristaux automorphes autour d'elle.

Les analyses qualitatives de la pyrite ont montré qu'elle renferme de l'Ag, Sn, Zn en traces et pas d'As.

b) Marcasite

Comme la pyrite, la marcasite peut cimenter aussi des fractures de l'arsénopyrite ou la remplacer. Elle a une structure lamellaire, soit isolée ou moulées par la sphalérite.

c) Pyrrhotite

Elle est peu fréquente, et souvent associée à la chalcopyrite. Elle se présente aussi en fines lamelles en inclusions dans la sphalérite et la chalcopyrite.

d) Arsénopyrite

Elle est très fréquente dans tous les secteurs de SIDI FLAH, sous forme de grains groupés en agrégat dans la gangue ou sous forme de grains disséminés dans la roche. Il est présent aussi bien dans les filons carbonates que les roches encaissantes.

L'arsénopyrite est parfois en cristaux fragmentés et cimentés par la galène. ces minéraux sont ensuite remplacés par la pyrite ou la marcassite.

e) Sphalérite

Elle se manifeste fréquemment sous une forme disséminée, en grains et amas ou même sous forme de gros cristaux.

f) La chalcopyrite

Elle existe dans les veinules accompagnées souvent du cuivre gris. Elle est souvent associée à la sphalérite et la galène. Les analyses qualitatives ont unis en évidence la présence de Sb, As et Ag.

g) La galène

Moins abondante que la sphalérite. Elle se présente souvent en agrégats xénomorphes aux quels peuvent être associés de la chalcopyrite et du cuivre gris.

h) Le cuivre gris

Peu abondant, il est en association avec la sphalérite, la galène et la chalcopyrite. On y trouve d'autres minéraux comme la malachite et l'azurite abondants dans le secteur. La magnétite et l'hématite en inclusion dans la chalcopyrite, ce sont des produits d'oxydation des sulfures.

IV.RESULTATS DES TRAVAUX DE PROSPECTION GEOCHIMIQUES ET GEOPHYSIQUES ANTERIEURS

IV.1. Prospection géochimique

Les travaux de prospection géochimique à l'échelle stratégique, établis dans la région de Sidi Flah ont été effectués par REMINEX sur quatre différentes zones:

- a. La zone de shearzone (zone Ouest)
- b. La zone centre-Est
- c. La zone Est
- d. La zone de Tête de chameau

Les résultats de cette recherche ont révélé que les anomalies pour différents métaux (Argent, Cuivre, Plomb, Zinc, Arsenic, Or) sont réparties comme suit :

1. Argent

- Carte contourée à 10 g/t
- Présence de 8 anomalies inégalement réparties sur ces quatre zones (**fig20**) :
 - ✚ Shear zone : anomalie noté « SZ1-SZ2 »
 - ✚ Centre Est : anomalie noté « CE1-CE2»
 - ✚ Est : anomalie noté « Est»
 - ✚ Tête de chameau : anomalie noté « TC1-TC2-TC3»

Pour l'Ag, par ordre de fréquence des anomalies, la zone de Tête de chameau vient en premier, puis la zone de Shear zone suivie de la zone Est et enfin la zone Centre Est.

2. Cuivre

- Carte contourée à 100g/t
- Présence de 2 anomalies principales dans la zone de Shear zone et de Tête de chameau (teneurs les plus fortes : SZ1 et TC1)

3. Zinc

- Carte contourée à 500g/t
- Anomalies lâches (bruit de fond élevé) mais les teneurs deviennent de plus en plus élevés vers la zone Est et la zone de Tête de chameau.

4. Plomb

- Carte contourée à 500 g/t
- Les anomalies sont très contrastées, avec des teneurs particulièrement élevées vers l'Ouest (zone de Shear zone)

5. Arsenic

- Carte contourée à 100g/t
- Bruit de fond élevé, avec des teneurs maximales sur la zone shear zone, zone Est et Tête de Chameau

6. Or

- Les analyses d'échantillons ont montré des faibles teneurs pour l'Or allant de 50 à 200 ppb

Tableau récapitulatif montrant le classement des anomalies (Phase stratégique)

Nom	Orientation	Longueur	Teneurs maximales				Classement	
			(m)	Ag (g/t)	Zn (g/t)	Pb (g/t)	Cu (g/t)	
Shear zone 1	N 80°	1 000	47	8 764	8 774	16 624	4	
Shear zone 2	N 70°	900	15	7 960	7 110	2 865	5	
Centre Est 1	N 30°	600	32	2 956	2 548	554	5	
Centre Est 2	N 80°	800	18	10 697	6 779	3 032	5	
Est	N 50°	1 000	61	9 926	2 360	423	3	
Tête de chameau 1	N120°	1 300	385	19 266	1 467	74 558	1	
Tête de chameau 2	N 30°	500	76	13 957	971	8 858	2	
Tête de chameau 3	N 40°	1 000	17	8 600	2 039	2 980	5	

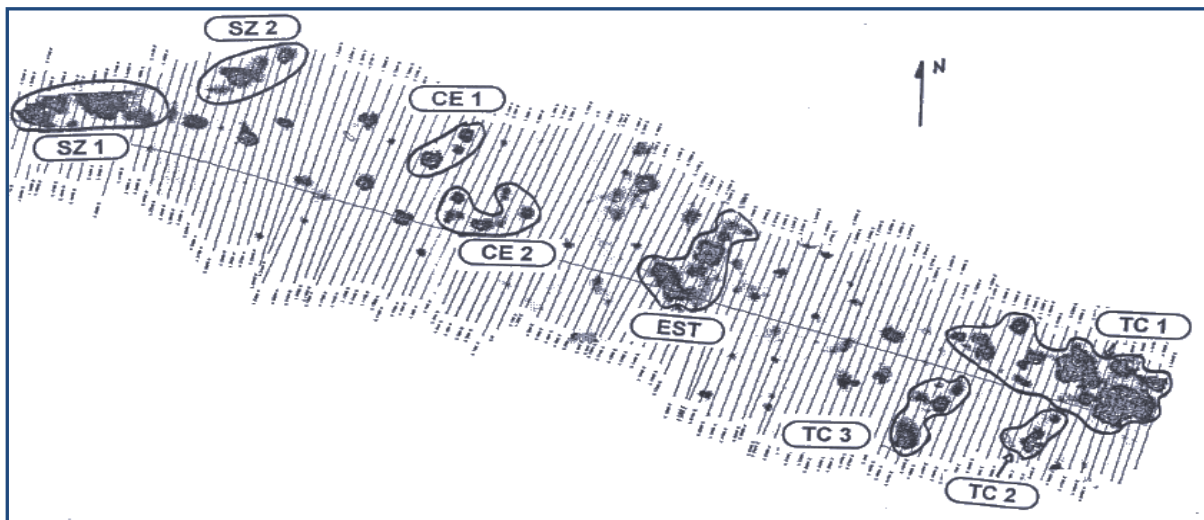


Fig.21 : Carte d'anomalie d'Ag à Sidi Flah (Echelle stratégique)

IV.2.La prospection géophysique

Des travaux de géophysique réalisés dans la boutonnière de SIDI FLAH en 1992 par la CTT(ONA) sont faits sur 2 échelles :

IV.2.1. Echelle stratégique

L'échelle stratégique comprend des mesures magnétiques et le levé max-min (électromagnétisme)

Le magnétisme

Le magnétisme à Sidi Flah a été réalisé comme suit (**fig22**) :

La mesure de la variation du champ magnétique a nécessité l'utilisation de deux magnétomètres :

- Magnétomètre de base
- Magnétomètre mobile.

Les corrections des variations diurnes du champ magnétique furent réalisées. Le champ magnétique de référence était de 40000 nt. Les résultats sont présentés sous forme d'une carte de contour du champ magnétique établie à l'échelle de 1/2000.

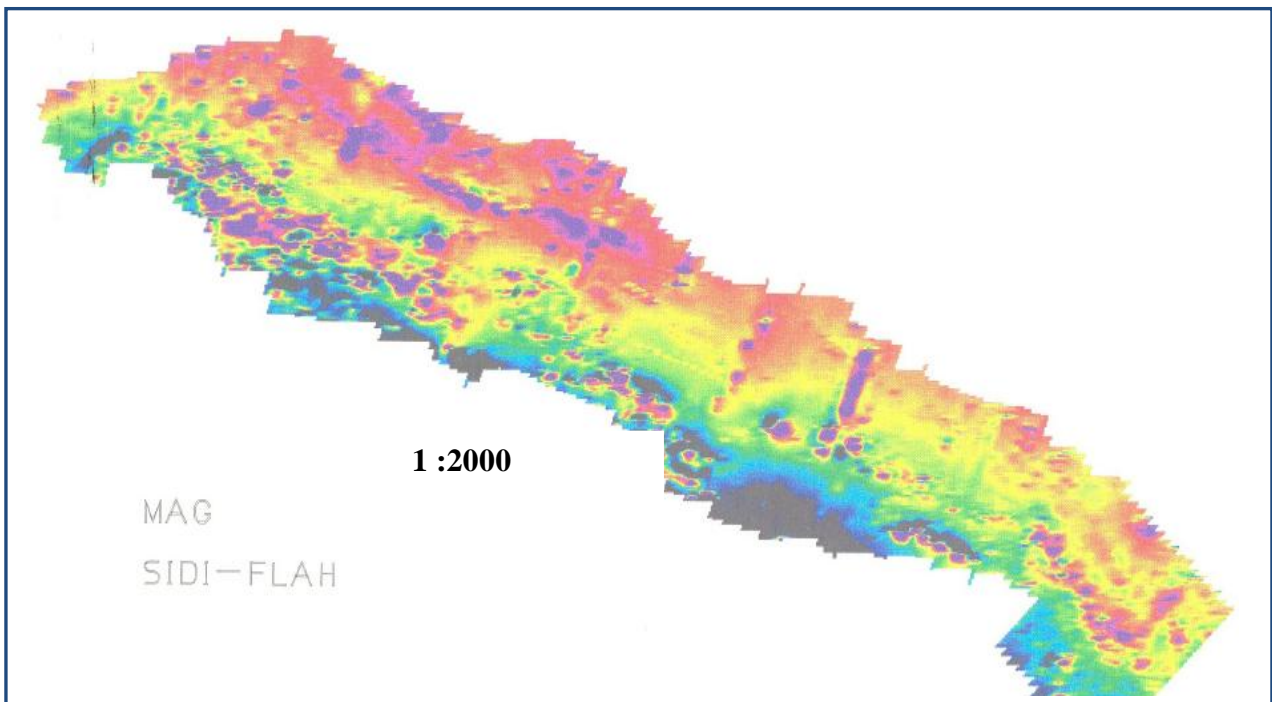


Fig.22 : Carte d'anomalie magnétique de Sidi Flah

Electromagnétisme (Levé max-min)

Le levé max-min fut réalisé sur trois zones :

La zone centre, la zone de Tête de chameau et la zone Est avec trois fréquences : 222Hz, 444Hz et 1777Hz.

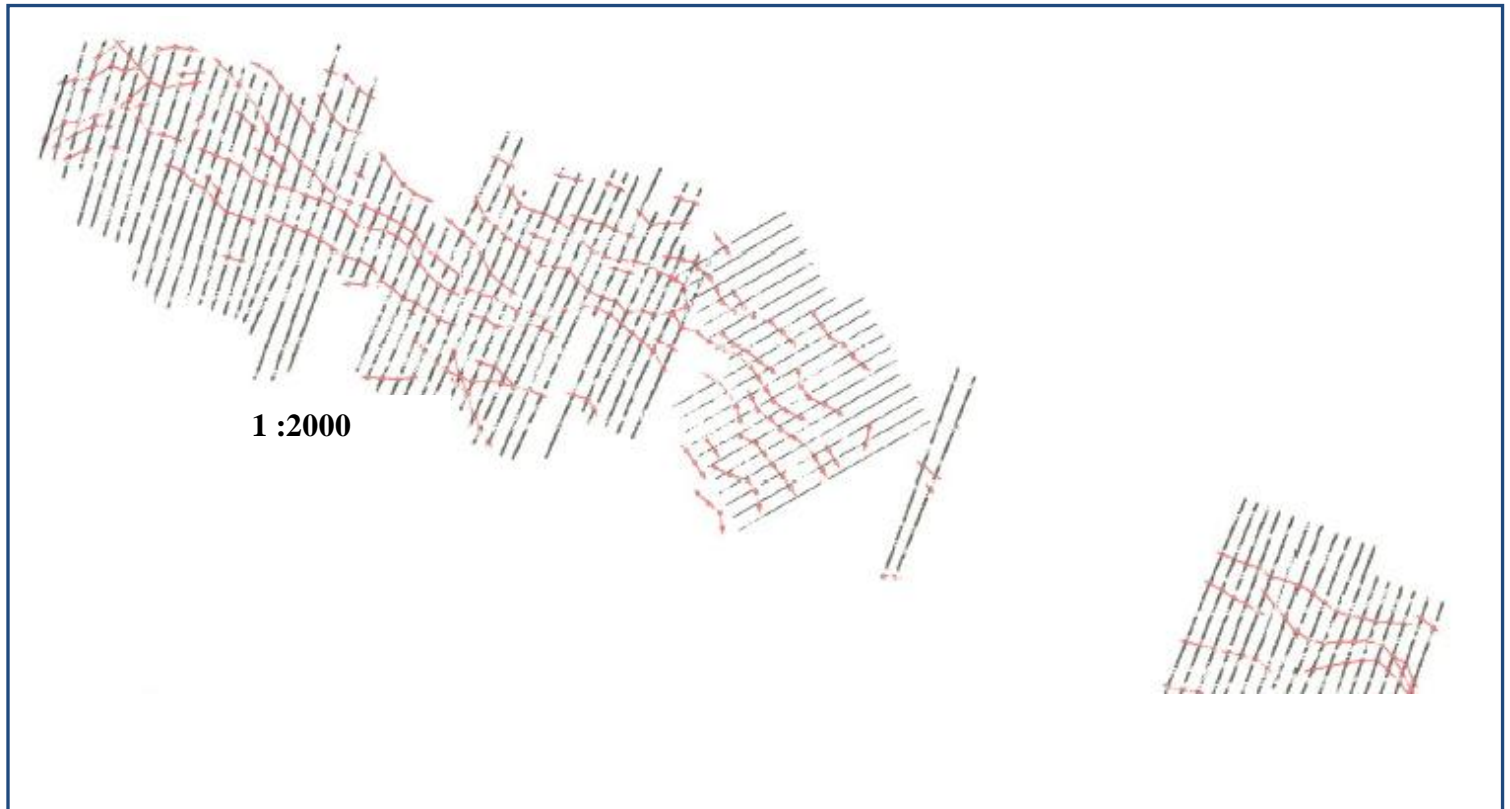


Fig.23 : Levé max-min de Sidi Flah

IV.2.2.Echelle tactique

Les mesures par polarisation provoquée ont été effectuées dans la région :

BUT :

Réaliser un levé magnétométrique au sol dans la région, sachant que cette zone à déjà fait l'objet des anciens travaux géologiques (sondages carottés et percutants, travaux de cartographie), et géochimiques.

Grille de levé :

- L'ensemble de levé effectué sur le secteur représente environ 36 km de mesure.
- Les lignes de mesure ont une longueur de 700m avec une direction N175°.
- La ligne de base orientée N85° est situé au N de la grille.
- Le pas de mesure à été fixé à 10 m.

Une grille PP a été réalisée sur deux secteurs : Le centre-Est (a=40m) et la zone Est (a=50 m) (**fig. 24**). Les régions présentent une basse résistivité et une haute chargeabilité.

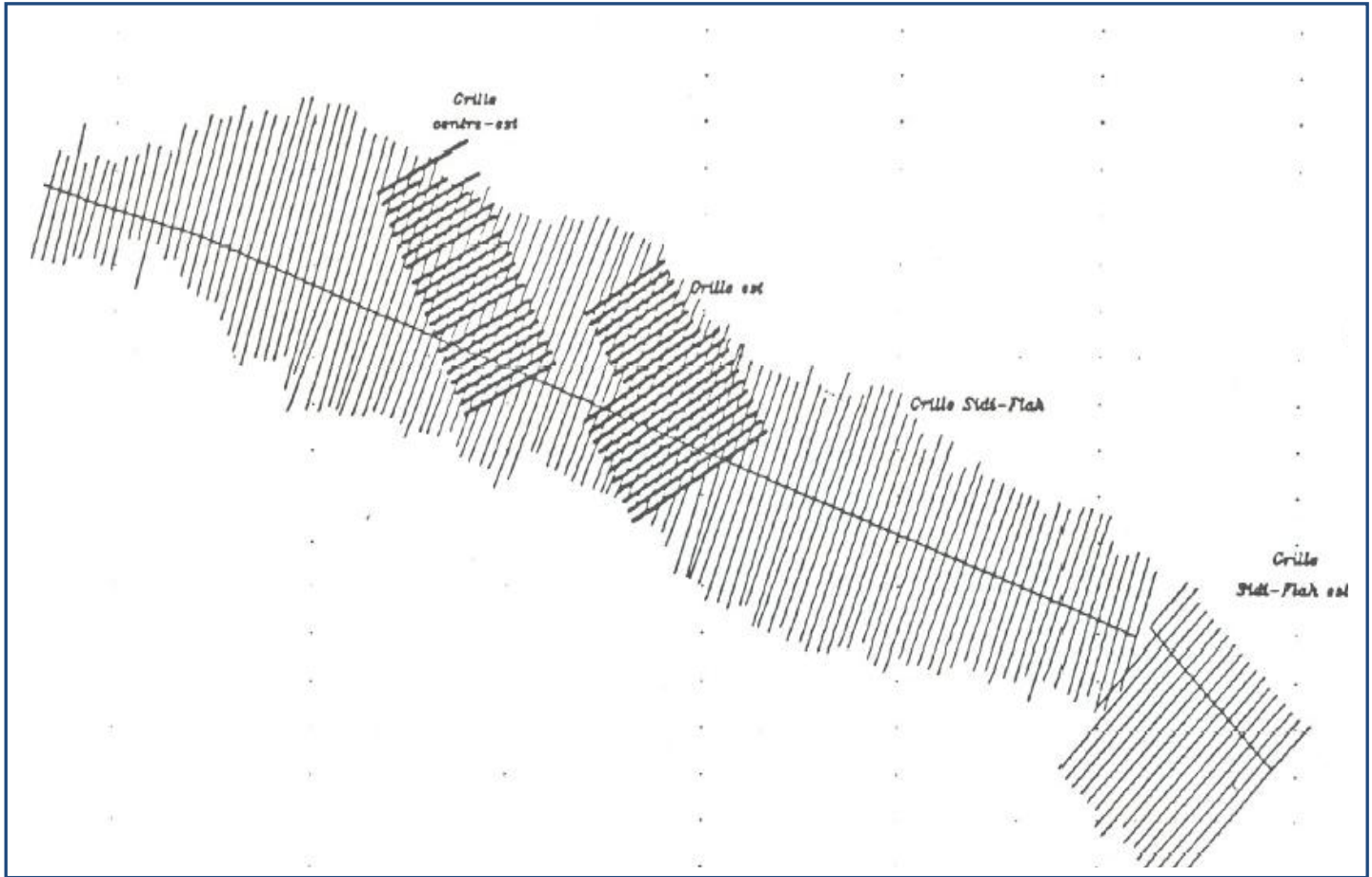


Fig.24 : Grille Polarisation provoquée

IV.3.Compilation des données géochimiques et géophysiques

Ces anomalies proviendraient soit des intrusions gabbroïques tardives, d'un enrichissement locale en magnétite ou en pyrrhotite, aux minéralisations tardives associés aux différentes structures, soit les minéralisations synvolcaniques (amas sulfurés) ou synsedimentaires (type SEDEX).

Les anomalies magnétiques recensées sur ce secteur ont des amplitudes qui restent en général inférieur à 200 nt. On remarque également que ces anomalies se présentent sous formes ponctuelles sur l'ensemble du secteur.

Ces travaux effectués ont permis une poursuite de recherches dans la région. C'est dans ce même sens qu'une série de sondages et de travaux miniers ont été réalisé dans la zone.

IV.4. Les sondages, puits et tranchées

❖ 1969-1975 :

Suite aux analyses géochimiques des échantillons des roches, des tranchées, allant jusqu'à 370 g/t d'Ag, une campagne de 6 sondages carottés a été réalisée en 1970 pour une reconnaissance avancée de cette minéralisation d'Ag.

- ✓ SF-1, SF-2, SF-3 : secteur central.
 - ✓ SF-5, SF-6, SF-7 : secteur Nord.
- Seul le SF-1 a été positif avec 244 g/t d'Ag.

❖ 1982-1985 (Travaux de BRPM) :

De 1982-1985, 34 petits puits et tranchées ont été réalisés, appuyés de 34 sondages carottés sur les différentes structures sélectionnées.

Ces sondages exécutés ont pour but de :

Vérifier l'extension latérale et verticale des structures favorables minéralisées en minéraux d'Ag, Cu – Pb et Zn.

d) 1982-1983:

- ✓ Exécution des tranchées et petits puits au sein des anciens travaux à teneur en Argent élevée, exploration géologique superficielle
- ✓ Réalisation de 18 sondages (sur une longueur de 1989m) inclinés le long des structures filoniennes (dont 6 ont été positifs) accompagnés des travaux miniers.
- ✓ Echantillonnage lithologique et minéralisé des anciennes haldes.

e) 1984 : 8 sondages ont été réalisés sur une longueur de 815m

f) 1985 : 8 sondages sur une distance de 916m

- Une cartographie à l'échelle 1/2000 sur une vingtaine de km² a été réalisée.

Résultats :

- ⇒ Ils ont montrés que la minéralisation est concentrée soit dans des petits filons (10-60 cm de puissance) quartzo-carbonatés ou bréchiq, soit dans les petites fissures.
- ⇒ Ils ont confirmé aussi la présence de la minéralisation cupro-argentifère dans le secteur Est et de la minéralisation Ag-Pb-Zn dans les secteurs central et Nord du district SIDI FLAH.

❖ **1986-1987 :**

- 31 tranchées sur un faisceau de filon (secteur central), orienté N90-N130 et encaissé dans la formation volcano-sédimentaire. Seulement 2 tranchées positives.
- 2 sondages carottés sur ce faisceau totalisant 290,60 m, et un sondage de 80,2 m sur la structure orientée NWN -SES(160) au secteur central et un autre sondage de 100,2 m sur la structure NE-SW(70) au secteur West.
- Cartographie au 1/2000 (Lamos et MATSUTOYA).
- Géochimie des roches : 2 corps lithogéochimiques ont été effectués, réalisés sur des faciès schisteux à proximité des filons quartzo-carbonatés. Les échantillons prélevés montrent toujours des teneurs anormales en Ag (6ppm-17ppm).
 - ⇒ Il en ressort de ces travaux (Lamos, 1987) que les structures minéralisées sont encaissées dans les formations volcano-sédimentaires d'âge PII-III. La minéralisation est essentiellement confinée dans les filons quartz-carbonates.
 - ⇒ Les minéraux d'Ag sont associés aux sulfures de Cu dans les structures essentiellement à gangue quartzreuse (secteur Est) et aux sulfures de Pb dans les structures à gangue carbonatée (dolomitique) dans les autres secteurs.

❖ **1989-1992 :**

Des travaux par la CTT (ONA) ont été réalisés :

- ✓ Géochimie stratégique : 3200 échantillons
- ✓ Géochimie tactique : 6760 échantillons
- ✓ 4 sondages carottés sur une longueur de 1042m (shear-zone)
- ✓ 10 sondages percutants (shear zone)
- ✓ PPL sur une distance de 57 km.
- ✓ Le magnétisme sur 36km.
- ✓ Cartographie (4 cartes géologiques) au 1/ 2000 de shear-zone, zone de puits ; zone EST et centre-EST.
- ✓ Une cartographie structurale sur 1/8000.

IV.5. Synthèse des résultats des différentes zones de Sidi Flah

Les travaux de prospection tactique par chaque secteur de Sidi Flah ont été réalisés :

- ✓ Zone de Shear zone (1989-1990)
 - **La géochimie** a permis la mise en évidence de quatre anomalies (Argent, Zinc, Plomb et arsenic) de direction N45⁰E et localisées sur des fentes à quartz.
 - **Les travaux de géophysiques (PPL)** ont permis la mise en évidence de 21 anomalies de direction N 80⁰E, disposées dans un couloir limité aux Nord par une zone résistive liée à la présence des granites PII supérieur et au Sud par une zone chargeable liée à la présence des schistes gréseux

➤ **Les sondages carottés** ont donné les résultats suivants :

N° SONDAGE	Ag (g/t)	Zn (%)	Côte (m)
SZCI.1	27		37,25 m à 37,95 m
		1,27	36,50 m à 38,50 m
		3,50	82,20 m à 85,95 m
SZCI.2	12	1,59 - 1,9	20,90 m à 21,70 m
			21,70 m à 23,85 m
SZCIII.1	38		14,80 m à 15,60 m
	27		17,20 m à 18,50 m
	28		51,40 m
SZCIV.1	108		108,60 m à 109,45 m
	105,196	1,59	145,10 m à 146,80 m
		3,90	119,90 m à 145,90 m

⇒ On en déduit que la minéralisation est essentiellement dominante dans la zone de fracturation et dans la zone de broyage. La pyrrhotite liée à la formation de la roche a subi une altération en pyrite et marcasite.

✓ Zone Centre-Est

- **Les travaux de géochimie** ont révélé une anomalie d'Ag associée à du Zn, Pb (fig.25, 26 et 27) localisée sur des structures faillées de directions N160°E affectant l'encaissant sédimentaire et des diorites.
- **Les travaux de géophysique(PPT)** ont montré une zone chargeable et conductrice de direction NW-SE, encaissées dans le schiste-gréseux et shales noirs. Les zones résistives délimitent les massifs dioritiques.
- **Les 6 sondages** effectués dans la région ont donné des teneurs de 46 à 100g/t d'Ag, 3% de Zn avec des teneurs d'Au de 50-90 ppb.

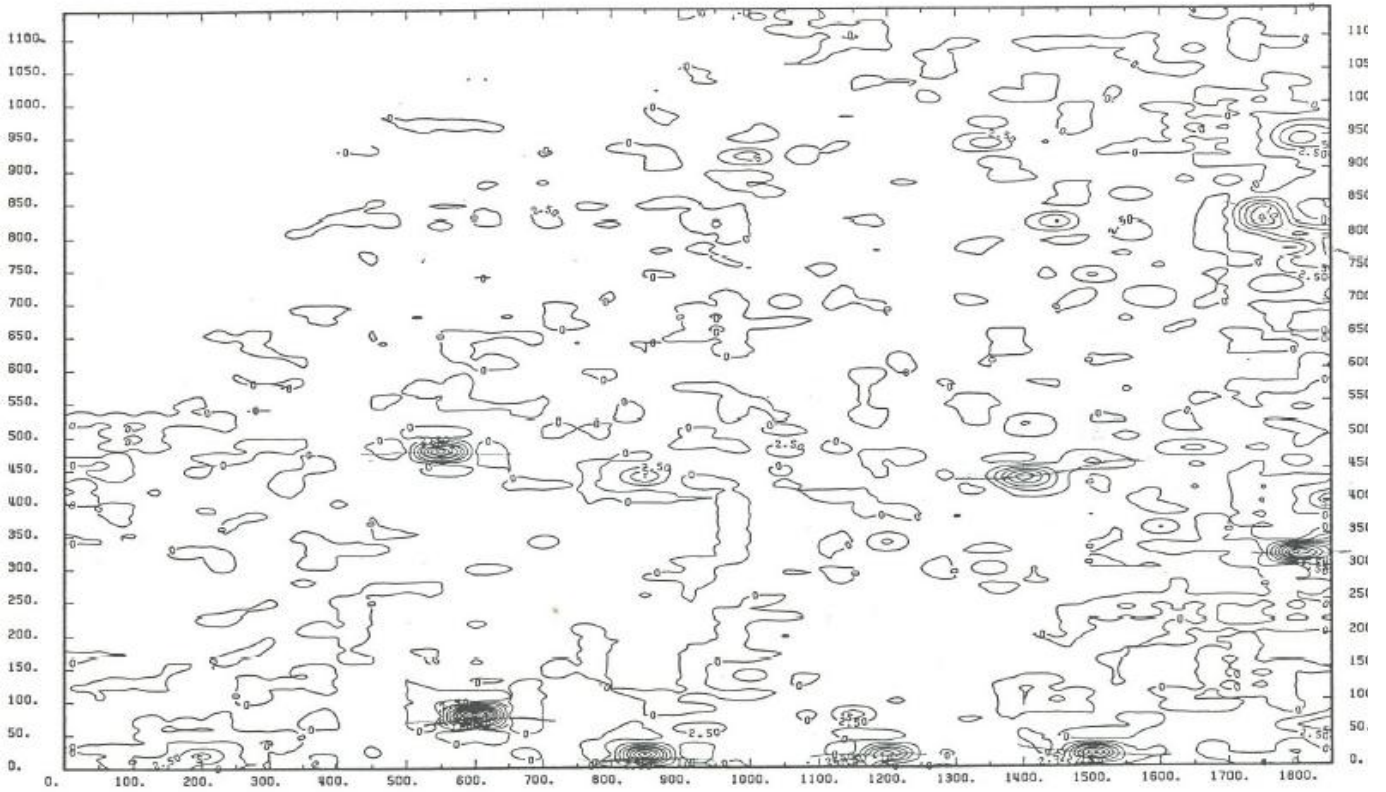


Fig.25: Carte d'isovaleurs d'Ag (Centre-Est de Sidi Flah-échelle tactique)

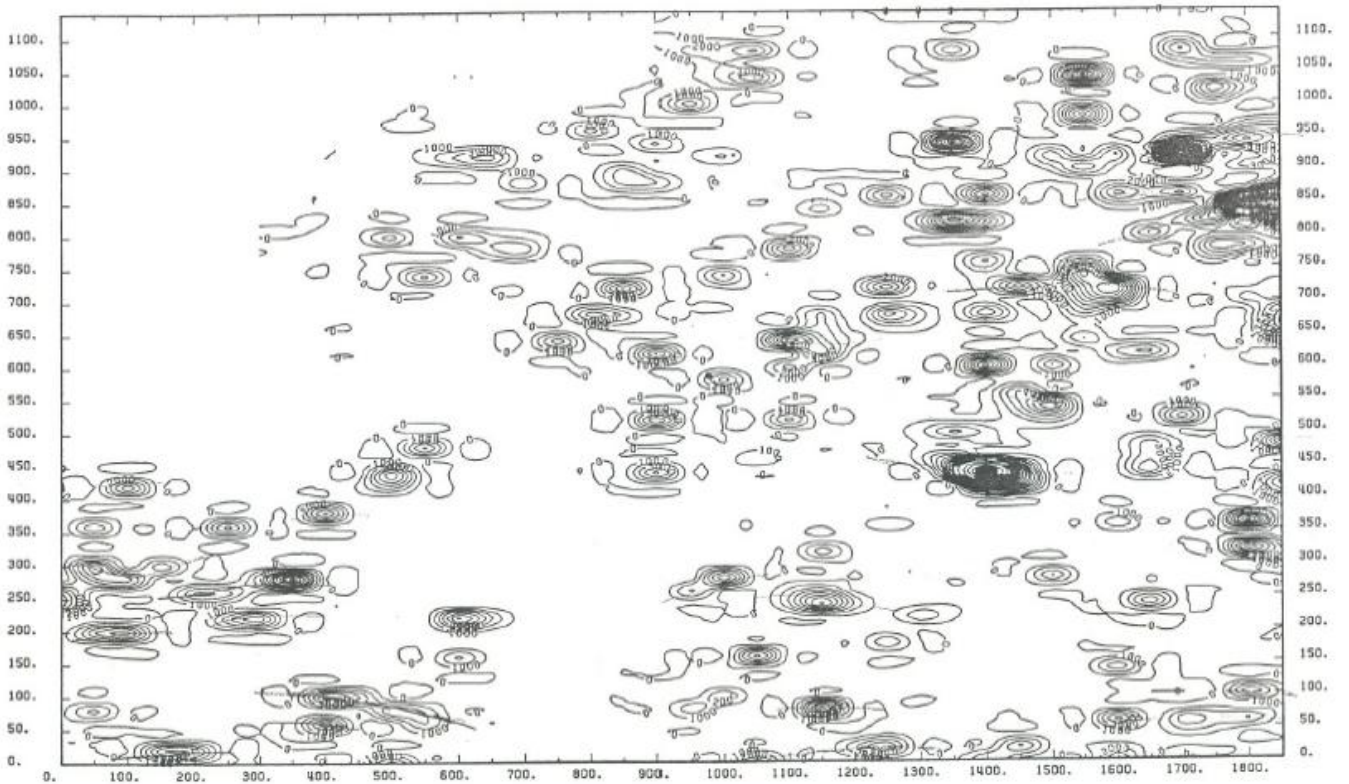


Fig26 : Carte d'isovaleurs de Zn (centre-Est de Sidi Flah-échelle tactique)

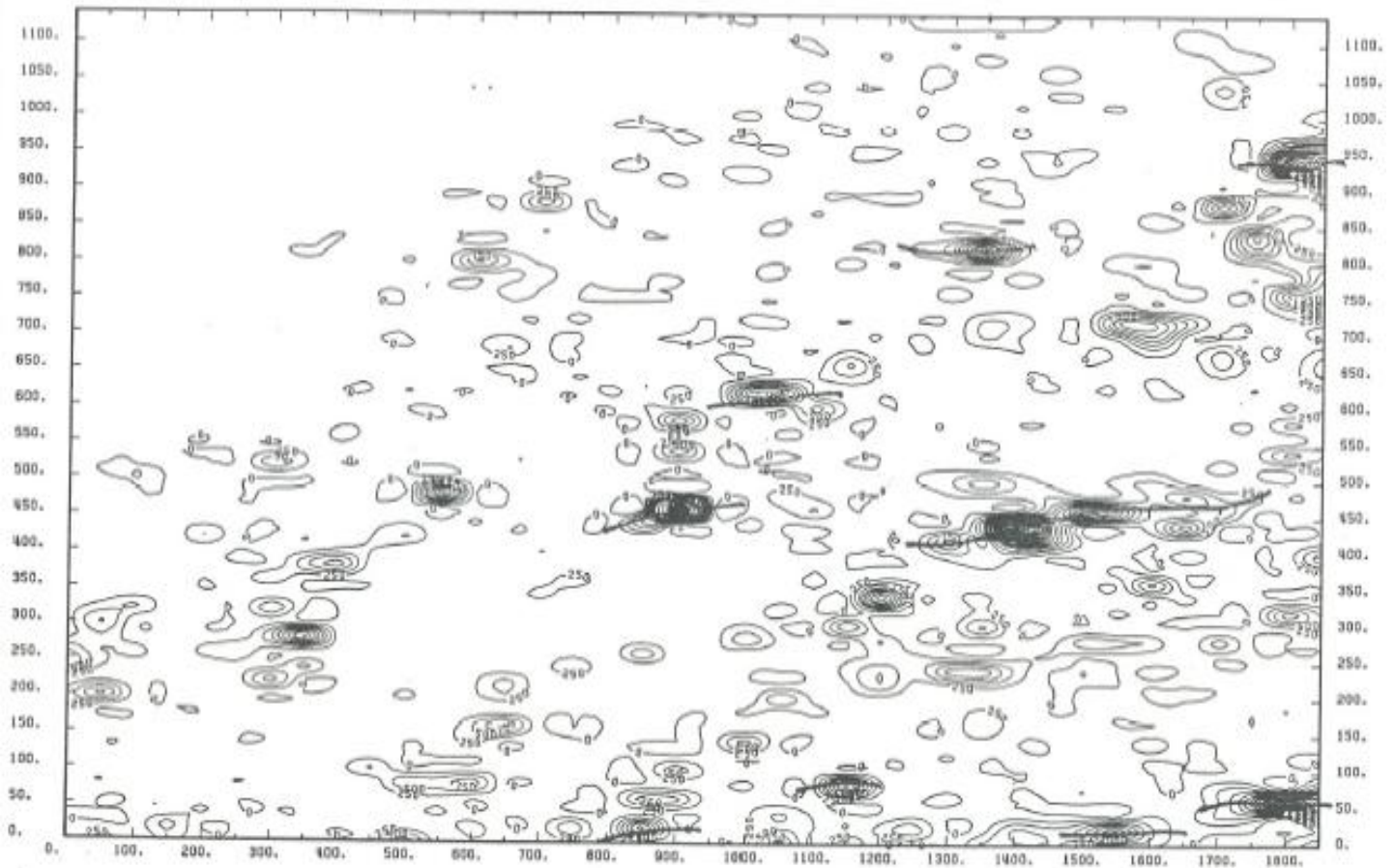


Fig.27 : Carte d'isovaleurs de Pb (centre-Est-échelle tactique)

Zone Est

- **Les travaux de géochimie** ont permis une mise en évidence d'une anomalie Ag (**fig.25**) , de direction N140°E, localisée sur des chapeaux de fer, à proximité de la zone, d'une anomalie Zn (**fig.26**) , encaissée dans les spilites et d'une anomalie de Cu (**fig.27**) au contact de la série sédimentaire avec la série spilitique.
- **Les travaux de géophysique (PPT)** ont permis l'identification d'un couloir chargeable et conducteur, au droit de l'anomalie Ag. De faibles teneurs d'Au ont été trouvés (0,4 g/t)

L'anomalie Zn est marquée par une zone chargeable et résistive, et elle est localisée dans les spilites.

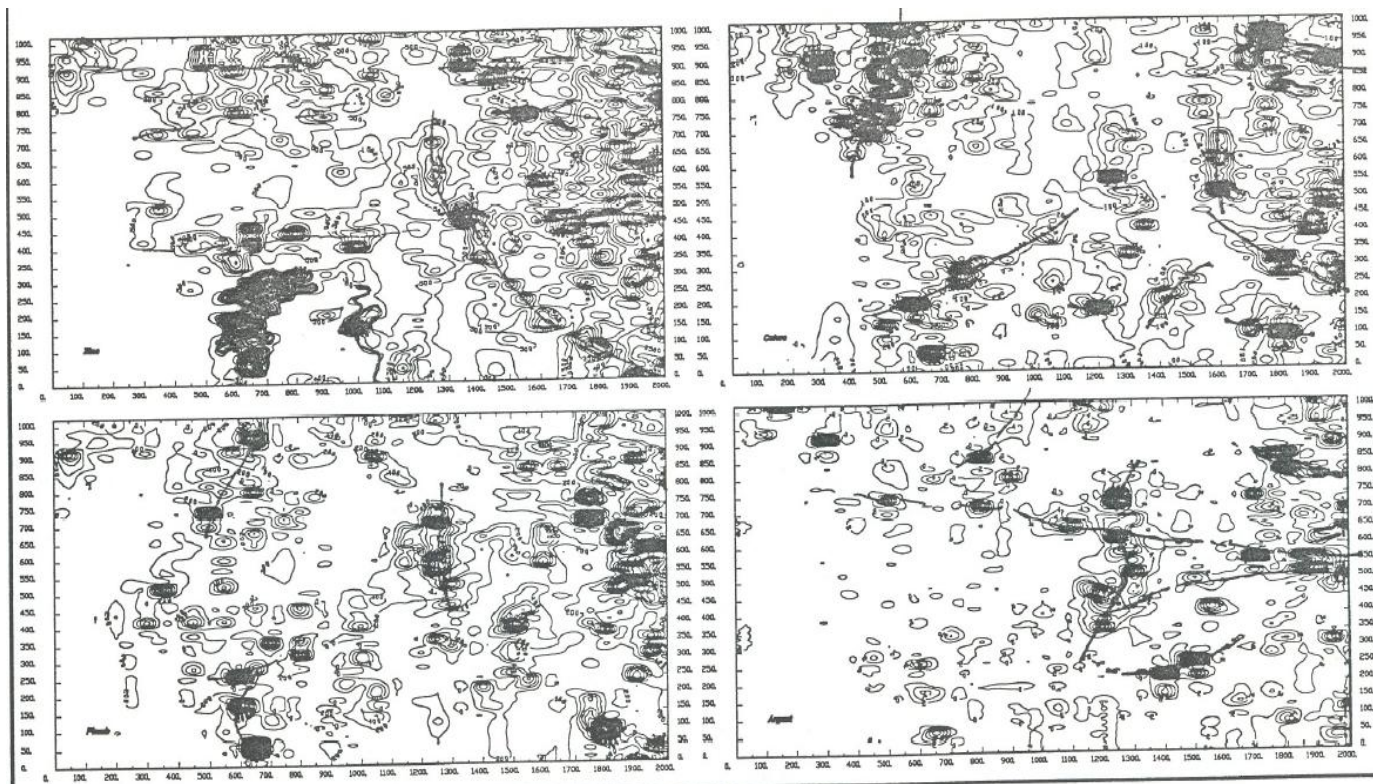


Fig.28 : Cartes d'anomalies dans la zone Est (Sidi Flah)

1993 : Test de géochimie-stream

1995 : poursuite des travaux d'ordre tactique pour la recherche des minéralisations argentifères dans :

Le secteur Centre-Est : la polarisation provoquée sur une distance de 37,3km avec 6 sondages percutants sur une longueur de 764m ont été effectués.

Un autre levé de polarisation provoqué sur 22km avec 7 sondages percutants sur 814m ont été effectués dans le secteur Est

Dans la même année, des travaux de recherche à l'échelle stratégique pour les minéralisations polymétalliques à Zn, Cu, Pb de type VMS ont été menés : un levé magnétométrique sur une distance de 265km et un levé électromagnétique sur 175km

1996 : des travaux de prospection stratégique (stream-sédiment) pour l'Or ont été effectués

Tableau Récapitulatif des travaux

	Année	Résultats
Sondages Carottés Percutants	1970 1982-1987 1989-1992 1989-1992	<ul style="list-style-type: none"> Un seul sondage SF1 sur 6 sondages réalisés a été positif avec 244g/t d'Ag 42 sondages totalisant 4922m, dont 10 positifs 4 sondages au niveau de la zone de Shear-Zone (12-105, 196g d'Ag; 1,27-3,9% de Zn) 10 sondages au niveau de Shear-Zone (seul le SZR1 est indiciel avec 30g/t d'Ag, 0,5g/t d'Au; 0,64g/t de Zn; 0,8g/t de Pb, 0,3 de Cu sur 8m à partir de 102m jusqu'à 109m) 6 sondages au Centre-Est (le sondage CSFR2 anomalique en Ag avec 100g/t à 40 m et 46 g/t à 102m et le sondage CSFR5 anomatique en Zn (5m à 3%) et 90ppb d'Au) <ul style="list-style-type: none"> 7 sondages dans la zone Est recoupant la diorite à sulfure, 0,4 g/t d'Ag dans le sondage EFR1 ont été enregistrés
Cartographie Lamos et Matsutoyi CTT(ONA)	1987 1989-1992	<ul style="list-style-type: none"> carte géologique au 1/2000^{ème} 4 cartes géologiques au 1/2000^{ème} (dans la zone Est, Centre-Est, Shear-zone et la zone de Puit) cartes d'anomalies magnétiques et géochimiques
Prospection géochimique géochimie stratégique géochimie tactique	1992 1992	<ul style="list-style-type: none"> 8 anomalies d'Ag dans dans la zone de Shear-Zone 2 anomalies de Cu (dans la zone de Shearzone et Tête de chameau) teneurs de Zn plus ou moins élevés vers l'Est et la zone de Tête de chameau teneurs de Pb élevées vers l'W (shearzone) 50 à 200 ppb d'Ag 4 anomalies de superposition (Ag,Zn,Pb,As) dans la zone de shear zone sur des fentes de Qz Une anomalie d'Ag associé à du Zn,Pb dans la zone du centre-Est Une anomalie d'Ag associé à du Zn et de Cu dans la zone Est
Prospection géophysique Polarisation provoquée Levé max-min Magnétisme	1992	<ul style="list-style-type: none"> basse résistivité et haute chargeabilité (Zone Est et centre-Est) 21 anomalies dans la zone de Shear zone identification des corps faiblement à modérément conducteurs dans les zones anomaliques en PPT (Zone Est) un domaine le plus vaste, à nombreux horizons magnétiques étroits (basaltes intercalés dans les coulées) le centre calme avec quelques horizons faiblement magnétiques (schistes gréseux, shales noirs, coulées andésitiques)

V. Synthèse et conclusion générale

- L'Anti Atlas oriental forme une grande province métallogénique, vu qu'il renferme une grande diversité de gisements.
- Certains gisements présents sur cette province deviennent épuisés pour certains éléments mais peuvent devenir des prospects pour d'autres éléments (ex : Bouskour abandonné pour le Cu et un prospect actuel pour l'Au).
- La boutonnière protérozoïque de Sidi Flah est dominée par les formations volcaniques et volcano_sédimentaire, et traversée par un grand nombre de dykes et de granitoïdes qui sont à l'origine du métamorphisme de contact remarquable dans la région.
- Beaucoup de phases tectoniques ont affecté cette région, dont certains sont accompagnées d'un métamorphisme régional.
- Les résultats des travaux antérieurs montrent beaucoup d'anomalies en Ag, Pb, Zn, Cu, Au, ce qui nécessite une poursuite de recherches pour ces éléments.
- Les minéralisations de Sidi Flah sont de types amas sulfurés soit disséminés, stockwerk, filoniens, bréchiques ou rubané.
- Concernant les minéralisations aurifères, les anomalies se présentent sous formes ponctuelles en général, ce qui peut justifier une grande résistance de cet élément aux phénomènes de remobilisation.
- Dans le cas général, pour des régions étudiées, il n'y a pas d'éléments ou minéraux majeurs qui montrent une affinité pour l'Or, qui peuvent constituer obligatoirement des pathfinders.
- Seule la gangue quartzo-carbonate est minéralisée, ce qui constitue un guide de prospection.

VI. Recommandations

La grande extension du district de Sidi Flah, la concentration énorme des anciens travaux et l'histoire géologique extraordinairement compliquée ont demandé beaucoup de travaux de recherches. Les résultats encourageants obtenus stimulent la poursuite des recherches sur tout le district à savoir :

- ✓ Etude minéralogique des zones altérées pour la recherche des minéraux argentifères et aurifères.
- ✓ Échantillonnage alluvionnaire dans les oueds et talwegs drainant les fenêtres schisteux minéralisés et poursuite des analyses géochimiques sur des anciens haldes (déchets miniers) dans la région de Sidi Flah.
- ✓ Concentrer les recherches sur les roches volcaniques et intrusives favorables pour le développement des structures filoniennes.
- ✓ Intensification des travaux miniers et réalisation des sondages inclinés sur différentes structures.
- ✓ Dans le cas des nouvelles régions en cours de prospection (Taghassa, Bouskour, Ougnat,...), l'utilisation des autres méthodes de prospection comme les méthodes géophysiques seraient plus pertinentes pour une connaissance avancée sur la minéralisation.
- ✓ Intensifier des travaux d'échantillonnage alluvionnaire et poursuivre des travaux d'échantillonnage sol au niveau des bassins versants drainés par ces cours d'eau, ce

Projet de Fin d'Etudes : 2011/2012

qui pourrait probablement révéler des anomalies beaucoup plus intéressantes dans l'Anti Atlas Oriental. Intégrer l'arsenic dans les analyses géochimiques puisqu'il constitue un bon indicateur pour les minéralisations aurifères.

Références bibliographiques

- A.Lamos : résultats d'une campagne de 8 sondages de reconnaissances sur les indices (Ag, Pb, Zn, Cu) de la région de Sidi Flah en 1985.
- A.Lamos : rapport de synthèse sur les indices de Sidi Flah en 1987.
- A.Miri et M.Benharref : Rapport de mission sur la boutonnière de Sidi Flah –Bou skour en 1992.
- CTT (ONA), REMINEX : Résumé des travaux d'exploration à Sidi Flah.
- F.Benziane et Ab.Yazidi et Byron D.Stone : carte géologique du Maroc au 1/50000 feuille Sidi Flah =>mémoire explicatif.
- Fekkak : Les groupes du Neoproterozoïque inférieur de Sidi Flah, Kelaat Mgouna et Tiboulkhirine (Saghro , Anti Atlas, Maroc) :témoins d'un rift intercontinental pré-panafricain
- J.Skacel : Sidi Flah résultats de la campagne de recherche du 1/7/1982 Au 1/8/1983.
- J.skacel : résultats des explorations et programme de travaux de recherches sur l'indice d'Ag-Pb-Zn de Sidi Flah en 1982.
- J.skacel et A.Rhziza : Résultats de recherche à Sidi Flah en 1984.
- K.Nerci : la boutonnière protérozoïque de Sidi Flah (Saghro, anti atlas, Maroc) ; contribution à l'étude de ses minéralisations Pb, Zn, Cu, Ag et de leur cadre géologique
- Société SAGAX : Levé magnétométrique secteur de Sidi Flah en 1992.
- TUDURI Johann : Processus de formation et relations spatio-temporelles des minéralisations d'or et argent en contexte volcanique précambrien (Jbel Saghro, anti atlas Maroc) Implication sur les relations déformation-magmatisme-volcanisme-hydrothermalisme.

Liste des figures

Figure 1 : Carte de distribution des zones minéralisées de l'Anti Atlas

Figure 2 : Stream Au Ougnat

Figure 3 : Tableau de corrélations Ougnat

Figure 4 : Carte géochimie sol Au ougnat

Figure 5 : Tableau de corrélations Ikkis

Figure 6 : Carte de géochimie sol Au Taghassa

Figure 7 : Tableau de corrélations Taghassa

Figure 8 : Carte de géochimie sol Taghassa

Figure 9 : Carte de géochimie sol Bouskour

Figure 10 : Stream Au Assaka

Figure 11 : Image satellitaire de Sidi Flah

Figure 12 : Carte géologique de l'Anti Atlas marocain

Figure 13 : Carte géologique du Jbel Saghro

Figure 14 : Carte des faciès de la boutonnière de Sidi Flah

Figure 15 : Carte géologique simplifiée de la boutonnière de Sidi Flah

Figure 16 : Lithostratigraphie précambrienne de la boutonnière de Sidi Flah

Figure 17 : Carte des trajectoires de schistosité dans la boutonnière de Sidi Flah

Figure 18 : Différentes phases de déformation dans la boutonnière de Sidi Flah

Figure 19 : Carte des trajectoires de la stratification initiale et les failles associées

Figure 20 : Carte de zoneographie de déformation dans la boutonnière de Sidi Flah

Figure 21 : Carte d'anomalie d'Argent à Sidi Flah (échelle stratégique)

Figure 22 : Carte d'anomalie magnétique à Sidi Flah

Figure 23 : Levé max-min à Sidi Flah

Figure 24 : Grille de polarisation provoquée

Figure 25 : Carte d'isovaleurs Argent (centre-Est, échelle stratégique)

Figure 26 : Carte d'isovaleurs de Zinc (Centre-Est, Echelle tactique)

Figure 27 : Carte d'isovaleurs de Plomb (Centre-Est, échelle tactique)

Figure 28 : Carte d'anomalie (Plomb, Cu, Zinc et Argent, Zone Est)

