

Mémoire de fin d'étude

Département des sciences de la terre
Laboratoire Géo-Ressources (URAC 42)

Licence ès-Sciences et Techniques (LST)
Option : Géologie Appliquée aux Ressources Minières (GARM)

Sujet :

SYNTHESE DES TRAVAUX GEOLOGIQUES DU GITE D'ISMLAL (Kelâat M'gouna, Anti-Atlas Oriental, Maroc)



Présenté par : Ismail OUAHBI
Aimad BENFSSAHI

Encadré par : B. AIT SLIMAN (REMINEX)
A. SAIDI (FSTM)

Soutenu le 28 juin devant le Jury:

- M. M. JAFFAL (FSTM)
- Mme A. REDDAD (FSTM)
- M. A. SAIDI (FSTM)
- M. B. AIT SLIMAN (REMINEX)

Dédicace

*Merci à Allah, le tout puissant, qui a
éclairci notre vie par le savoir, et qui nous
a armés par la foi.*

*A tous nos professeurs formateurs qui se
dévouent toute une vie pour nous
transmettre leur savoir.*

A nos chers parents,

*A tous nos amis, à tous ceux qui nous
ont aidés de près ou de loin et que nous ne
trouvons pas l'occasion de les nommer,*

*nous dédions
ce modeste travail.*

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à adresser nos sincères remerciements à Monsieur **Brahim AIT SLIMAN**, ingénieur géologue responsable au service des métaux précieux au sein de **REMINEX-Exploration** pour sa disponibilité, son suivi, et ses conseils pertinents.

Nous exprimons notre profonde gratitude et immense respect à notre professeur formateur encadrant, Monsieur **Abdelatif SAIDI**, qui nous a suivis et soutenus avec beaucoup de persévérance et de pédagogie, pour ses judicieuses directives, ses conseils efficaces qui nous ont grandement facilités la tâche et qui ont mené à la réussite de ce travail.

Nous tenons également, à exprimer notre ample reconnaissance et notre considération envers tous nos professeurs-formateurs de la **FSTM** et en particulier, ceux du département des sciences de la terre.

Nous témoignons nos vifs remerciements à toute l'équipe du service administrative de **REMINEX** pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de notre période de stage.

Nous témoignons à tous notre reconnaissance.

Liste des matières

DEDICACE	1
REMERCIEMENTS	2
<i>Liste des figures</i>	4
<i>Liste des tableaux</i>	5
<i>Présentation de la société REMINEX</i>	6
<i>Présentation du projet</i>	7
INTRODUCTION	8
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ANTI-ATLAS ORIENTAL	9
I. L'Anti-Atlas	
I.1 Historique	10
I.2 Situation géographique	10
I.3 Climat	10
I.4 Cadre géologique	11
I.5 Subdivisions du Précambrien.....	12
I.6 Model géodynamique de l'Anti-Atlas	14
II. L'Anti-Atlas Oriental (JBEL SAGHRO)	
II.1 Contexte géographique	18
II.2 Contexte géologique	19
II.3 Contexte géodynamique	22
II.4 Contexte métallogénique	22
III. Boutonniere de Kelâat M'gouna	
III.1 Situation géographique	24
III.2 Lithostratigraphie.....	26
IV. Analyse de déformation	28
DEUXIEME PARTIE : ANCIENS TRAVAUX D'EXPLORATION REALISES DANS LE SECTEUR D'ISMLAL	30
I. Localisation du secteur d'Ismlal	31
II. Historique des travaux antérieurs	32
III. Résultats des travaux de :	
III.1. Géochimie sol	32
III.2. Données magnétiques	33
III.3 Tranchées	34
III.4 Sondages	36
IV. Etude pétrographique et minéralogique	38
V. Evaluation des ressources du gîte d'Ismlal	40
VI. Résultats de l'étude d'orientation	41
VII. CONCLUSION	41

TROISIEME PARTIE : CARTOGRAPHIE ET COUPES GEOLOGIQUES DU SECTEUR D'ISMLAL	42
I. But du travail	43
II. Méthode de travail	43
III. Analyse de la carte et description des faciès	43
IV. Coupes longitudinales	47
IV.1 Localisation tranchées	47
IV.2 Description des coupes longitudinales	51
V. Interprétation	52
VI. Conclusion	52
CONCLUSION GENERALE	53
BIBLIOGRAPHIE	54

Liste des figures

FIGURE 1 : Carte géologique simplifiée de l'Anti-Atlas marocain, modifiée (CHOUBERT, 1980)	11
FIGURE 2 : Modèle de reconstitution géodynamique du domaine panafricain de l'Anti-Atlas selon Leblanc et Lancelot (1980)	15
FIGURE 3 : Schéma géodynamique de reconstitution géodynamique de la chaîne panafricaine (Saquaque, 1992)	16
FIGURE 4 : Modèle de reconstitution géodynamique de l'orogénèse panafricaine (Chabane, 1991 ; El Boukhari, 1991)	17
FIGURE 4 : Situation géographique générale du Jbel Saghro et du secteur d'étude (Echelle: 1/5'000'000)	18
FIGURE 5 : Carte géologique du Jbel Saghro, d'après Hindermeyer et al. (1977) et scène Landsat	20
FIGURE 6 : Colonne lithostratigraphique du massif du Jbel Saghro (BENHARREF, 1991)	21
FIGURE 7 : Localisation du district de Kelâat M'gouna dans l'Anti-Atlas	23
FIGURE 8 : Model de formation de la caldera de Kelaat M'gouna d'après TUDURI (2005)	25
FIGURE 9 : Carte géologique de la boutonnière de Kelaat M'gouna	27
FIGURE 10 : Carte des trajectoires de schistosité dans le PII inférieur de la boutonnière de Kelaat M'Gouna ...	29
FIGURE 11: Carte topographique de la région de Kelaat M'gouna et situation du secteur d'Ismlal	31
FIGURE 12 : Carte d'isoteneur d'or de géochimie sol dans le secteur d'Ismlal	33
FIGURE 13 : Carte d'isovaleur en Or dans la zone d'Ismlal	35
FIGURE 14 : Modélisation du corps minéralisé du secteur d'Ismlal en 3D	38
FIGURE 15 : Carte géologique du secteur d'Ismlal 1/2000	44
FIGURE 16 : Photographie de la zone étudiée avec illustration des différentes formations	46
FIGURE 17 : Zone d'affleurement de la granodiorite dans le secteur d'Ismlal	46
FIGURE 18 : Plan des sondages et tranchées réalisés dans le secteur d'Ismlal	48
FIGURE 19 : Coupes longitudinales des tranchées	49
FIGURE 20 : Filon de quartz à oligiste et feldspath potassique traversant la granodiorite	51

Liste des tableaux

<i>Tableau I : Résultats des rainurages des tranchées dans le secteur d'Ismlal.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau II : Teneurs en or des échantillons des sondages carottés dans la zone d'Isamlal</i>	<i>36</i>
<i>Tableau III : Teneurs en or des échantillons des sondages en circulation inverse dans la zone d'Ismlal....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau IV : Ressources calculées au niveau du secteur d'Ismlal.....</i>	<i>40</i>

Présentation de la société REMINEX :

REMINEX est une société anonyme, filiale du groupe O.N.A (Omnium Nord Afrique). Elle a démontré ses compétences à travers la réalisation de nombreux projets tant qu'en géologie appliquée qu'en exploration, en procédés de valorisation qu'en ingénierie minière et industrielle.

Elle est la première société privée d'exploration minière au Maroc, et intervient à tous les niveaux dans la recherche de toutes les substances.

Elle s'appuie sur les géologues et géophysiciens de grande expérience, aptes à intervenir à tous les stades de la recherche minière.

Présentation du projet :

Les travaux de recherche dans l'Anti-Atlas Oriental (Saghro) menés par REMINEX, dans les années 80, ont donné des indices encourageants sur l'existence de gîtes minéralisés. L'un de ces indices, situé dans la région de Kelaat M'Gouna qui est en phase d'exploration avancée et fait l'objet d'essais de traitement.

Les différents ouvrages de reconnaissance réalisés (tranchées, sondages carottés et sondages à circulation inverse, ainsi l'analyse géochimique des roches) permettent d'envisager la présence d'un gisement d'or de type faible teneur (1g/t) et gros tonnage (estimé à au moins 20 millions de tonnes).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre sujet de projet de fin d'étude, qu'on a effectué dans le gîte d'Ismlal, dans la perspective de contribuer aux travaux d'exploration lancés par l'O.N.A.

Introduction :

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'études indispensable pour appliquer les connaissances académiques qu'on a accumulées durant notre formation à la Faculté des Sciences et Techniques.

Ce stage qui a duré un mois au sein de REMINEX-Exploration, dont une semaine sur le terrain, nous a permis d'améliorer nos connaissances en milieu professionnel et de se familiariser avec les techniques employées sur terrain.

L'Anti-Atlas a connu depuis sa formation divers processus de déformation qui ont contribué à la mise en place des gisements métalliques. En effet, plusieurs compagnes d'exploration ont été menées pour déceler ceux qui sont intéressants ; l'un d'eux est le gisement aurifère d'ISMLAL dans la boutonnière de Kelaat M'gouna.

Notre travail consiste dans un premier temps à rassembler les données sur l'Anti-Atlas oriental et ensuite faire une synthèse des anciens travaux d'exploration.

Une carte géologique a été élaborée avec des levés de coupes pour définir les relations structurale et chronologique entre les différents faciès et leur relation avec la minéralisation. Puis, on a essayé de compléter les anciennes données récoltées et de vérifier leur fiabilité.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ANTI-ATLAS
ORIENTAL :

I. L'ANTI-ATLAS :

1. Historique :

La chaîne de l'Anti-Atlas marocain a fait l'objet de plusieurs études géologiques dès le début du 20^{ème} siècle notamment lors de la période de colonisation française, ces études se sont multipliées suite aux prospections d'argent et de cuivre, mais ce n'est qu'après la deuxième guerre mondiale qu'elles deviennent fructueuses suite aux travaux de CHOUBERT (1947) et CHOUBERT et MARCAIS (1952) auxquels on voit les grandes lignes de la géologie Anti-Atlasique. Dès la fin des années 80, la compagnie minière MANAGEM et l'Université marocaine ont pris le relais et les travaux de leurs chercheurs ont largement contribué à comprendre l'évolution stratigraphique et géodynamique de l'Anti-Atlas.

2. Situation géographique :

Situé entre le domaine Saharien au Sud et le domaine atlasique au Nord, l'Anti-Atlas est formé d'un alignement de reliefs montagneux de direction WSW-ENE avec une extension de 750Km de long sur 250Km de large, depuis Ifni à l'Ouest jusqu'à Tafilalet à l'Est.

Géographiquement L'Anti-Atlas est subdivisé en 3 domaines :

- **L'Anti-Atlas occidental** comportant la plaine de Sous, qui s'étend depuis l'Atlantique à l'Ouest jusqu'au piémont méridional de Siroua.
- **L'Anti-Atlas central** comprenant le massif de Siroua, la boutonnières de Bou-azzer el graara et la région de Ouarzazate.
- **L'Anti-Atlas oriental** formé des boutonnières de Jbel Saghro et du massif de L'Ougnat.

3. Climat :

Le climat est essentiellement désertique avec un intervalle de température extrême, ce climat aride associé à la nature caillouteuse de sol défavorisent le développement de couverture végétale. Les zones cultivées sont exclusivement celles situées sur les rives d'oueds. La fragilité de cette activité explique l'intérêt porté à l'élevage à caractère nomade.

4. Cadre géologique :

La chaîne de l'Anti-Atlas est définie comme étant l'ensemble des terrains précambriens limités au Nord par l'accident sud atlasique et s'étend au Sud jusqu'au bassin de Tindouf (Fig.1). Les nombreuses études géologiques réalisées ont admis qu'il est subdivisé en 2 domaines :

- Un domaine Sud Occidental, relativement ancien, est représenté par un socle paléo-protérozoïque, structuré au cours de l'orogénèse éburnéenne. Il forme le bord NW de craton ouest africain.
- un domaine Nord Oriental plus jeune et mobile, considéré comme un segment de la chaîne panafricaine.

Ces deux domaines sont séparés par l'accident majeur de l'Anti-Atlas qui correspond à la suture géotectonique panafricaine et qui continue dans l'Ouest où elle se prolonge sur près de 6000 km jusqu'au Kenya, via le Hoggar, sous le nom de linéament du Tibesti (Guiraud *et al.* 2000) en prenant une direction NS.

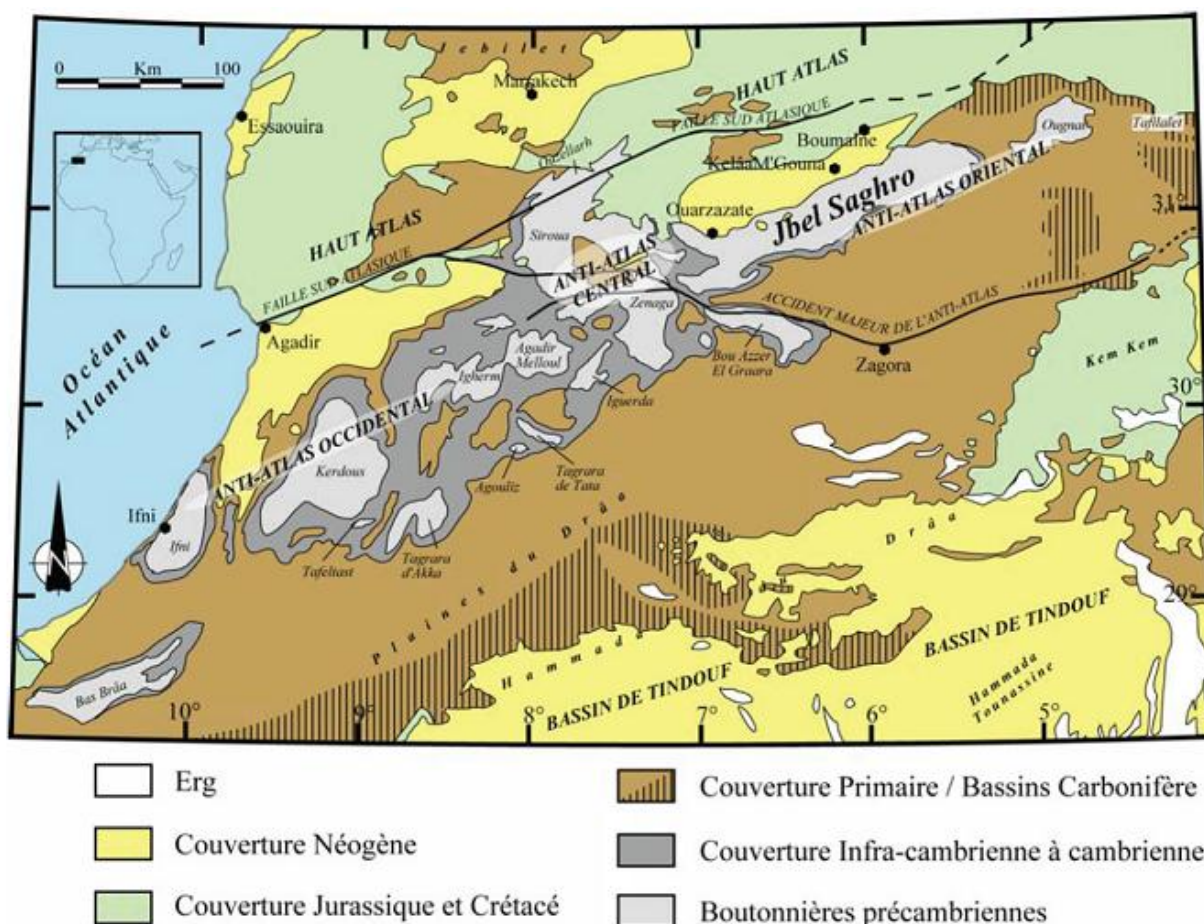


Figure 1: Carte géologique simplifiée de l'Anti-Atlas marocain, modifiée Choubert (1980).

5. Les subdivisions du précambrien :

Les subdivisions litho-stratigraphiques de l'Anti-Atlas varient d'un domaine à l'autre et d'un auteur à l'autre, suite à la succession de différents cycles orogéniques qu'a connu l'Anti-Atlas lors de son histoire et qui rend les tentatives d'interprétation chronologique difficiles et parfois divergentes.

Actuellement on admet que le Précambrien de l'Anti Atlas est subdivisé en quatre domaines :

a. Le Précambrien I : le socle paléoprotérozoïque (Anté 1750 Ma)

Appelé d'abord **Archéen** par Neltner (1938), le Précambrien I ou PI caractérise les plus anciennes roches métamorphiques et ignées de l'Anti-Atlas. Elles affleurent uniquement dans l'Anti-Atlas central et occidental où elles constituent le rebord Nord du Craton Ouest Africain. Là, elles sont assimilées aux séries des Zenaga et du Kerdous (Hassenforder, 1987; Tomas *et al.*, 2002). Ces séries forment un socle cristallin sur lequel vont reposer les séries panafricaines d'âge Néoprotérozoïque. Ces séries ont été divisées en deux séquences : **une formation supra-crustale** intensément déformée lors de l'orogénèse éburnéenne et constituée schistes, gneiss, amphibolites, migmatites et **une formation intrusive** constituée de granite gneïsifié et de leucogranite (déformé).

b. Le Précambrien II : les sédiments et laves associées de la distension du Néoprotérozoïque moyen :

Appelé **Algonkien** par Neltner (1938), le Précambrien II est toujours discordant sur le Précambrien I (Choubert et Faure-Muret, 1956). Il est subdivisé en deux grands ensembles lithologiques dans le Saghro et dans l'Anti-Atlas en général. On distingue : le Précambrien II inférieur (PII inf.) et le Précambrien II supérieur (PII-III ou PII sup.).

b.1- Le Précambrien II inférieur :

Il est représenté par :

+ Une série de Plateforme sur le carton ancien; Cette série représentant la première unité du Protérozoïque supérieur est constituée essentiellement par des calcaires et des quartzites d'où le nom de **la série des calcaires et quartzites**.

+ Une série géosynclinale développée dans la zone mobile. Elle correspond essentiellement à **la série ophiolitique** (une association de roches basiques et ultrabasiques stratifiée). Elle existe dans les boutonnières de Bou-Azzer et de Siroua.

Elle comprend du haut vers le bas :

- Complexes effusifs (diabase, spilites, kératophyres)
- Plagiogranites
- Cumulas gabbroïques (gabbros lités, gabbros massifs)
- Cumulas constitué de roches ultrabasiques (serpentine = péridotites résiduelles)
- Tectonites

b.2- Le Précambrien II supérieur :

On attribue au Précambrien II supérieur toutes les formations qui sont postérieures à la phase majeure panafricaine et qui sont recouvertes en discordance par la formation volcanique du Précambrien III. Le Précambrien II supérieur correspond à un intervalle du temps plus court que celui du Précambrien II inférieur. C'est une série essentiellement volcano-détritique, composée essentiellement de conglomérats molassiques polygéniques associés à des tufs volcaniques acides.

c. Le Précambrien III : la couverture volcanique tardi-néoprotérozoïque

C'est une formation essentiellement volcanique, horizontale discordante sur le Précambrien II supérieur et recouverte par la formation carbonatée de l'Adoudounien. Elle est bien développée sur le domaine panafricain (NE).

Domaine panafricain (NE): (zone mobile)

Le Précambrien III est représenté par la série de Ouarzazate, essentiellement volcanique, sauf, au sommet où les sédiments molassiques prédominent (formation de Tiouine).

Domaine SW : (zone stable)

La série de Tanalte (Kerdous) est l'équivalent de la série de Ouarzazate. Elle constitue une succession volcano-détritique hétérogène, dominée par des volcanites acides sous forme d'épanchement ou d'accumulation pyroclastique avec des intercalations détritiques.

d. Le Protérozoïque terminal ou infracambrien : (Adoudounien)

Après les dépôts continentaux et les manifestations magmatiques du PIII, le domaine SW de l'Anti-Atlas est noyé sous une sédimentation marine transgressive carbonatée, calcaro-dolomitiques (Sans fossiles) de quelques milliers de mètres d'épaisseur, désignée par Choubert (1952) sous le nom de la série de l'oued Adoudou ou Adoudounien. Cette série est formée de trois formations :

- **Calcaires supérieurs**
- **Série lie de vin (siltites rouge violet)**
- **Calcaires inférieurs**

6. Model géodynamique de l'Anti-Atlas :

Plusieurs travaux ont abordé la reconstitution géodynamique de la chaîne panafricaine dans l'Anti-Atlas. Ces travaux sont focalisés sur la zone de Bou-Azzer, Saghro et le Siroua qui est le siège de cette orogénèse. Cette chaîne panafricaine de l'Anti-Atlas est considérée comme le résultat d'une collision entre le carton ouest africain et un craton hypothétique (européen ou nord américain ou un craton marocain couvert par des séquences paléozoïques et mésozoïques).

Plusieurs modèles de reconstitution de la chaîne panafricaine de l'Anti-Atlas ont été proposés

Leblanc (1975) puis Leblanc et Lancelot (1981) sont les premiers à proposer un modèle de reconstitution de la chaîne panafricaine de l'Anti-Atlas dans la boutonnière de Bou-Azzer-El Graraa. D'après ces auteurs, l'orogénèse a commencé par :

- l'Ouverture océanique vers 788 Ma.
- La compression commence d'abord par une subduction de la croûte océanique sous le carton ouest africain,
- Puis par une obduction au-dessus de celui-ci vers 685 Ma (phase majeure de l'orogénèse panafricaine : B1).
- Ensuite vient une autre subduction toujours vers le sud qui se termine par une collision entre les deux cratons nord et sud. Cette subduction correspond à la phase ultime l'orogénèse (B2) datée à 615 Ma.
- la mise en place d'un magmatisme essentiellement acide, calco-alcalin (du Précambrien III vers 563 à 578 Ma).
- La dernière étape correspond à une distension post-orogénique (534 Ma) et une transgression conduisant au dépôt de la formation carbonatée de l'Adoudounien. (fig. 2)

A la suite des travaux de Saquaque et al. (1989) et Saquaque (1992) sur la boutonnière de Bou-Azzer-El Graara et l'Anti-Atlas oriental d'une manière générale un modèle assez différent de tous les précédents a été établi. Il commence par une subduction intra-océanique vers le Nord qui se traduit par la mise en place d'un magmatisme orogénique au niveau du Saghro et la montée diapirique de matériaux mantelliques dans la zone de Bou-Azzer. Ensuite vient une autre subduction, toujours intra-océanique, vers le Nord qui se manifeste par la mise en place d'intrusions d'âge Précambrien II et III. (fig. 3)

En travaillant sur le Siroua, Chabane et Elboukhari (1991) ont élaboré un modèle qui commence par une subduction intra-océanique vers le Nord, avec formation d'un arc océanique. La deuxième étape se manifeste par une distension au sein de l'arc où naissent les ophiolites de Khezama. A ce moment se produisait également une distension de la bordure du craton avec mise en place des ophiolites de N'Kob. L'étape de compression se traduisait par une subduction vers le Sud qui se termine par une collision au Précambrien III. (Fig. 4)

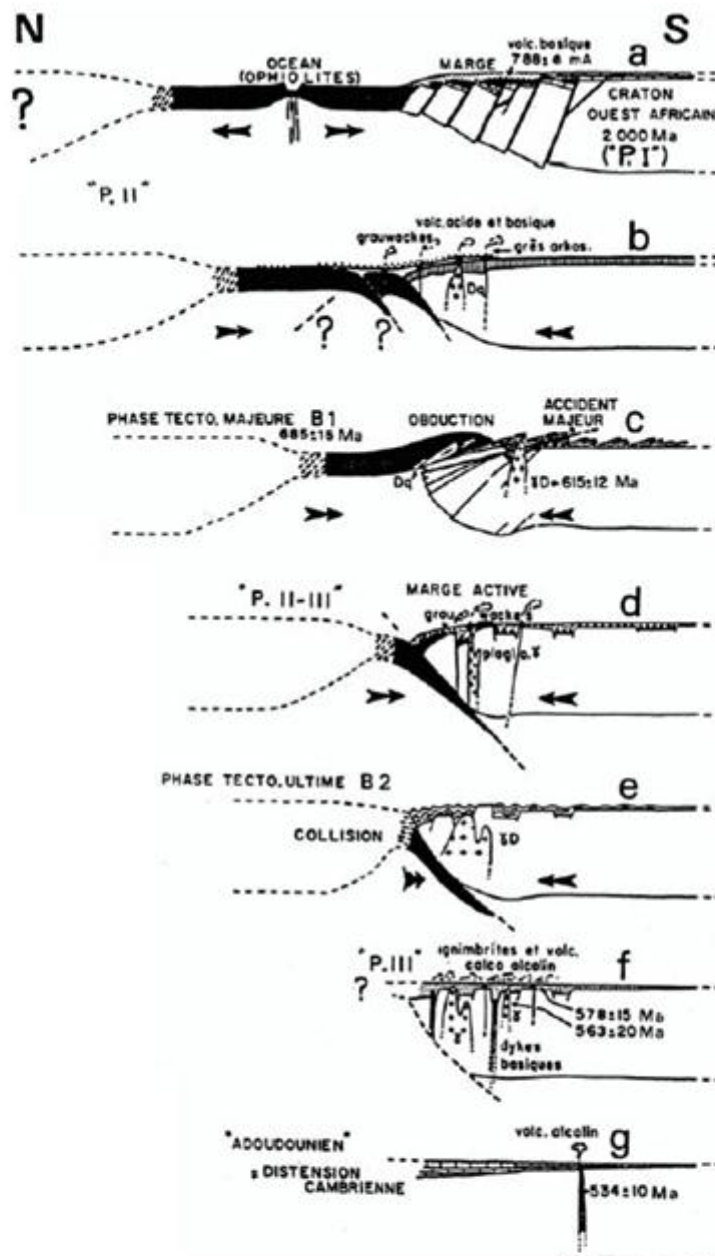


Figure 2 : Modèle de reconstitution géodynamique du domaine panafricain de l'Anti-Atlas selon Leblanc et Lancelot (1980): a, Distension avec ouverture océanique ; b, Formation des premiers arcs calco-alcalins à l'aplomb de zones de subduction à pendage nord ou sud?; c, Compression polyphasée et obduction des lambeaux ophiolitiques de Bou Azzer (phase B1); d, Subduction à vergence sud générant un important magmatisme acide et basique; e, Blocage de la subduction lors de la phase B2, collisionnelle, marquant l'affrontement entre le Craton Ouest Africain et un continent hypothétique septentrional; f, Instauration d'un intense volcanisme ignimbritique calco-alcalin à alcalin; g, Distension post-orogénique et volcanisme alcalin discret.

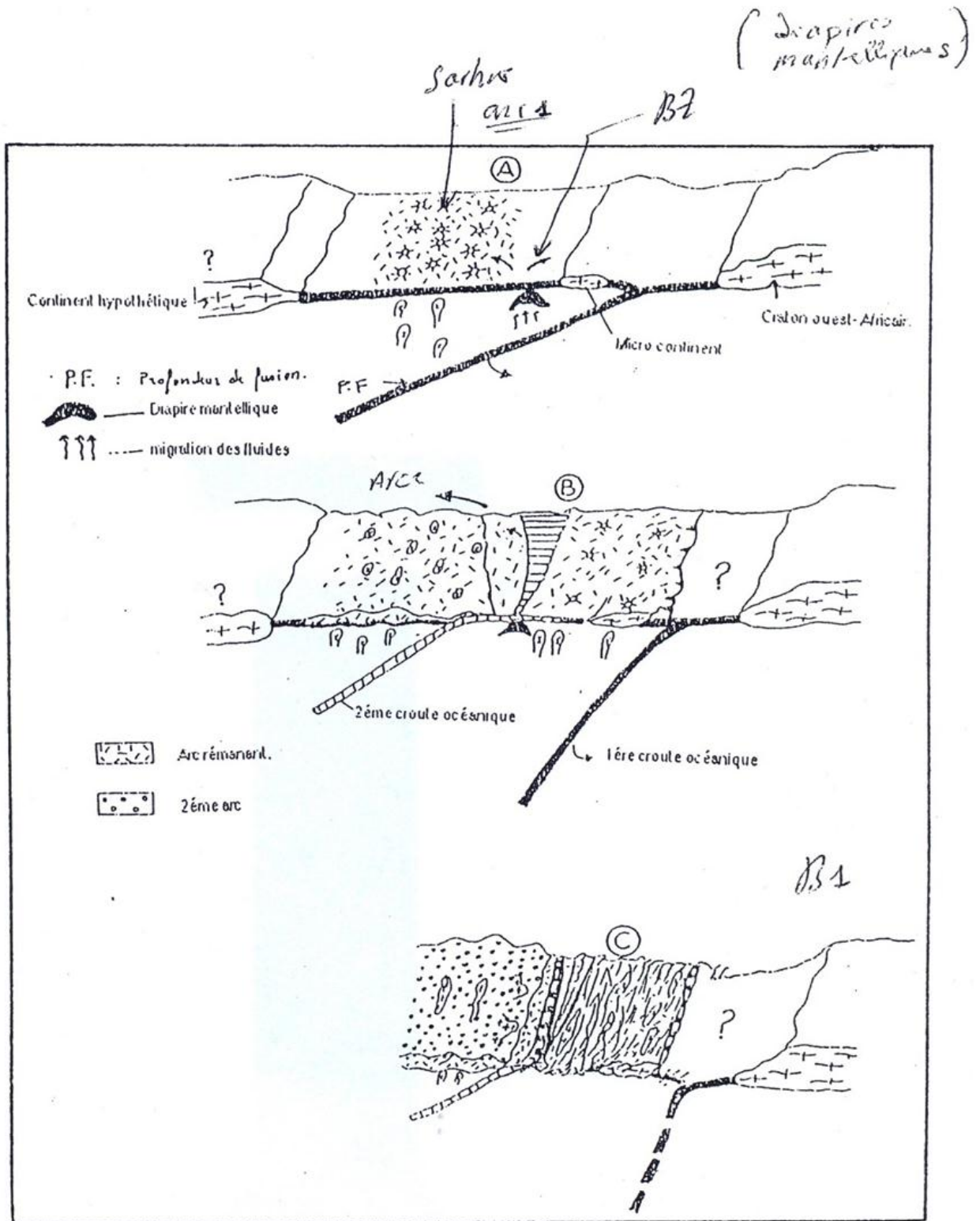


Figure 3 Schéma géodynamique de reconstitution géodynamique de la chaîne panafricaine (Saguaque, 1992).

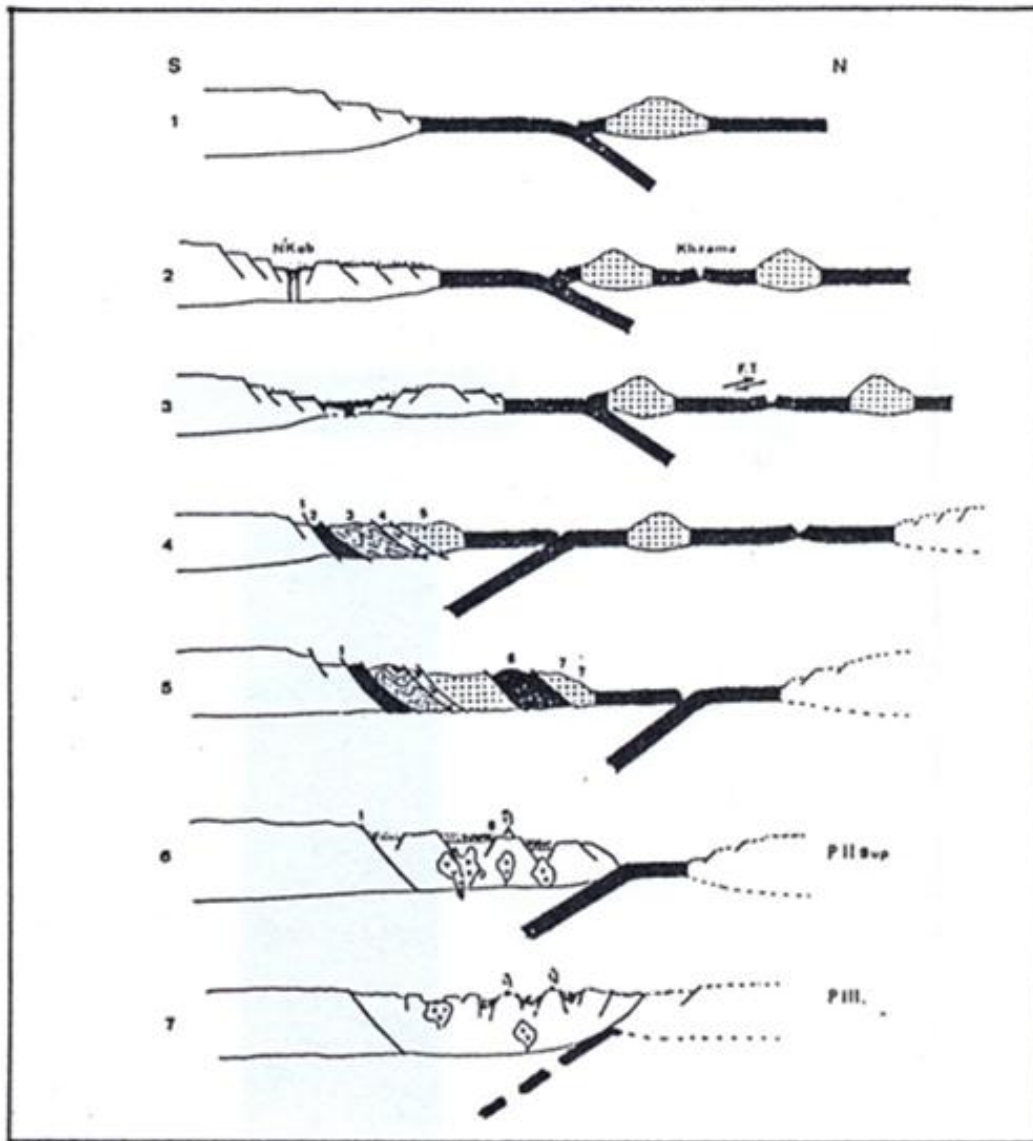
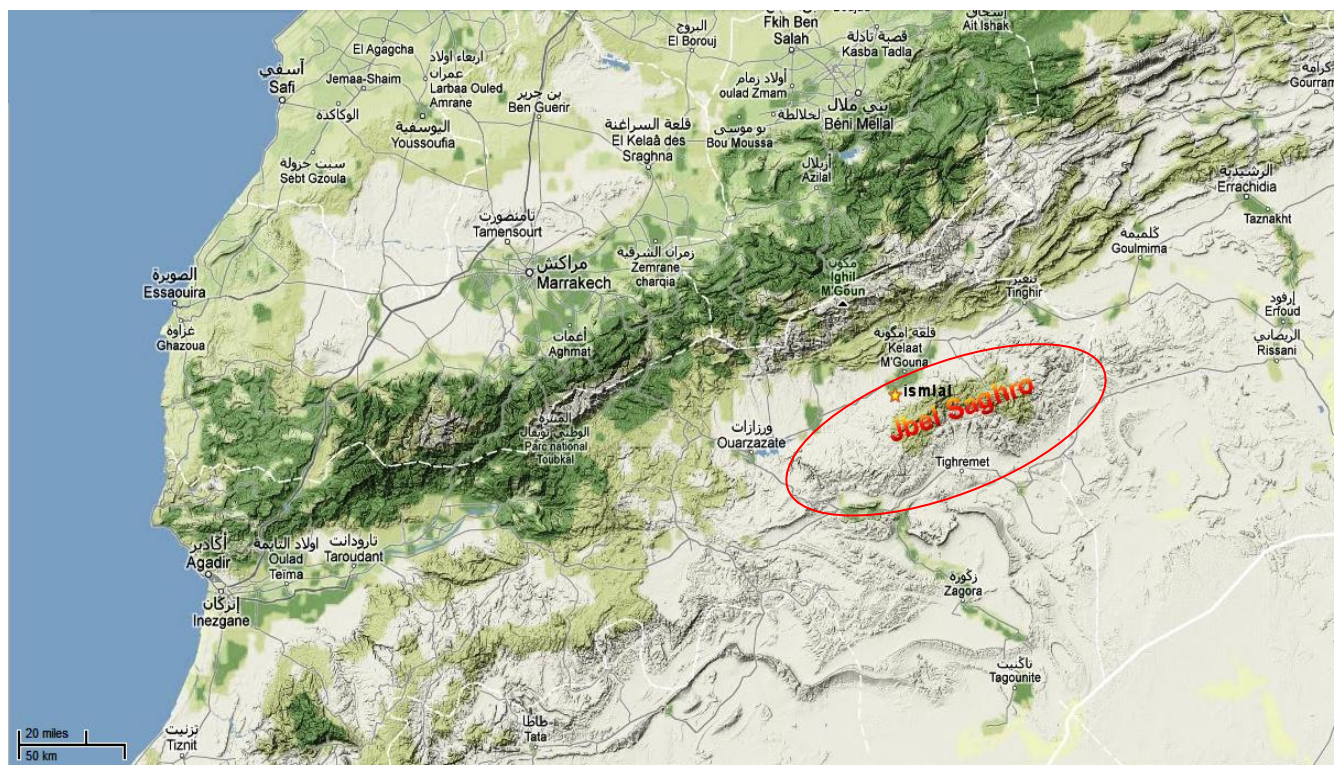


Figure 4 - Modèle de reconstitution géodynamique de l'orogénèse panafricaine (Chabane, 1991; El Boukhari, 1991). F.T., faille transformante; 1, Accident Majeur de l'Anti-Atlas; 2, assemblage ophiolitique de N'Kob; 3, série d'Imghlay; 4, écaille du socle; 5, série d'arc (psamites et ovardites); 6, ophiolites de Khzama; 7, Série d'arc (?); 8, série détritique et volcanique du PII supérieur; 9, plutonisme du PII supérieur.

II. L'Anti-Atlas oriental (Jbel Saghro) :

1. Contexte géographique :

Limité au Sud par la vallée de Drâa et au Nord par celle de Dades, le Jbel Saghro s'étend sur plus de 4500km², les plus grandes altitudes sont formées par des falaises rocheuses de précambrien terminal.



*Figure 5 : Situation géographique générale du Jbel Saghro et du secteur d'étude (Echelle: 1/5'000'000)
(In google_maps 2012)*

2. Contexte géologique :

Allongé selon une direction NE-SW (Fig. 5) ; le jbel Saghro est limité au SW par la boutonnière de Bou-azzer el Graara et le massif de l'Ougnat au NE. Le Jbel Saghro est formé de cinq « boutonnières » précambriennes, qui sont du SW vers le NE : Bouskour, Sidi-Flah, Kelaat M'gouna, Boumalne et Imiter qui sont caractérisées par (fig. 6) :

- Des terrains Précambrien I d'extension réduite, essentiellement des gneiss et des amphibolites entre Skoura et Ouarzazate ainsi que des granites à l'Ouest d'Imiter.
- Des terrains Précambrien II qui forment le cœur des 5 boutonnières, il s'agit d'un ensemble volcano-sédimentaire intrudés par des gabbros et des granites. . Les études géochimiques ont montré que les intrusions du Précambrien II du Saghro présente une évolution calco-alcaline qui caractérise le domaine de pré-collision. (BENHARREF1991)
- Une puissante série volcano-sédimentaire Précambrien III (tufs, Grés, conglomérat)
- Un ensemble carbonaté adoudounien formé de calcaire et de série de lie-de-vin.

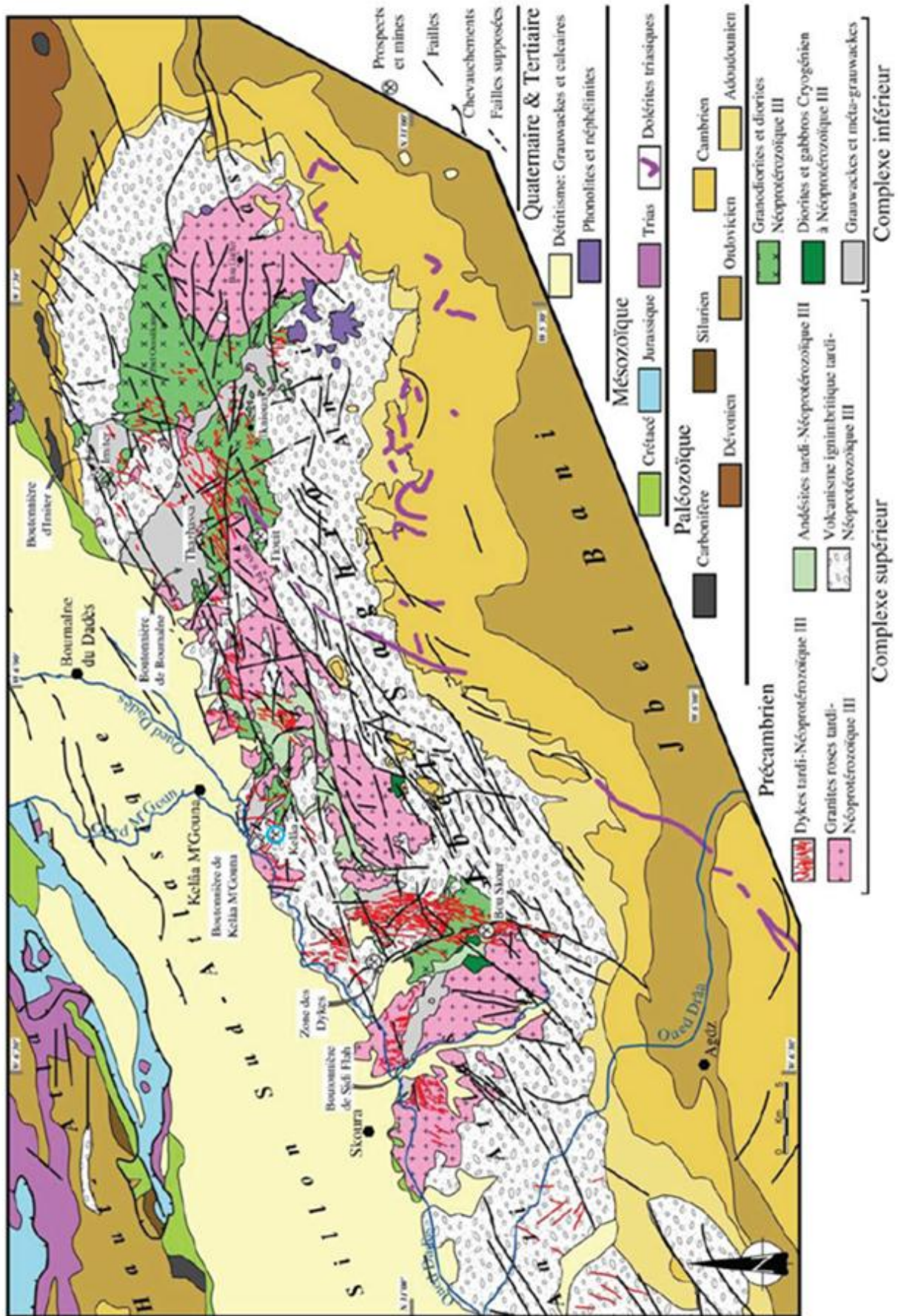


Figure 6 : Carte géologique du Jbel Saghro, d'après Hindermeier et al., (1977) et scène Landsat

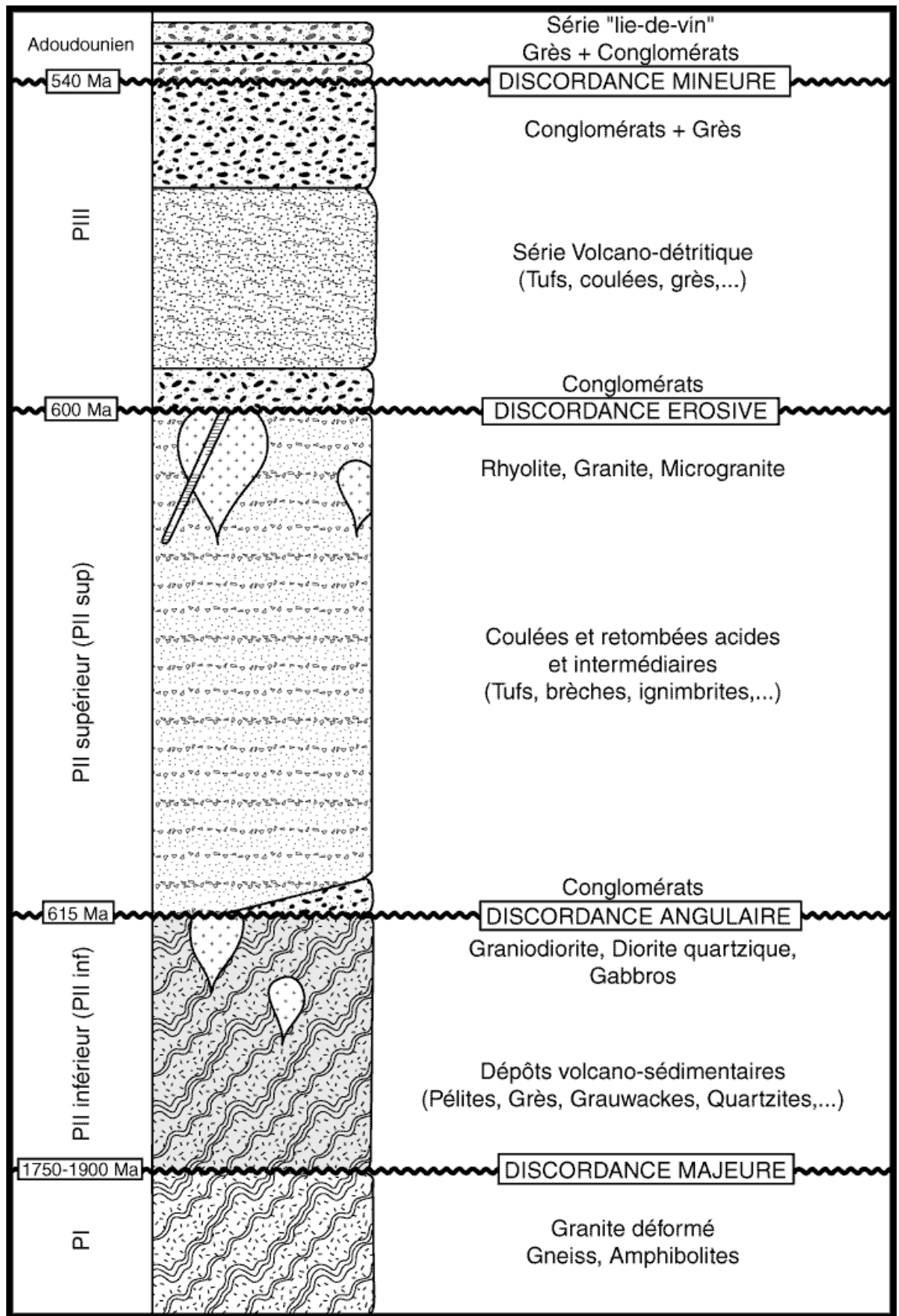


Figure 7 : Colonne lithostratigraphique du massif du Jbel Saghro (Benharref, 1991)

3. Contexte géodynamique :

Du côté géodynamique global, l'évolution au cours du temps de l'arc volcanique du Saghro, passe par trois stades :

- Au début, le Saghro correspondrait à un ensemble arc, arrière-arc à substratum inconnu mais, probablement océanique, sur lequel se développent des bassins relativement profonds, dont les dépôts sédimentaires sont accompagnés de manifestations volcaniques et volcano-sédimentaires, l'ensemble de dépôts est affecté par la déformation panafricaine majeure;
- Le deuxième stade correspond à une maturité de l'arc se manifestant par un volcanisme aérien, en partie ponctuel, généré en surface suite à une mise en place à faible profondeur de grandes masses plutoniques riches en gaz;
- Le dernier stade matérialise une période de destruction générale tardi-panafricaine, avec individualisation de grabens qui rassembleront les dépôts volcano-détritiques.

4. Contexte métallogénique :

L'histoire métallogénique de l'Anti-Atlas Oriental passe par plusieurs stades.

Le socle ophiolitique affleurant au Siroua est connu par des occurrences cuprifères et zincifères à rattacher aux minéralisations de type V.M.S.

La couverture volcano-sédimentaire à intercalaires de shales noires, encaissent les minéralisations d'Au et d'argent dont la genèse est rattachée au magmatisme panafricain. Dans cette catégorie s'intègrent le gisement épithermal d'Imiter et le gisement filonien hydrothermal de Tiouit.

Dans un domaine d'arc magmatique, les gisements de type porphyre sont suspectés. Le gisement d'Ismlal, récemment découvert par Reminex, est en relation avec un volcanisme d'âge précambrien supérieur.

Au niveau de la couverture cambrienne, des "stratabound copper deposit type" sont répertoriés. Ils sont au même titre que certains gisements de l'Anti-Atlas Occidental d'origine épigénétique.

Un dernier événement minéralisateur rattaché à l'orogénèse hercynienne est essentiellement producteur des métaux de base. Le gisement de Bou-Skour à cuivre, zinc et plomb en fait partie. Néanmoins, ces gisements demeurent à faible valeur économique.

En terme de paragenèse minérale, les minéralisations panafricaines dessinent une zonalité régionale à dominance de sulfosels d'argent et de sulfures dans la partie orientale, tandis que l'or prédomine à l'ouest. Ceci est en relation avec la nature des intrusifs et probablement avec la nature du socle. Les sulfures et sulfoarséniures de cobalt suivent la même tendance.

Les altérations sont spécifiques au type de gisement, cependant la feldspathisation et la pyritisation sont à caractère régional et sont intenses à proximité des centres volcaniques.

Du point de vue structural, certaines minéralisations dessinent des structures circulaires. Des études tectomagnétiques stipulent des structures de type "caldeira".

Quant aux minéralisations filoniennes, elles sont pour la quasi-totalité contrôlées par la déformation cassante d'âge tardi-panafricaine.

En définitive, cette diversité dans les contextes métallogéniques rend compte de l'importance de l'adéquation des travaux tant géologiques que géochimiques à entreprendre.

II. Boutonnière de Kelaat M'gouna :

1. Situation géographique :

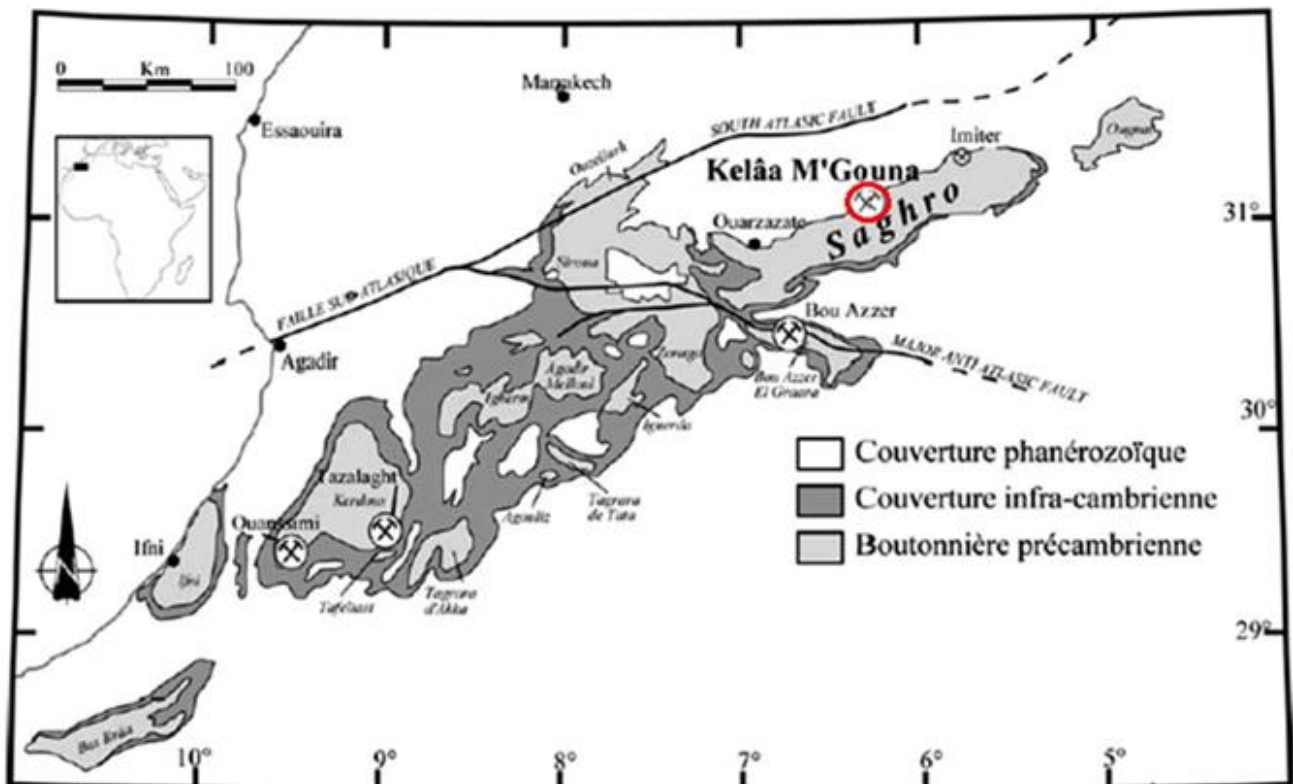


Figure 8 : Localisation du district de Kelâa M'Gouna dans l'Anti-Atlas.

La ville de Kelaat M'gouna se situe à environ 100 km au Nord-Est de Ouarzazate sur la route qui mène à Errachidia . Le district de Kelâa M'Gouna est situé sur le flanc nord du Jbel Saghro juste en limite du Sillon Atlasique (Fig. 7). Il est localisé à moins d'une dizaine de kilomètres au SSW de la ville de Kelâa M'Gounal. Il s'allonge sur environ 16Km de long sur 6Km de large, au Sud de l'Oued Dadès entre Aqqa Tensemlal à l'Ouest et Issil Bou -Izergane au NE.

En réalité, le district Kelaat M'gouna ne correspond pas à une vraie boutonnière puisque la définition de boutonnière est une dépression taillée par les phénomènes d'érosion à l'intérieur de formation plus récente mais elle correspond plutôt à un enchevêtrement et une interpénétration de formation de natures et d'âges variés. (BENHARREF, 1991)

Des études plus récentes (TUDURI, 2005 ; TUDURI et al., 2004) ont démontré qu'il s'agit d'une caldera qui s'est développée en 3 stades importants liés au volcanisme de fin du précambrien (Fig. 9).

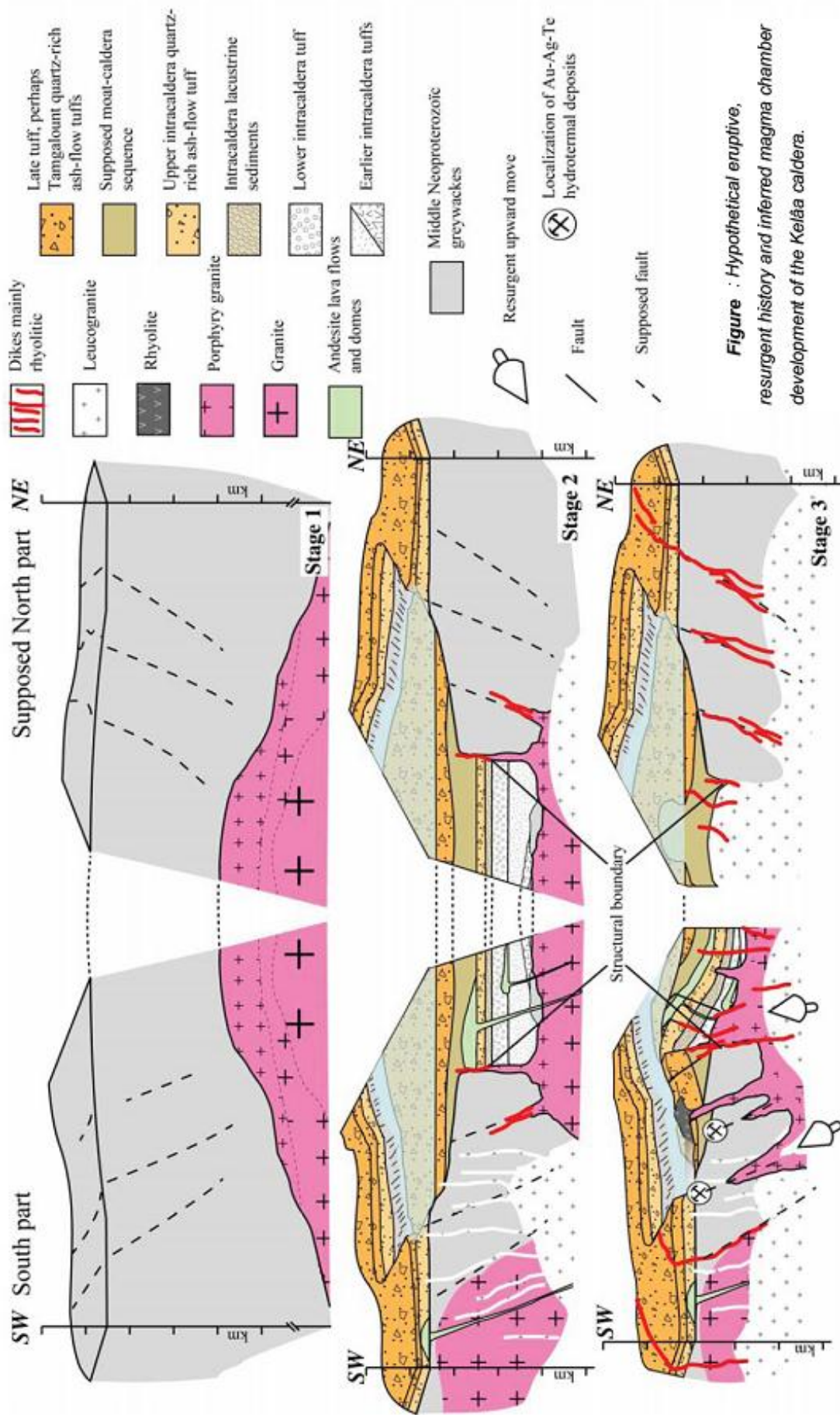


Figure : Hypothetical eruptive, resurgent history and inferred magma chamber development of the Kelaa caldera.

Fig.9 : Model de formation de la caldera de Kelaat M'gouna d'après **TUDURI (2005)**

2. Lithostratigraphie :

La succession lithostratigraphique est la suivante (fig. 9) :

- **PII inférieur** : Ensemble volcano-sédimentaire essentiellement à grès massifs contenant, surtout dans la partie centrale, des intercalations volcaniques (spilites). Cet ensemble est intrudé par la granodiorite de WAWICHT.
- **PII supérieur** : Il débute par des niveaux conglomératiques très discrets (ces niveaux sont très bien développés au sud de cette boutonnière et dans la zone des dykes).

Au-dessus, se déposent des formations volcaniques, notamment des cinérites bien stratifiées.

Une formation bien développée de matériel acide à intermédiaire massif, dénommée formation de Tamgalount, clôt cette succession. Ce matériel correspond aux tufs acides massifs (BENHARREF, 1991). Les contacts parfois très pentés avec les formations précédentes sont attribués à un dépôt sur topographie régulière. La présence de nombreux éléments de matériel PII inférieur (parfois sédimentaire, parfois plutonique), dans les formations de Tamgalount peut amener à interpréter ces zones ponctuelles comme des centres émissifs.

Cet ensemble volcano-clastique PII supérieur est affecté par une succession d'intrusions attribuées au PII supérieur. Les relations de terrain définissent la chronologie relative suivante :

- Dykes d'andésite porphyrique NS et EW;
- Dykes de hypo-volcanique (formations roses) de type porphyre. Les formations peuvent être considérées comme des faciès type volcanique accompagnant la mise en place des grands massifs de granite rose d'Isak N'Allah majoritairement NW-SE;
- Dykes de rhyolites généralement bien réglés N10-N20.

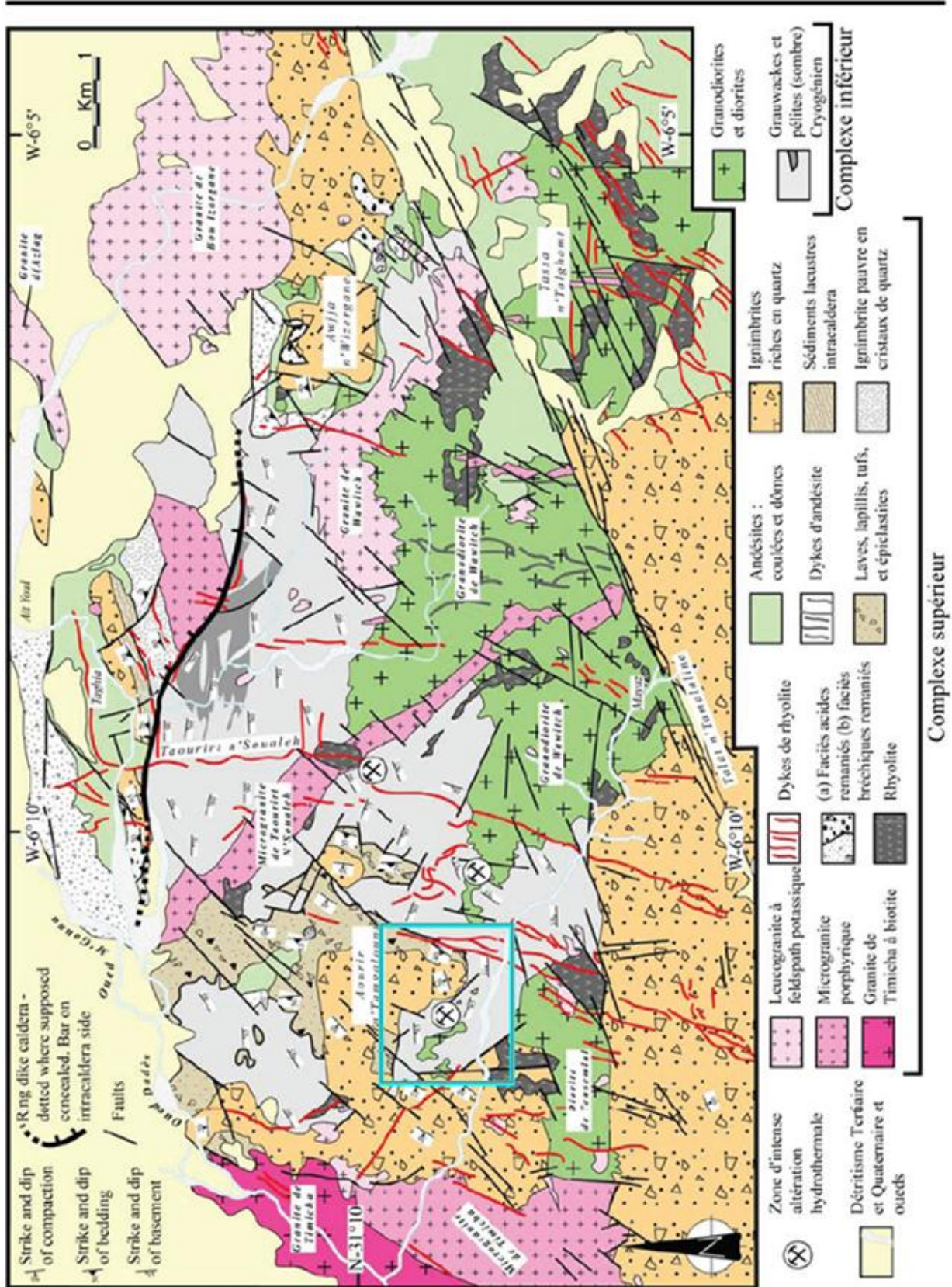


Figure 10: Carte géologique de la boutonnière de Kelâa M'Gouna, d'après Benharref (1991), Derré et Lécolle (1999) et scène Landsat.

III. Analyse de la déformation :

L'étude de la déformation et l'analyse des différentes structures de la boutonnière de Kelaa M'Gouna (Benharref, 1991) a permis de dresser la chronologie des événements suivant :

➤ **une déformation syn-schisteuse dans les séries du PII inférieur :**

Cette déformation affecte les formations Grésopélitiques. Elle est marquée par une schistosité de fracture relativement bien développée, émanant d'un plissement synschisteux ainsi que d'un étirement des minéraux issus d'un métamorphisme de contact (Andalousite et/ou Cordiérite rétroformosée).

L'étude des mesures brutes de la schistosité (Fig.11) montre qu'il existe une assez large gamme de directions. La répartition de ces dernières a permis de mettre en évidence une première direction dominante N60-80 avec des pendages le plus souvent vers le Sud-Est ainsi qu'une direction N120 également bien exprimée.

L'analyse des trajectoires de la schistosité (Fig. 11) montre l'existence d'un plissement tardif ayant repris les structures primaires.

On note également la présence de petites zones, de cisaillements dextres N100 à N130 (parfois N70 à N80) et sénestres N150 à N170.

➤ **une déformation post-schisteuse ayant repris les structures antérieures, et affectant les formations de la couverture :**

La déformation post-schisteuse est matérialisée par des plis assez ouverts avec des axes de direction NW-SE.

Une schistosité de fractures, peu développée dans les formations Grésopélitiques mais, bien représentée dans les formations volcano-clastiques de la couverture, se démarque selon une direction assez monotone N100 à N110. Au niveau des failles, on retrouve deux grands systèmes qui traversent la boutonnière dans tout son ensemble :

- Un système orienté N40-N50, situé dans la partie occidentale de la boutonnière. Il traverse l'unité d'Awrir-n-Tamgalount, les formations acides roses ainsi que la partie occidentale de l'unité d'Ait Hammouden - Aït Youl.
- Un système orienté N70, plus important, représenté par un alignement de grandes failles parallèles, bréchifiées et sénestres. Ce second système présente une grande extension dans le massif du Saghro.

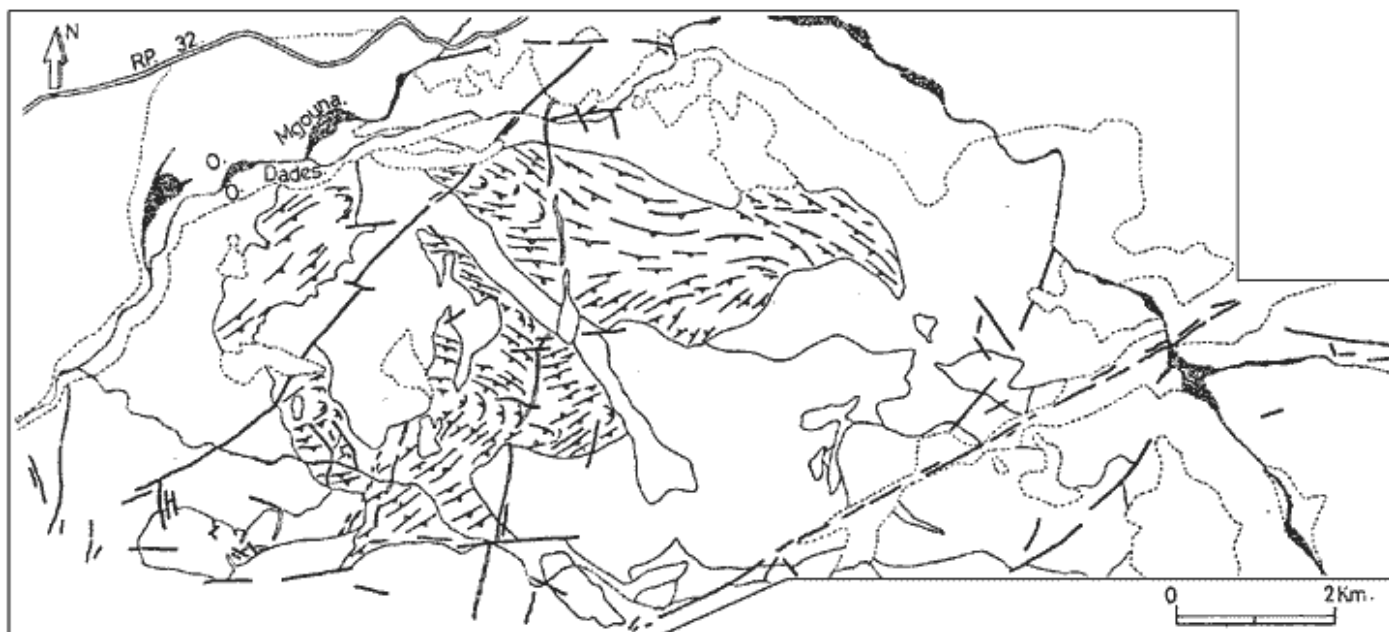


Figure 11 : Carte des trajectoires de schistosité dans le PII inférieur de la boutonnière de Kelaa M'Gouna (Benharref, 1991).

Selon Delapierre (2000), L'analyse des photos aériennes aux alentours de la zone d'étude, montre une première famille de failles de direction ENE-WSW avec un cisaillement sénestre, ainsi qu'une seconde de direction WNW-ESE dextre. Les contraintes les plus anciennes visibles dans la boutonnière ont une direction NW-SE. La schistosité en résultant a favorisé l'apparition de failles sénestres de direction ENE-WSW provoquées par une contrainte N-S à NE-SW. On remarque également la présence de zones de cisaillement en domaine semi-ductile. De plus, on note la présence de dykes de direction N-S à NNE-SSW mis en place par l'intermédiaire de méga-fentes de tension.

En résumé : l'étude structurale de la boutonnière montre qu'il existe deux grands épisodes tectoniques :

- Le premier (PII inf), de contrainte NW-SE, est matérialisé par la présence d'une schistosité bien développée, affectant les séries sédimentaires par l'intermédiaire d'un plissement synschisteux ainsi que par un métamorphisme régional et de contact, ce dernier résultant de la mise en place de corps dioritique.
- Le second (PII sup) peut être subdivisé en deux phases :
 - a) un premier stade, de contrainte NNE-SSW à N-S, matérialisé par une déformation postschisteuse et générant des plis tardifs ouverts.
 - b) un second stade de contrainte NE à SW, correspondant à une schistosité de fractures localisée, accompagnée de grands décrochements ENE-WSW sénestres permettant la mise en place des filons de Rhyolite.

DEUXIEME PARTIE :
ANCIENS TRAVAUX D'EXPLORATION RÉALISÉS
DANS LE SECTEUR D'ISMLAL :

I. Situation du secteur d'ISMLAL :

La zone d'ISAMLAL est située à une quinzaine de kilomètres au SW de la ville de Kelaat M'gouna (Fig.9). Elle est limitée au Nord par Awrir N'Tamgalount et au Sud par oued d'Ismlal. Elle s'étend sur 1.2km de long et 800 m de large.

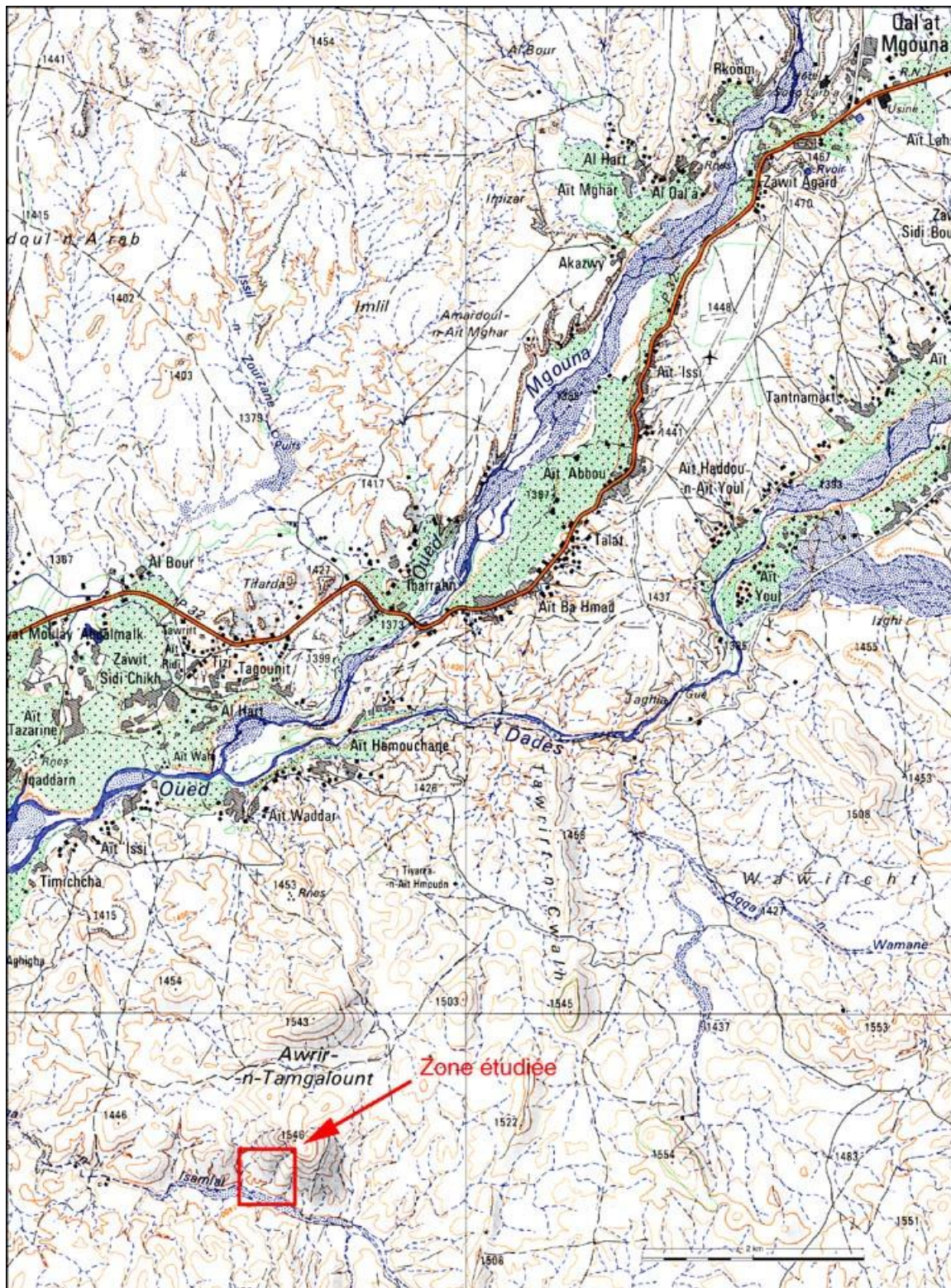


Fig.12 : Carte topographique de la région de Kelaat M'gouna et situation du secteur d'Ismlal

II. Historique des travaux antérieur :

Le groupe MANAGEM a commencé les travaux d'exploration dans la Kelaat M'gouna vers 1993, suite aux anciens permis (42) qu'il détient auprès de ses filiales dans l'Anti-Atlas. Ainsi, les recherches ont débuté par une campagne de Stream-sédiment menée par REMINEX visant les minéralisations argentifères de type IMITER. La découverte de zone anormale en Bore et d'indice aurifère en 1994, oriente la recherche vers les minéralisations aurifère. En 1995, d'autres campagnes d'alluvionnaires et de Stream sédiment permettent d'isoler les anomalies les plus intéressantes dont celle d'Ismlal et pour plus de précisions plusieurs travaux de cartographie, géochimie sol et géophysique ont été effectuées.

Les travaux réalisés en phase stratégique à Ismlal sont :

- ✓ Stream-sédiment
- ✓ Alluvionnaire
- ✓ Géochimie sol
- ✓ Géophysique : Magnétisme et Polarisation Provoquée en mode dipôle-dipôle

Les travaux effectuées en phase tactique :

- ✓ Géochimie sol à maille 100x100 sur une superficie de 1km² ;
- ✓ Cartographie géologique au 1/2.000è ;
- ✓ 19 tranchées ;
- ✓ 133 sondages Roc totalisant 5500m ;
- ✓ 25 sondages en circulation inverse, totalisant 3500m ;
- ✓ 8 sondages carottés totalisant 1300m.

III. Résultats des travaux :

1. Géochimie sol :

Elle a été effectuée à maille 100x100 avec la fraction 63µ. Elle a couvert toutes les anomalies décelées par la géochimie Stream et alluvionnaire.

Les résultats obtenus :

- Anomalie Au structurée NW-SE avec évasement de l'anomalie en direction NE-SW; Associée à une anomalie Cu de même direction. La paragenèse est Au-Cu-Bi.
- Extension de 800m et une largeur de 200m;
- Teneurs Au des anomalies reconnues sont comprises entre 400ppb et 1000ppb (1/g/t).

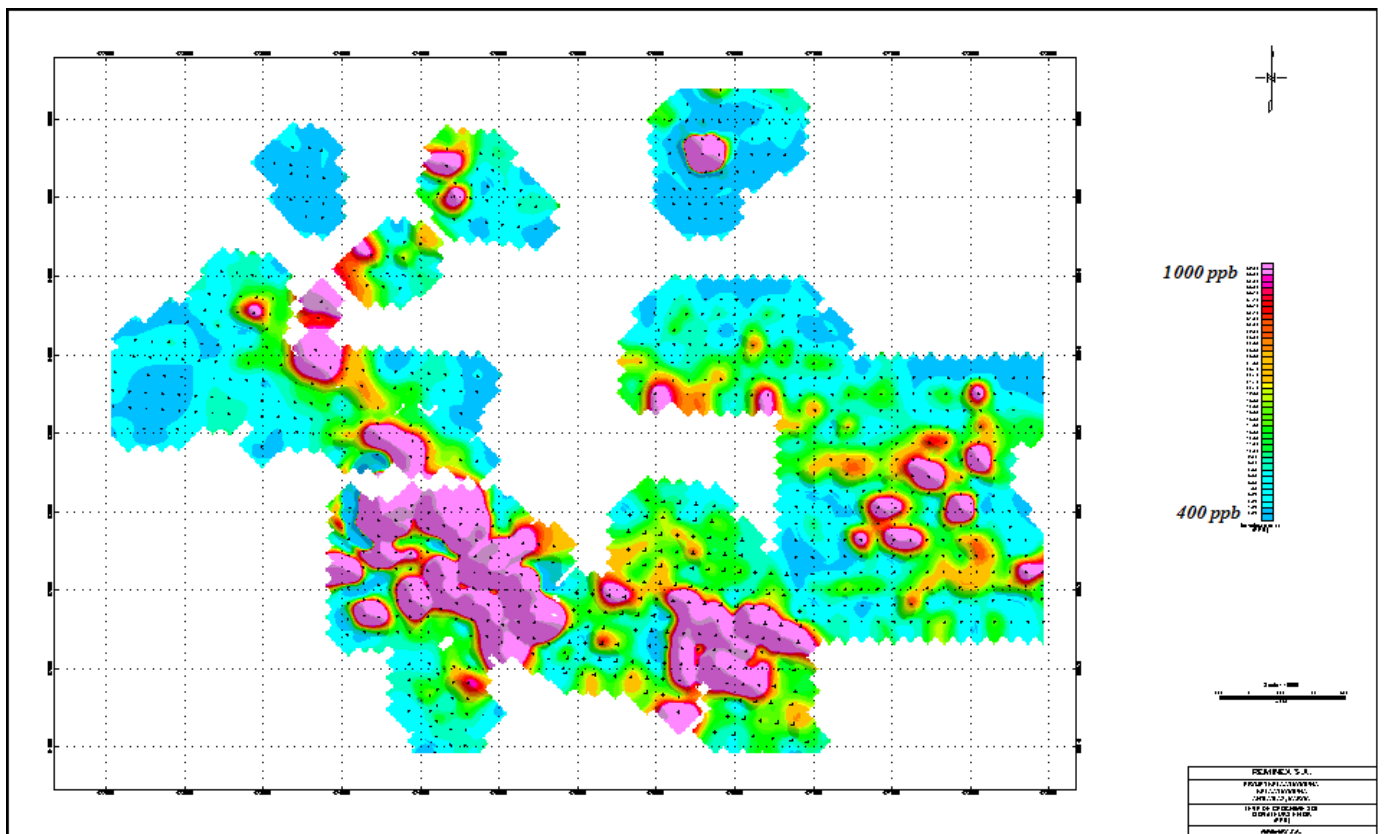


Figure 13 : Carte d'isoteneur d'or de géochimie sol dans le secteur d'Ismlal

2. Données magnétiques :

- Les hautes intensités magnétiques sont observées principalement dans la série Volcano-sédimentaire (PII inf) ainsi que dans la formation de Tamgalount (PII sup). Cette dernière semble relativement hétérogène, associée à une alternance de hautes (volcanite mafique) et de faibles (sédiment ou volcanite felsique) intensités magnétiques.
- Les domaines de faibles intensités magnétiques se retrouvent principalement dans les volcano-clastites (PII sup) et dans la formation rose (PII sup).
- Les anomalies spectrales LANDSAT.TM, associées aux zones ocrifiées, sont également associées à ces faibles intensités magnétiques représentant les volcano-clastites où les zones d'altération elles-mêmes (absence de magnétite ou destruction de la magnétite lors de l'altération).

3. Travaux de tranchées :

19 tranchées espacées de 50 à 70m ont été réalisées sur les anomalies Au (sol), selon la direction N30°E et en direction N90°E. Elles ont permis de reconnaître l'horizon minéralisé par rainurage tous les mètres. (**tableau I**)

N° Tranchée	Métrage (m)		Moyenne (0,5g/t)	Moyenne (0,2g/t)	N° Tranchée	Métrage (m)		Moyenne (0,5g/t)	Moyenne (0,2g/t)
TR1	1 à 4	4m	0,7325		TR12	76 à 84	9	0,76	
	15 à 19	5m	0,574			94 à 95	2	0,52	
	29 à 96	68m	1,086			105 à 119	15	0,51	
	1 à 142	142m		0,71		123 à 128	6	0,51	
					134 à 135	2	0,67		
TR2	5 à 31	27m	0,76			1 à 135	135		0,3
	45 à 76	32m	0,658		TR13	1 à 113	113	0,9	
	104 à 109	6m	0,696			TR16	5 à 51	47	0,64
	114 à 123	10m	1,037		54 à 60		7	0,64	
139 à 140	2m	0,73			2 à 63	61		0,6	
148 à 162	15m	1,145		TR5B	1 à 57	57	1,021		
6 à 131	126m		0,57		TR8	1 à 27	27	0,8	
149 à 184	35m		0,66	42 à 53		12	0,65		
6 à 183	178m		0,56	1 à 63		63		0,57	
TR3	17 à 56	40m	0,735			64 à 93	30		0,2
	63 à 66	4m	0,95			1 à 93	93		0,46
	82 à 86	5m	0,65		TR9	56 à 62	7	0,54	
	17 à 68	52m		0,67		73 à 127	55	0,66	
81 à 108	28m		0,355	144 à 148		5	0,53		
2 à 115	114m		0,43		161 à 163	4	0,61		
TR5/6	37 à 38	2m	0,53			1 à 166	166		0,44
	57 à 65	9	0,759		TR10	6 à 12	7	0,63	
	72 à 147	76	1,152			16 à 67	52	0,99	
2 à 158	157		0,71	1 à 73		73		0,79	
				TR11	1 à 63	63	0,95		

Tableau I : Résultats des rainurages des tranchées dans le secteur d'Ismlal

L'horizon a été délimité à des teneurs de coupures de 0.2g/t et 0.5g/t et 1g/t Au sur 700m de long et entre 60 et 100m de large et une carte d'Isovaleurs Au été dressée (fig. 13), montrant que l'horizon est constitué de zones riches ($\geq 1\text{g/t Au}$), les zones à teneurs comprises entre 0.5 et 0.7 g/t Au et des zones à teneurs moyennes de l'ordre de 0.34g/t Au. L'ensemble est structuré WNW-ESE.

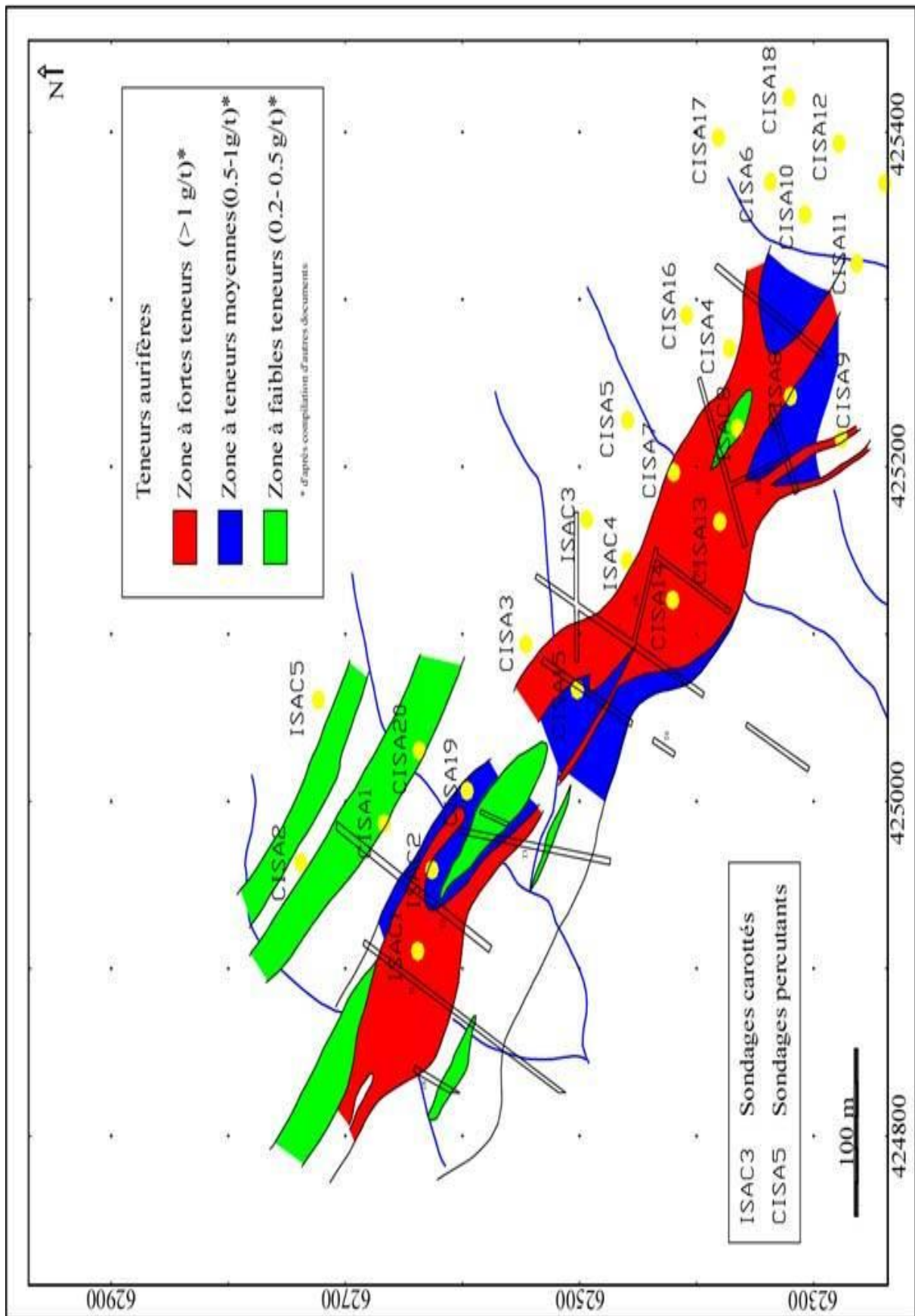


Fig 14 : Carte d'isovaleur en Or dans la zone d'ISMLAL

4. Travaux de sondages :

a. Sondages carottés :

Huit sondages carottés totalisant 1300m ont été effectués à ISMLAL, dont deux sur la lentille sud qui structurellement s'avère délicat à cerner. Les six autres sondages ont été réalisés pour reconnaître les avals et les extensions minéralisés. Ils ont permis également de déterminer la nature de l'encaissant de la minéralisation. (tableau II)

N° Sondage	Métrage (m)	Moyenne (0,5g/t)	Moyenne (0,2g/t)	N° Sondage	Métrage (m)	Moyenne (0,5g/t)	Moyenne (0,2g/t)
ISAC1	5 à 9	5	0,6	ISAC3	5 à 6	2	0,61
	15 à 19	5	0,5		32 à 45	14	0,85
	20 à 33	14	0,87		48 à 54	7	0,5
	38 à 39.8	2,8	0,56		85 à 87	3	0,95
	44.4 à 47.7	3,3	0,95		5 à 13	9	0,32
	51 à 55.9	5,65	0,96		19 à 45	27	0,59
	58.1 à 61.4	4,2	0,51		48 à 59	12	0,39
	5 à 71.15	66,95	0,58	ISAC4	16 à 25.4	10,4	1,04
ISAC2	12.7 à 15.4	2,7	0,5		36 à 37	2	1,27
	19 à 20.8	2,7	0,64		44 à 56	13	1,06
	25.5 à 43.5	18	0,94		88 à 89	1	1,29
	47.5 à 48.5	2	0,59		12 à 25.4	14,4	0,825
	51.5 à 53.5	2	0,66		35 à 56	21	0,88
	57.5 à 67.5	11	0,66				
	77.5 à 79,3	3	0,51	ISAC5	32 à 41	10	0,62
	9.1 à 20.8	11,8	0,44		43 à 45	2	0,62
	23.5 à 88.5	66	0,54		5 à 56	52	0,36
							28.9 g/t Ag
ISAC8	10 à 31	22	1,17				
	1 à 53	53	0,75				

Tableau II : Teneurs en or des échantillons des sondages carottés dans la zone d'Ismlal

b. Les sondages en circulation inverse :

25 sondages en circulation inverse totalisent 3600m, ont été réalisés à maille 100x50 pour évaluer les ressources.

N° Sondage	Cote (m)	Puissance (m)	Moyenne 0..5g/t)	Moyenne 0.2g/t)	N° Sondage	cote (m)	Puissance (m)	Moyenne 0.5g/t)	Moyenne 0.2g/t)
CISA6	22,28 à 35,96	13,68	0,62		CISA5	52,68 à 58,76	6,08	0,8	
	45,08 à 66,36	21,28	1,43			1 à 5,56	5,56		0,19
	67,88 à 77	7,6		0,32		8,6 à 25,3	16,7		0,15
CISA7	13,16 à 46,6	33,44	1,18			35,96 à 66,36	30,4		0,4
	125,64 à 127,16	1,52	2,17			165,13 à 169,72	4,59	1,03	
CISA8	1 à 43,56	43,56	0,94		CISA4	8,6 à 73,96	64	1,05	
CISA9	1 à 17,72	17,72	0,57		CISA3	4,05 à 13,2	9,15	0,85	
	14,68 à 17,72	3,04	1,12			29,95 à 45,2	15,25	0,85	
CISA2	1 à 2,5	1,5	0,59			45,2 à 49,8	4,6	16,14	
	8,6 à 10,15	1,55	0,52			49,8 à 107,75	57,95	0,85	
	20,8 à 22,35	1,55	0,55				66,4		0,85
	37,6 à 40,65	3,05	0,65				88,45		0,77
	46,75 à 49,8	3,05	0,85						
	1 à 52,85	52,85		0,4					
CISA17		10,64	0,54			11,64 à 75,84	63,84		0,36
		12,16	1,32						
CISA16		44,08		0,35	CISA20		21,28	0,58	
CISA19		18	0,52				35		0,25
		7,6	0,8		CISA21		25,84		0,46
		6	0,7		CISA22		39	0,5	

Tableau III : Teneurs en or des échantillons sondages en circulation inverse dans la zone d'Ismal

c. Sondages Roc :

133 sondages Roc totalisant 5500m ont été réalisés. Ils ont concerné le secteur NW-NS et SE mais à des faibles profondeurs. Les sondages n'ont pas pu atteindre les structures NE pour des causes techniques.

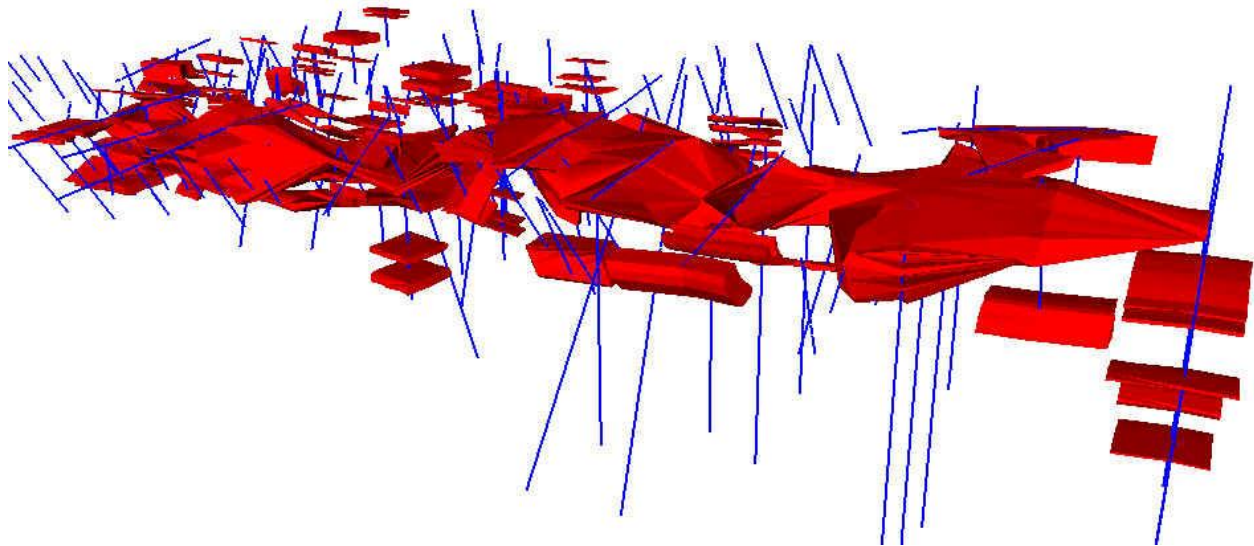


Fig. 15 : Modélisation du corps minéralisé du secteur d'ISMLAL en 3D

IV. Etude pétrographique et minéralogique :

Les caractères pétrographiques montrent que la zone d'Ismlal rassemble les caractéristiques d'une auréole du métamorphisme de contact. Cette dernière est composée par :

- Un faciès à biotite, la composition minéralogique est essentiellement biotite - phénocristaux de feldspath potassique transformé en quartz - séricite - tourmaline et des minéraux opaques, l'ensemble baigne dans un fond quartzofeldspathique de granulométrie fine à grossière.
- Un matériel volcanoclastique de composition rhyolitique, quartzofeldspathique à quartz-chlorite-séricie.

L'ensemble est affecté par des fractures à remplissage :

- Soit de quartz ou FK, ou de biotite hydrothermale, ou de minéraux opaques, ou de tourmaline -magnétite - quartz – chlorite – feldspath - rutile.

L'étude métallographique montre que les grains d'or natif se présentent en grain d'habitus, de forme et de taille variable :

- Or natif sous forme de grain de quelque μm à $70\mu\text{m}$ dans des fractures à remplissage de quartz plus au moins oligiste plus au moins F.K. ;
- Or en grain de taille ($50\text{-}70\mu\text{m}$) est associé au quartz de remplissage de fracture ;
- Or en individu ($4\text{-}15\mu\text{m}$) inclus dans l'oligiste ;
- Or de taille supérieure à $5\mu\text{m}$ est observé dans une fracture à remplissage quartz-feldspath potassique - biotite.

L'inventaire minéralogique établi sur les échantillons de tranchées et de sondages montre que :

- Les veinules du stockworks sont caractérisées par : pyrite - chalcopryrite - pyrrhotite - galène - carrollite et argent massif. Les paragenèses d'altération comprennent : magnétite - hématite - hydroxyde de fer, oligiste, covellite, chalcocite, malachite.
- La présence d'éléments de cuivre et galène confirme la paragenèses à Pb établi par l'ACPSTA et qui nous paraissait curieuse. Elle a été attribuée à une erreur d'analyse.
- L'Au observé est uniquement sous forme native en association avec du quartz hématite-pyrite ou hydroxydes de fer provenant de l'oxydation de la pyrite.

Les caractéristiques géochimiques de l'or analysés, montre que la teneur en Ag des grains d'or se répartit autour de 3 valeurs : $0\text{wt}\%$, $8\text{wt}\%$ et $18\text{wt}\%$. L'association entre un grain d'or à $0\text{wt}\%\text{Ag}$ et des niveaux d'altérations superficielles conduit à envisager la présence d'or supergène dans les minéralisations d'Ismlal.

V. *Evaluation des ressources du gîte d'Ismlal :*

L'évaluation des ressources du gîte d'ISMLAL est basée sur :

- Le calcul des ressources à base de coupes réalisées à partir des données de sondages.
- Le calcul des ressources à base de plan de contours d'isoteneurs.

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Ressources à base des coupes			
<i>Teneur de coupe</i>	<i>Tonnage TV</i>	<i>Teneur g/t</i>	<i>Tonnage métal</i>
0,2	17629475	0,69	12,16
0,5	9551698	0,99	9,46
1	3048518	1,74	5,30

Ressources à base des plans			
<i>Teneur de coupe</i>	<i>Tonnage TV</i>	<i>Teneur g/t</i>	<i>Tonnage métal</i>
0,2	17672708	0,62	10,96
0,5	6291032	1,11	6,98
1	4983926	1,23	6,13

Ressources moyennes des coupes et plans			
<i>Teneur de coupe</i>	<i>Tonnage TV</i>	<i>Teneur g/t</i>	<i>Tonnage métal</i>
0,2	17651091	0,65	11,56
0,5	7921365	1,04	8,22
1	4016222	1,42	5,72

Tableau IV : Ressources calculées au niveau du secteur d'Ismlal

VI. Etude d'orientation :

L'étude d'orientation sur le projet d'exploitation d'or a été menée, dans le cadre de projet de fin d'étude, par Y.LAHLOU de l'ENS des mines de Paris (1997 – 1998).

Le gisement a donc été modélisé en considérant plusieurs scénarios. Un chiffrage estimatif des investissements et des coûts opératoires ont été affectés pour chaque scénario défini.

Les principaux paramètres pris en considération dans cette étude :

- **Méthode d'exploitation** : à ciel ouvert et à abattage à l'explosif, vu les résultats fournis par les sondages, et les faibles teneurs du gisement, et la nature de la roche. La hauteur des gradins considérés est de 7m, une largeur de bague de 10m et une pente de talus de 45°;
- **Méthode de traitement** : lixiviation en tas qui est communément utilisée pour les gisements de faibles teneurs.
- **modélisation du gisement** en 3 catégories de matériaux :
 - ◆ Stérile;
 - ◆ Minerai pauvre à lixivier sans concassage;
 - ◆ Minerai riche à lixivier avec concassage.

VII. Conclusion :

Pour conclure, les travaux et les ouvrages de reconnaissance ont permis d'envisager l'existence d'un gisement d'or de type faible teneur (0,69 g/t). Le tonnage métal est de 12,16 et le tonnage tout-venant est de 17,6millions de tonnes. L'horizon minéralisé est orienté NW-SE, sur une surface d'environ 800 mètres de longueur et 100 mètres de largeur.

TROISIEME PARTIE :

CARTOGRAPHIE

ET COUPES GEOLOGIQUES DU SECTEUR

D'ISMLAL

I. But de travail :

Dans le cadre de l'exploration et de la reconnaissance des potentialités métallogéniques du secteur d'ISMLAL, plusieurs cartes ont été élaborées par les géologues de RMINEX. Cependant, notre but était dans un premier temps de s'initier avec les méthodes et les techniques de cartographie géologique en élaborant une carte autonome, complétant les anciennes cartes, et d'essayer dans un deuxième temps de corréliser les données de surface avec celles de profondeur.

II. Méthode de travail :

Pour répondre aux objectifs fixés, et après une synthèse bibliographique, nous avons fait une semaine de terrain. Nous pensons que cette durée est courte pour tracer une grille de piquetage. On a plutôt utilisé les tranchées et les sondages - déjà reportés sur un plan qu'on a emprunté à RMINEX – pour se repérer sur le terrain.

Nous avons également réalisé quelques coupes longitudinales le long de certaines tranchées.

III. Analyse de la carte et description des faciès :

L'analyse de la carte montre que les formations du PII (Néoprotérozoïque moyen) occupent la majeure partie de notre secteur. Il s'agit essentiellement de deux faciès :

- **une formation volcano-sédimentaire du PII inférieur**
- **une formation volcano-clastique de PII supérieur**

Cet ensemble est intrudé par une granodiorite et le tout est traversé par des dykes acides (aplite et rhyolite).

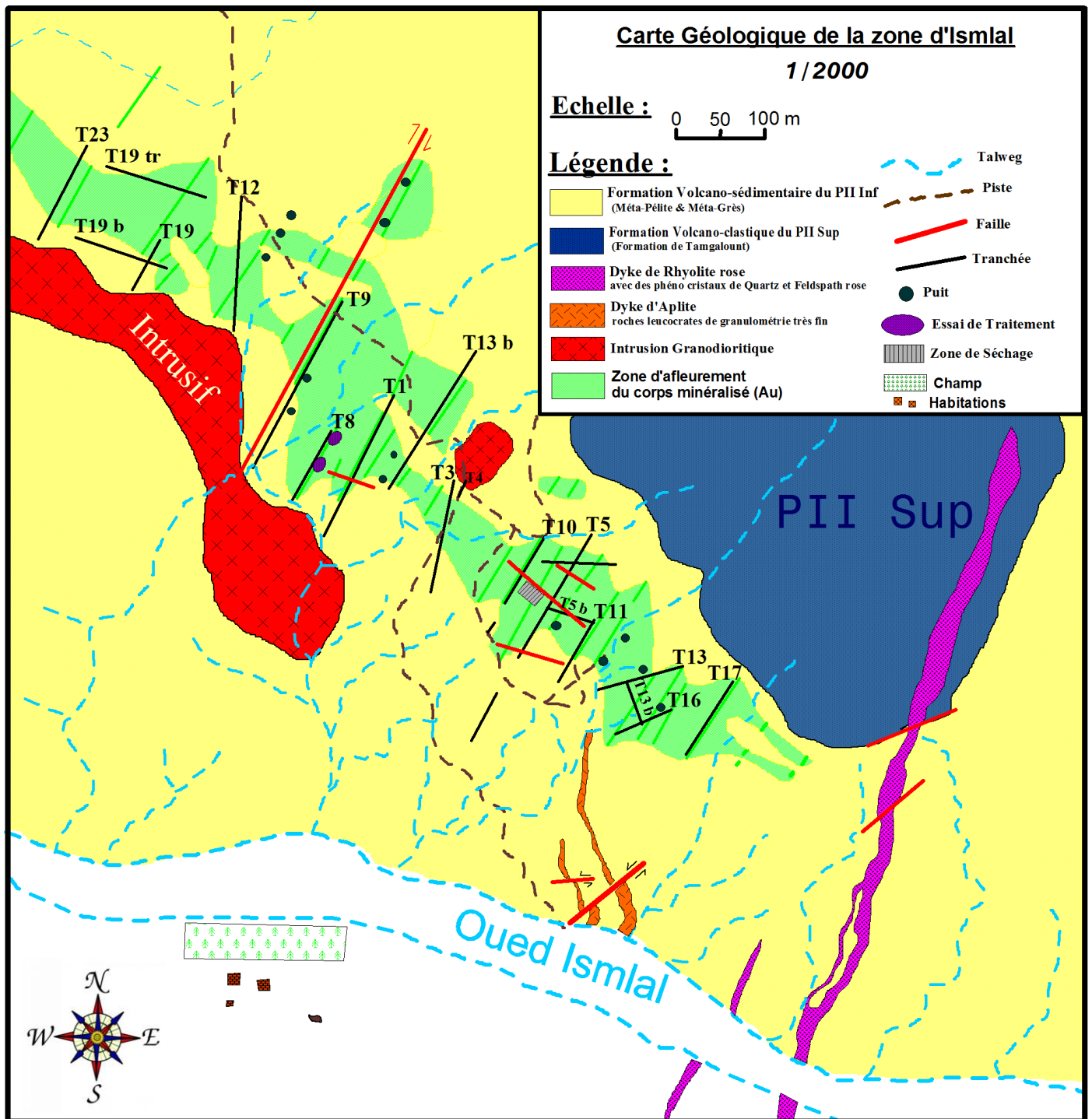


Figure 16 : Carte géologique du secteur d'ISMLAL 1 /2000

III-1/ La formation volcano-sédimentaire (PII inf.):

Cette vaste formation affleure dans presque toute la carte. Elle est constituée de méta-sédiment (méta-pélites et méta-grès) (fig.16) souvent fracturée, silicifiée et qui montre des couleurs d'altération blanchâtre et verdâtre, témoignant d'une certaine zonalité proche des zones de contact lithologique.

On observe aussi le développement des réseaux de filon de quartz de direction très variables (une direction N0 à N30 et une autre N90 à N120) et qui dessinent des stockwerks généralement de taille centimétrique.

Des zones d'oxydation de couleur rouge -sang se distinguent facilement de l'encaissant volcano-sédimentaire et caractérisent les parties hématitisées.

Des filons à quartz, oligiste et feldspath potassique traversent la zone mais sont souvent très petits pour être cartés.

III-2/ La formation volcano-clastique (PII sup.) :

Elle est connue sous le nom de formation de Tamglount, elle apparaît au NE de la carte sous forme de relief ignimbrétique anguleux, très sombre et très compactée, et repose en discordance angulaire sur la formation volcano-sédimentaire (Fig.17).

III-3/ La granodiorite :

Intrusive dans les formations volcano-sédimentaire (Fig.18), la granodiorite apparaît au NW de notre secteur. Au centre, elle affleure sous forme de lambeaux altérés surtout dans la zone de contact. Cette roche, de texture grenue porphyrique, est constituée de phénocristaux d'amphiboles, de feldspaths alcalins et plagioclases ainsi que de quelques grains de quartz pris dans une matrice fine de quartz et de chlorite.

III-4/ Les dykes :

On distingue deux types de dykes : (fig : 17)

- dykes de rhyolite rose : se présentent essentiellement à l'Est de la carte, ils sont décalés par des failles et traversent les formations volcano-sédimentaires et volcano-clastiques. Ils sont aphanitiques, acides constituées de phénocristaux de quartz et de feldspath alcalins avec une matrice rose.
- dykes d'aplite : généralement rencontrées au Sud de la carte avec une extension plus faible que celle des dykes de rhyolite .Ils ont une texture fine, à grains millimétriques constitués de quartz et feldspath alcalins.



Fig. 17 : photographie de la zone étudiée avec illustration des différentes formations

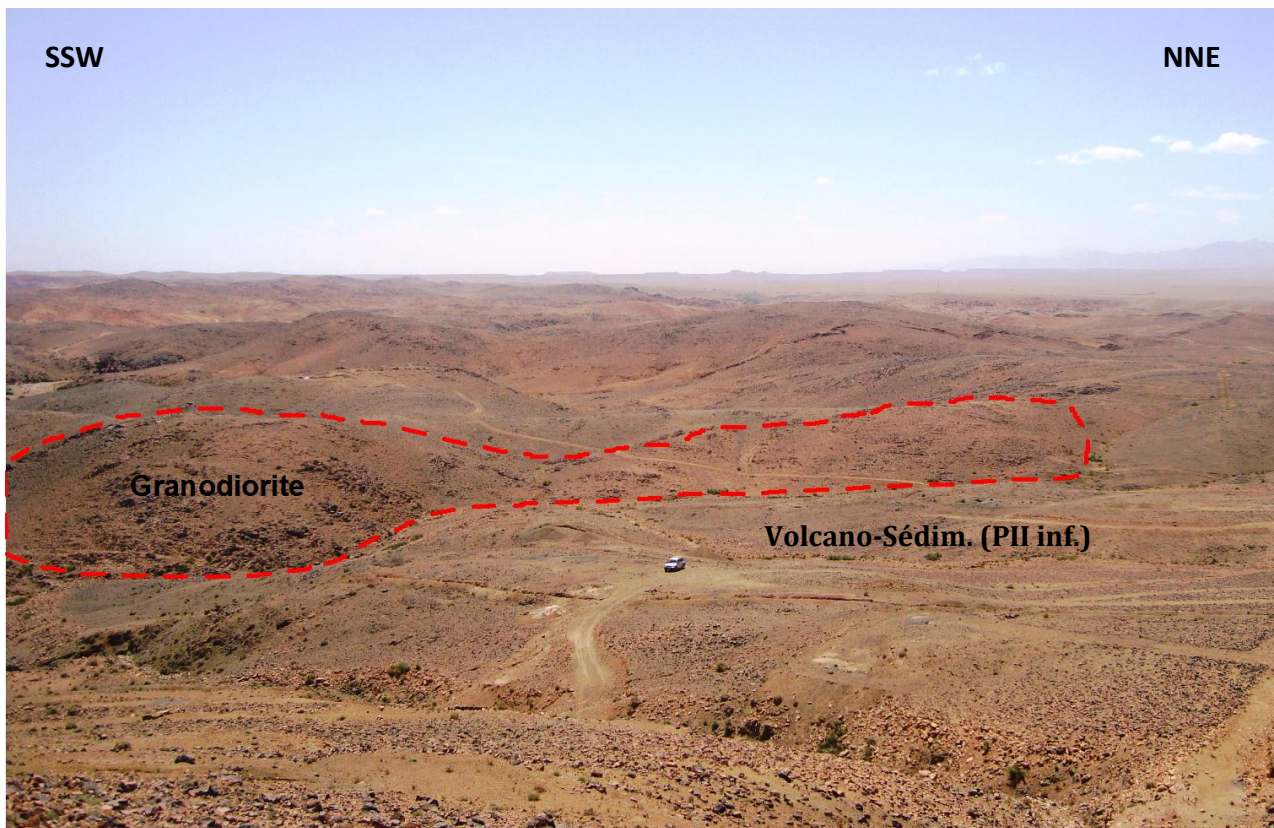


Figure 18 : Zone d'affleurement de la granodiorite dans le secteur d'Ismlal

IV. Coupes réalisées :

IV-1/ Localisation des tranchées :

À fin de délimiter le corps minéralisée, plusieurs tranchées ont été réalisées (voir travaux de sondages) perpendiculairement à ce dernier avec une direction moyenne de N30. (Fig. 18)

Dans notre travail, on a levé plusieurs coupes longitudinales le long des tranchées, nous allons aborder quatre coupes représentatives : ISAT17, ISAT10, ISAT1 et ISAT9. La longueur de ces tranchées varie de 75m à 220m avec une direction NE-SW et ils sont implantées dans la partie centrale et au SW du secteur (voir carte)

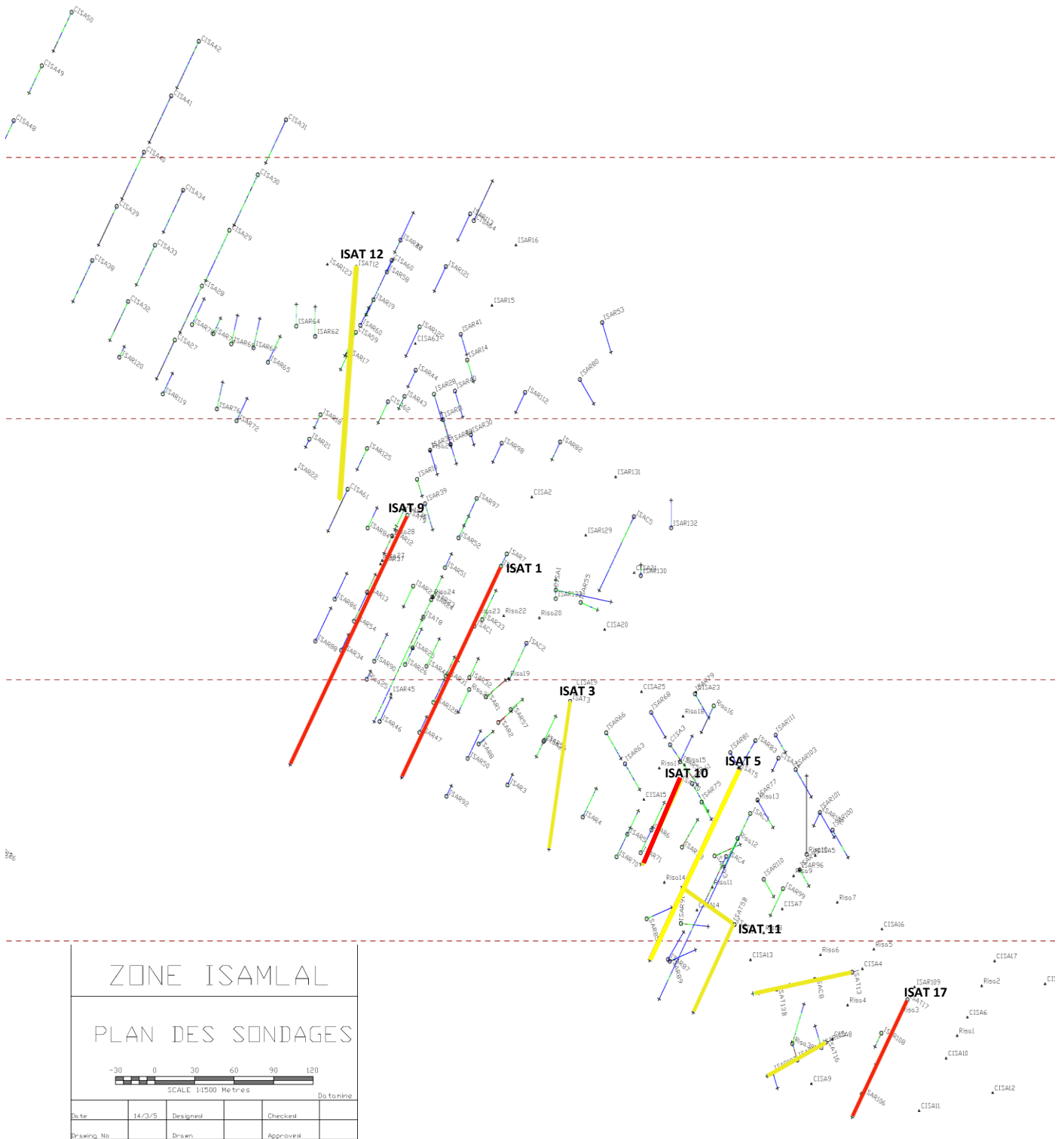
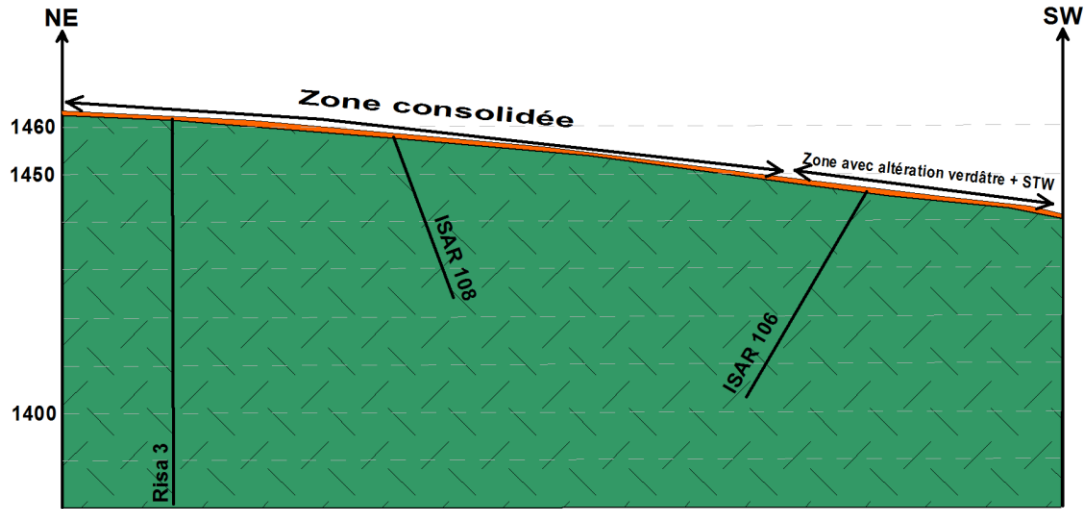


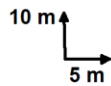
fig.19 : Plan des sondages et tranchées réalisés dans le secteur d'Ismlal

fig.20 : Coupes longitudinales des tranchées :

**Coupe longitudinale de la tranchée ISAT 17
N30 de longueur 105m**



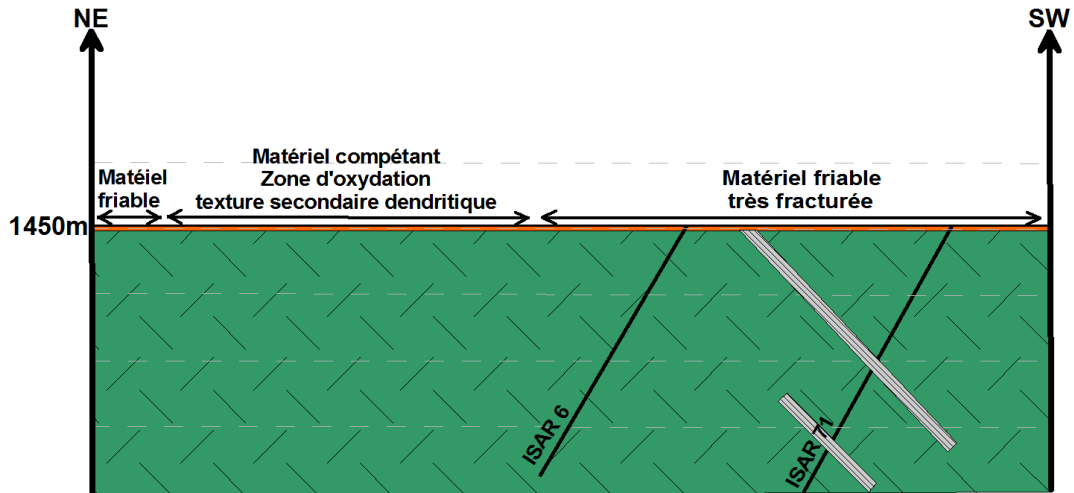
Echelle :



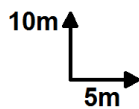
Légende :

- Roches sombres (melanocrates) avec des grains très fins, Silicifiées, Fracturées, Texture secondaire dendritique, Peu de stock-werk, Magnétique
- Recouvrement sol + éboulis

**Coupe longitudinale de la tranchée ISAT 10
N30 sur une longueur de 75 m**



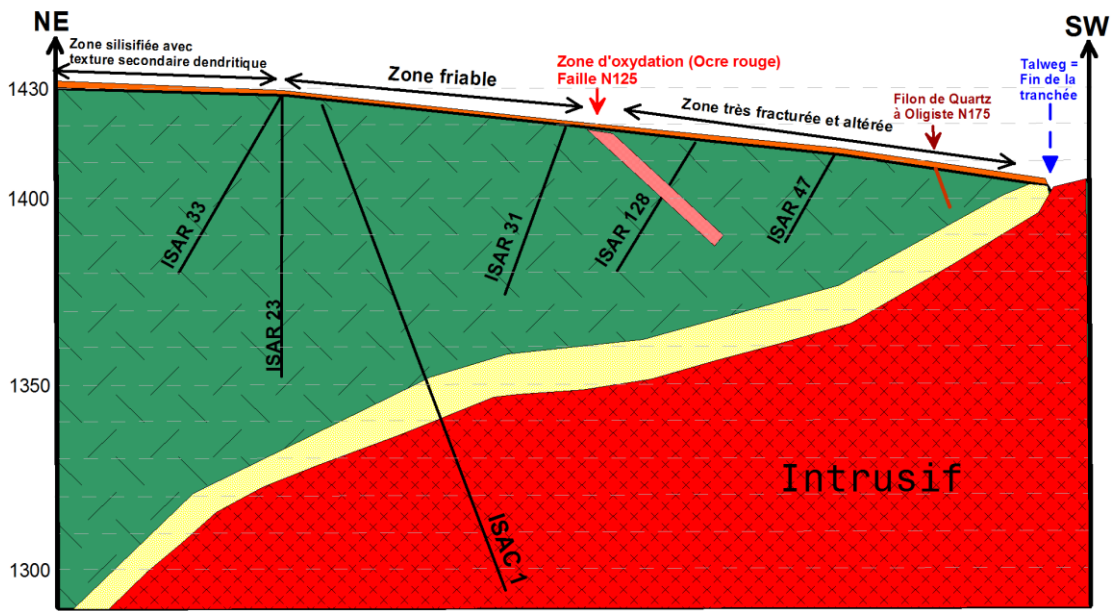
Echelle :



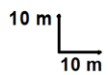
Légende :

- Roches sombres à grains très fin (Méta-pélites) Magnétique, et avec des STW de quartz
- Sol
- Faille

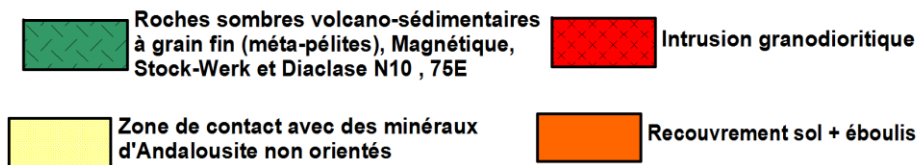
Coupe longitudinale de la tranchée ISAT 1 N30 de longueur 190 m



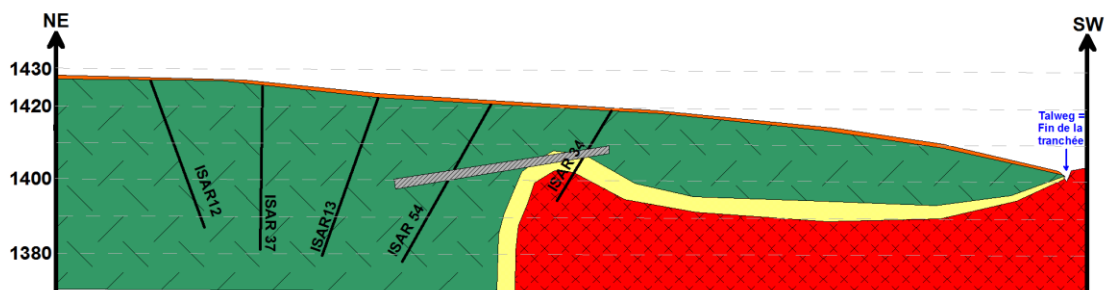
Echelle :



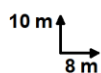
Légende :



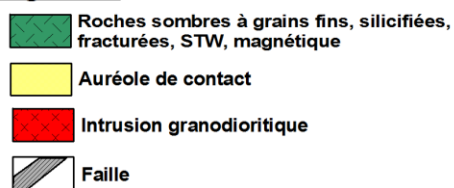
Coupe longitudinale de la tranchée ISAT 9 N30 de longueur 220m



Echelle :



Légende :



IV-2 / Description des coupes longitudinales :

L'examen des coupes montre qu'il s'agit pratiquement d'un même faciès avec une alternance de zone fracturée et de zone silicifiée liée à la présence de stockwerck et parfois des zones d'oxydation liée à l'hématitisation.

L'interprétation des données issues des sondages nous a permis de corréler les faciès identifiés en surface avec ceux rencontrés en profondeur. Il semble qu'on a les même faciès, sauf dans la tranchée ISAT1 et ISAT9 où une intrusion granodioritique s'est mis en place, développant une auréole de métamorphisme qui la sépare de la formation volcano-sédimentaire. Cette auréole disparaît brutalement en surface à la fin de la tranchée, dans le talweg, ce qui laisse penser à un contact faillé entre les deux formations.

Un filon de quartz à oligiste et feldspath potassique (à 5cm d'épaisseur) traverse la tranchée ISAT 1 avec une direction de N175.

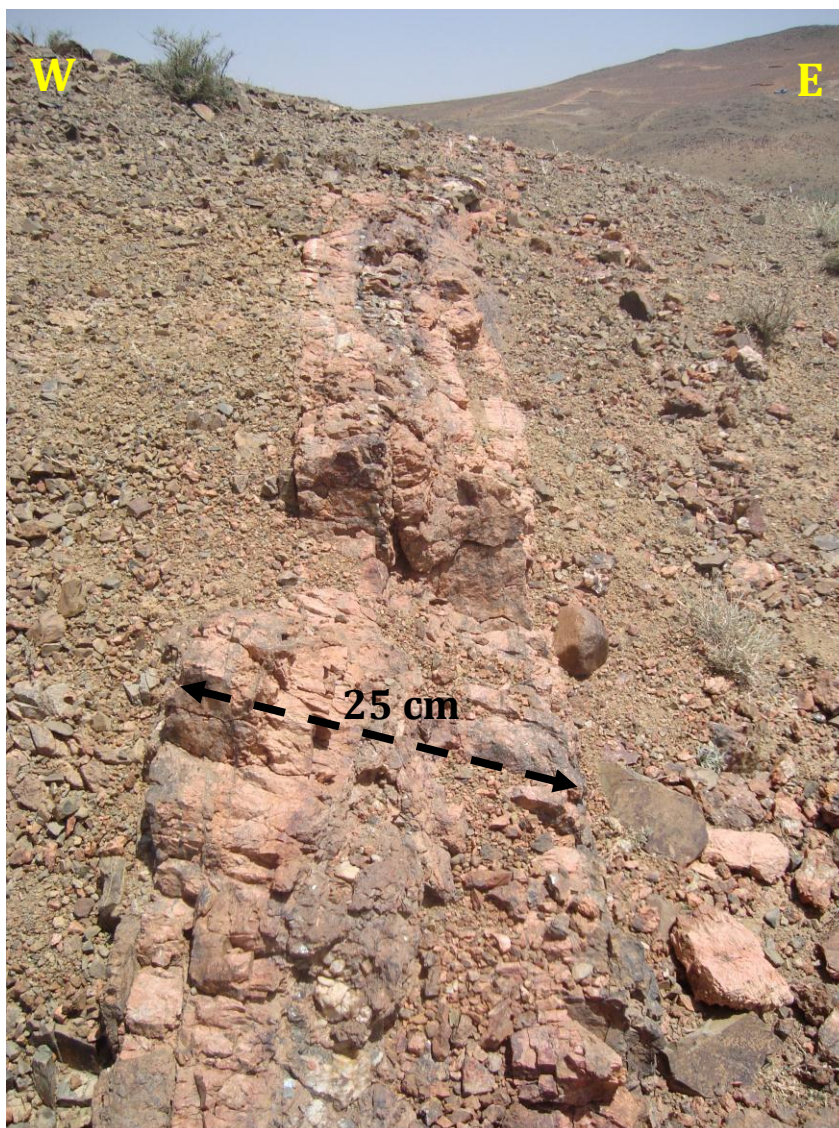


Figure 21 : Filon de quartz à oligiste et feldspath potassique traverse la granodiorite

V. Interprétation :

En combinant les données structurales de la boutonnière avec ceux dégagés sur terrains, on constate que la mise en place de la granodiorite s'est fait dans une méga-fente de tension en réponse à une contrainte globale orienté NW-SE, probablement lors du serrage panafricain lors du PII inférieur. Cette granodiorite a développé une auréole de métamorphisme de contact et elle a probablement assuré l'apport de chaleur nécessaire pour la mobilisation de la minéralisation aurifère.

Les dykes ont un caractère tardive, ils correspondent probablement au second stade de déformation qui a eu lieu au Précambrien II supérieur.

VI. Conclusion :

L'établissement de la carte géologique du secteur étudié en plus d'une synthèse des résultats des anciens travaux nous ont permis de déduire que deux unités essentielles sont responsables de la mise en place de la minéralisation aurifère :

- La première est l'unité intrusive granodioritique qui est probablement la source de chaleur responsable de la remobilisation de l'Au.
- La deuxième dont le rôle est important, est l'encaissant volcano-sédimentaire qui est l'hôte de la minéralisation, par l'intermédiaire des stockwerks et des filons de quartz à oligiste et feldspath potassique.

CONCLUSION GENERALE :

La synthèse bibliographique sur la géologie de l'Anti-Atlas et sur le Jbel Saghro , les compilation des résultats des anciens travaux d'exploration sur le gîte d'Ismlal et l'étude cartographique , nous ont permis dans un premier temps de dégager quatre unités essentielle qui caractérisent notre secteur d'étude :

- La formation volcano-sédimentaire du PII inferieur,
- La formation volcano-clastique du PII supérieur ou formation de Tamgalount
- L'intrusion granodioritique
- Les dykes acides (Rhyolite et Aplite)

La minéralisation aurifère est confinée essentiellement dans la formation volcano-sédimentaire du Précambrien II inférieur, surtout dans les zones à stockwerk, cependant, certains travaux de sondage ont montré la présence de la minéralisation dans certaines zones de la formation de Tamgalount du PII sup. ce qui nous laisse penser que l'âge de la minéralisation est autour de 600 Ma.

Les caractéristiques de la minéralisation permettent de classer le gisement d'Ismlal dans la catégorie des dépôts disséminés dans des Stockwerks non carbonatés.

Le tonnage métal est estimé à 12,69 tonnes avec une teneur de 0 ,69g/t.

L'horizon minéralisé est orienté NW-SE et s'étend sur 800 m de long sur 100 de large.

Il reste à signaler que ces résultats ne reflètent que les caractéristiques globales du secteur d'étude, toutefois, la maitrise de tous les paramètres liés au gisement nécessite des études géologiques et métallogéniques plus approfondies.

Références bibliographiques

- ❖ **AL ANSARI, A., SAGON, j-p., 1997** : *Le gisement d'or de Tiouit (Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc), Chron. Rech. Min., N° 527, pp. 3-27.*
- ❖ **BENHARREF, M., (1991)** : *Le Précambrien de la boutonnière d'El Kelaa des M'Gouna (Saghro, Anti-Atlas, Maroc). Pétrographie et structures de l'ensemble. Implications lithostratigraphiques et géodynamiques. Thèse 3ème cycle, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 270 pp.*
- ❖ **BENYAKHLEF (1999)** : *Synthèse des travaux d'exploration et de mise en valeur dans l'Anti-Atlas Oriental. Rapport inédit, ONA*
- ❖ **CHOUBERT, G. (1947)** : *L'accident majeur de l'Anti-Atlas. Comptes Rendus de L'Académie des Sciences de Paris 224: 1172-1173*
- ❖ **CHOUBERT, G., FAURE-MURET, A. (1980)** : *L'Anti-Atlas (Morocco). Earth-Science Reviews 16: 87-113*
- ❖ **DELAPIERRE, A. (2000)** : *Etude de la minéralisation aurifère d'Isamlal (Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc). In: Mem. diplôme, Université de Lausanne, p 128*
- ❖ **DERRE, C., LECOLLE, M. (1999)** : *Altérations hydrothermales dans le Protérozoïque supérieur du Saghro (Anti-Atlas oriental). Relations avec les minéralisations. Chronique de la Recherche Minière 536-537: 39-61*
- ❖ **EL BOUKHARI A., CHABANE A., ROCCI G. & TANE J. L., (1989)** : *Ophiolite de N'Kob : caractérisation pétrologique et géochimique, essais d'interprétation géodynamique (Anti-Atlas, Maroc). Coll. Géol. Franco-marocain Strasbourg, 24-26 Mai, résumés, p.87.*
- ❖ **ELSASS PH. (1977)** : *Analyse tectonique de graben de Tagmout-tine Ouayour (Jbel Saghro, Maroc). Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, t.38, n°268, pp. 23-29.*
- ❖ **GUIRAUD R., DOUMANG-MBAIGANE J.C., CARRETIER S. ET DOMINGUEZ S. (2000)**: *Evidence for a 6000 km length NW-SE striking lineament in northern Africa. J. geological Society, London, 157, p. 897 – 884.*
- ❖ **HASSENFORDER, B., (1987)** : *La tectonique panafricaine et varisque de l'Anti-Atlas dans le massif du Kerdous (Maroc). These, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 249 pp.*
- ❖ **LAHLOU Y. (1998)** : *Etude d'orientation sur le projet d'exploitation d'or par cyanuration en tas de Kelaat M'Gouna. Rapport inédit, ENS Mines de Paris. 66p.*
- ❖ **LEBLANC, M., (1975)** : *Ophiolites précambriennes et gîtes arséniés de cobalt (Bou Azzer, Maroc). Doct. d'Etat Thesis, Université de Paris VI, France, 367 pp.*

- ❖ **LEBLANC, M., LANCELOT, J. R. (1980) :** *Interprétation géodynamique du domaine panafricain (Précambrien terminal) de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir de données géologiques et géochronologiques. Canadian Journal of Earth Sciences 17: 142-155*
- ❖ **NELTNER, L. (1938) :** *Etudes géologiques dans le Sud marocain (Haut Atlas et Anti-Atlas). Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc 42:*
- ❖ **SAQUAQUE A. (1992) :** *un exemple de suture arc : le précambrien de l'Anti-Atlas centre orienttal (Maroc). These d'Etat es sciences, Univ. Cadi ayyad, Marrakech, 342p.*
- ❖ **SAQUAQUE A. ADMOU H., KARSON J., HEFFERAN K., AND REUBER I. (1989):** *Precambrian accretionary tectonics in the Bou-Azzer El Graraaregion, Anti-Atlas, Morocco. Geology, 17, 1107 – 1110.*
- ❖ **TOMAS R.J., CHEVALLIER L.C., GRESSE P.G., HARMER R.E., EGLINGTON B.M., ARMSTRONG R.A., DE BEER C.H., MARTIN J.E.J DE COCK G.S, MACEY P , AND INGRAM B. (2002) :** *Precambrien evolution of the Sirwa window, Anti Atlas orogen, Morocco. Precambrian Res., 118, 1 – 57.*
- ❖ **TUDURIJ (2005) :** *Processus de formation et relations spatio-temporelles Des minéralisations à or et argent en contexte volcanique Précambrien (Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc).Implications sur les relations déformation magmatisme volcanisme – hydrothermalisme. Thèse de doctorat, Sciences de la Terre et de l'Atmosphère,Institut des Sciences de la Terre d'Orléans – France ,466p.*