

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDE

SUJET

**TRAITEMENT ET INTERPRETATION DES
DONNEES D'ANALYSE GEOCHIMIQUE DES
VOLCANITES PANAFRICAINES DU FOSSE
PHARUSIEN. HOGGAR**

Proposé par :
Dr. MERIEM D.E.

Etudié par :
LOUKAL Hocine
MOUNAOULI Salah eddine

Dirigé par :
Dr. MERIEM D.E.

PRESIDENT : M^{elle} BOUMBAR
EXAMINATEURS : M. GACEM
M. DJADOUN

Promotion : Juin 1996

E.N.P. 10, Avenue Hassen Badi EL-HARRACH ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MINIER



PROJET DE FIN D'ETUDE

SUJET

**TRAITEMENT ET INTERPRETATION DES
DONNEES D'ANALYSE GEOCHIMIQUE DES
VOLCANITES PANAFRICAINES DU FOSSE
PHARUSIEN. HOGGAR**

Proposé par :
Dr. MERIEM D.E.

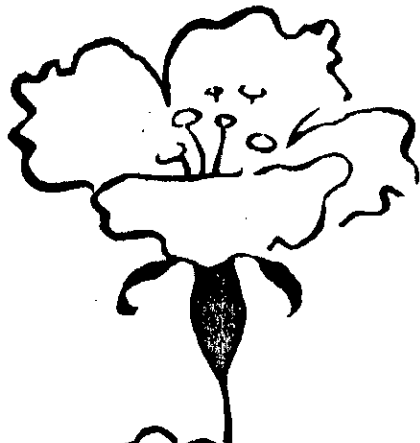
Etudié par :
LOUKAL Hocine
MOUNAOULI Salah eddine

Dirigé par :
Dr. MERIEM D.E.

PRESIDENT : M^{lle} BOUMBAR
EXAMINATEURS : M. GACEM
M. DJADOUN

Promotion : Juin 1996

E.N.P. 10, Avenue Hassen Badi EL-HARRACH ALGER



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

à : mes parents : **AJSSA - SAADJA** ;

à : mes frères et soeurs ;

à : toute ma famille spécialement mon neveu ;

OMAR et mon cousin **BRASIM** ;

à : mes amis de **CUBA** (Alger) ;

à : mes amis d'enfance ;

En fin , à tous ceux et celles que me sont très chers .

LOUKAL .

Je dédie ce modeste travail

à : ma grand-mère : **TITAOUINE BENJA** .

à : ma mère : **YAMJINA** ;

à : mon père : **MOSAMED** ;

à : ma tante : **SEDA** ;

à : ma soeur : **NADJA** ;

à : tous mes amis de l'enfance ;

à : mes amis de **CUBA** ;

à : **KEBALA Djamel Eddine** ,

MERRAKCHI Smail ;

à : tous les souvenirs de ma vie avec **D-M** ;

à : tous ceux et celles que me sont très chers ;

à : ma grande famille

MOUINAOUILL .



REMERCIEMENT

**Pour son inestimables assistance et pour nous avoir fait
bénéficier de ses conseils avisés et de sa grande expérience ,
nous tenons à adresser nos vifs remerciements à Mr :**

MERJEM D.E. notre promoteur .

**Sans oublier les membres de jury et tous les enseignants,
qui ont contribué à notre formation .**

ملخص :

يتمثل موضوع هذا البحث في دراسة ومناقشة لمعطيات جيوكيميائية لصخور بركانية تنتمي إلى العصر القديم (حوالي 600 مليون سنة) في منطقة الهقار مع مقارنتها بمثيلاتها في المغرب ومالي مما يؤدي بنا في النهاية إلى معرفة مصدر هذه الصخور وكيفية تكوينها.

الرموز :

- $\epsilon \emptyset \epsilon$: $\epsilon \square : \lambda \div \Lambda$
- $\square \parallel \beta \circ \cdot \eta$: $1 \div \times 0$: $1 \div + \psi$: $\circ \epsilon 1 : \epsilon 1$: $\epsilon \emptyset \parallel + + \cdot 1$
- $\epsilon \vee : 0 \cdot 0$: $\lambda \cdot \lambda \parallel$: $1 \div \times \epsilon \cdot 1$: $\epsilon \wedge \lambda \cdot 1$: $(\phi \cdot x \text{ } \beta \circ \circ \epsilon \epsilon \cdot \eta \cdot 1$
- $\epsilon \circ : \lambda \circ \div 1$: $\lambda : \epsilon \text{ } \kappa \cdot 1$: $1 \div \parallel \phi : \lambda \cdot 0$
- $0 : \beta \div 1$: $\phi \cdot \epsilon \div 1 \text{ } \beta \epsilon \circ$: $\psi \times \epsilon \lambda \cdot \lambda$: $1 \div \parallel \epsilon \cdot 0 \cdot \kappa$
- $\Lambda \square \parallel \epsilon$
- $0 : \beta \kappa$: $1 \div \circ \circ \div 1$: $\parallel \wedge \epsilon 1 \circ \cdot 0$: $\epsilon \emptyset \parallel + + \div 1$
- $\cdot \lambda \epsilon$: $\lambda : \epsilon \div \lambda$: $\epsilon \vee \div \epsilon : \lambda \div 1$

Summary :

The object of this study is the treatment and interpretation of geochemicals data for the volcanic rocks (~ 600Million of Years) in the Hoggar , So a comparison with the identical complexes volcanics in a Marocco and Mali .
 In order to get a conclusion for the origin and the genesis of these rocks :

Résumé :

L'objet de cette étude c'est le traitement et l'interprétation des données d'analyse géochimique des volcanites de Fossé Pharusien (Hoggar) . Nous ferons Ainsi une comparaison avec les complexes volcaniques identiques dans le Maroc et Mali ,
 afin d'obtenir une conclusion sur l'origine et la genèse de ces volcanites.

SOMMAIRE



INTRODUCTION

PREMIÈRE PARTIE : GÉOLOGIE

I- GÉNÉRALITÉ

1- L'Afrique.....

2- L'Algérie.....

II- LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE DU HOGGAR

A- Le Hoggar Occidental.....

B- Le Hoggar Central.....

C- Le Hoggar Oriental.....

III- LE MAGMATISME

1- Les roches volcaniques du Hoggar.....

2- Les roches plutoniques du Hoggar.....

IV- GITOLOGIE DES ZONES D'ÉTUDE

1- La zone de Tassendjanet Ougda.....

2- La zone de Gara-Akofou.....

3- La zone d'Ouarzazate.....

4- Les complexes volcaniques du PR3 d'Adrar des Iforas.....

DEUXIÈME PARTIE: PÉTROGRAPHIE

1- Description pétrographique des zones étudiées.....

2- Texture et structure.....

3- Composition minéralogique.....

4-Conclusion.....

TROISIÈME PARTIE: GÉOCHIMIE

1- Généralité.....

2- Interprétation des données

CONCLUSION GÉNÉRALE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE

Tableaux des analyses chimiques



INTRODUCTION

La géologie est une science qui a pour objet d'étudier l'accrétion continental et pour expliquer les phénomènes géologiques des roches et des gisements . C'est avant tout une science de terrain.

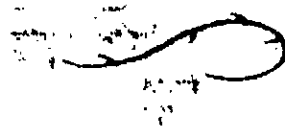
C'est ainsi que le Hoggar a fait l'objet jusqu'ici de nombreux travaux scientifiques dont on trouvera les travaux de R. Caby (1970), M. Gravelle (1969), J-M. Bertrand (1974), M. Chikhaoui (1981), D-E. Meriem (1987) , L. Boukhalfa (1987) , M. Bouchachi (1993) , M. Triki (1995) .

À la lumière de ces travaux nous sommes intéressés par les complexes volcaniques du Hoggar occidental appartenant à la chaîne panafricaine (-600 M.a.), pour mieux comprendre l'évolution géologique de cette région .

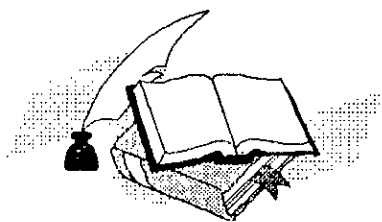
Par ce travail, nous poursuivions un objectif dont l'intérêt est :

- La caractérisation les volcanites du Hoggar occidental;
- La spécification de leur caractères pétrographique et géochimique;
- La détermination de leur genèse et leur mise en place durant le pharusien (pan-africain) .

En se basant sur des données géochimiques et pétrographiques obtenues à partir des données bibliographiques, dont le traitement et l'interprétation se fait par l'étude des éléments majeurs, les éléments en traces et les terres rares pour caractériser la tendance géochimique et pétrographique des volcanites des zones étudiées, en la comparant avec quelques exemples des volcanites d'autre régions .



PREMIÈRE PARTIE : GÉOLOGIE



I/ GÉNÉRALITÉ :

1/ L' Afrique:

Les résultats de la géochronologie (essentiellement radio-datations sur minéraux) ont amené W.Q. Kennedy (1964) à souligner l'amplitude du phénomène thermotectonique qui a affecté le continent Africain vers 500 M.a., des études ultérieures ont confirmé l'importance fondamentale de cet événement et ont amenés à diviser l'Afrique précambrienne en deux phases différentes : L'une a subi l'effet de l'événement pan-Africain à 500 M.a., et l'autre, qui en a été préservée, est figée depuis 1200 M.a. Cette partition a permis à G.Rocci (1965) de proposer un schéma de la structure de l'Afrique précambrienne comportant quatre cratons (Ouest Africain, Congo, Kalahari, Nilotique) entourés sur leur périmètre par des zones mobiles (I.N. Clifford, 1970), en schématisant l'évolution du continent Africain depuis l'Archéen, a contribué à préciser l'extension des cratons . Les grandes lignes de ce schéma ont été confirmées par les études qui ont suivi, et il semble que l'hypothèse de l'existence du craton Nilotique puisse maintenant être retenue, même s'il a une étendue restreinte. (Fig. 1-1).

Entre le craton Ouest Africain et le bouclier Touareg, dont fait partie le Hoggar se trouve la zone mobile pan-africaine dite pharusienne. (Fig. 1-2).

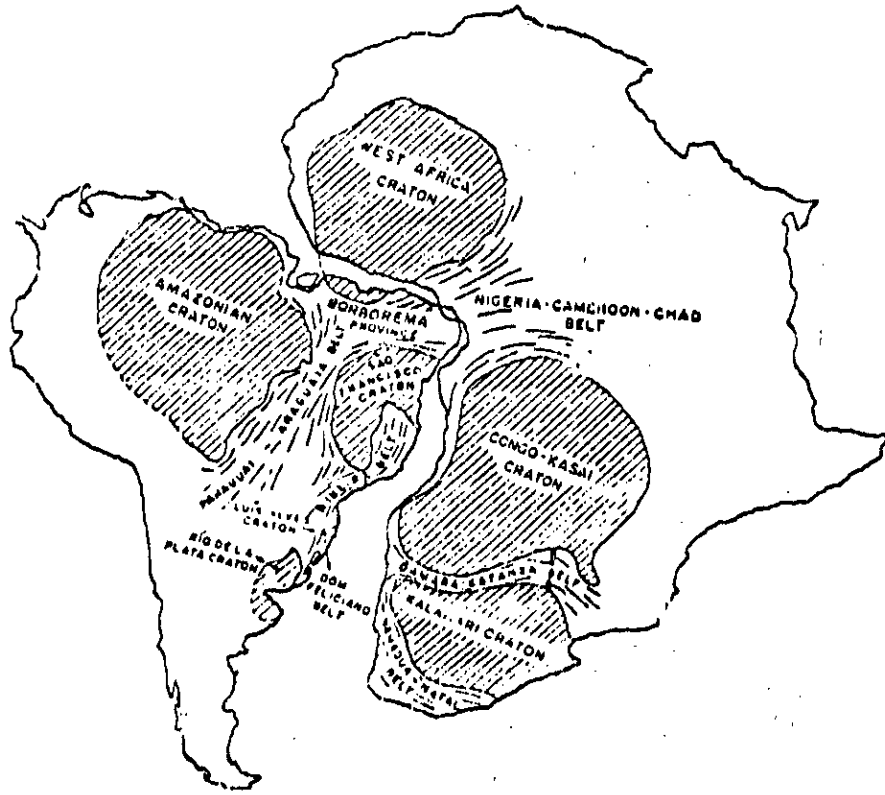


Fig. 1-1 : Des différents cratons de l'Afrique et de l'Amérique Latine.

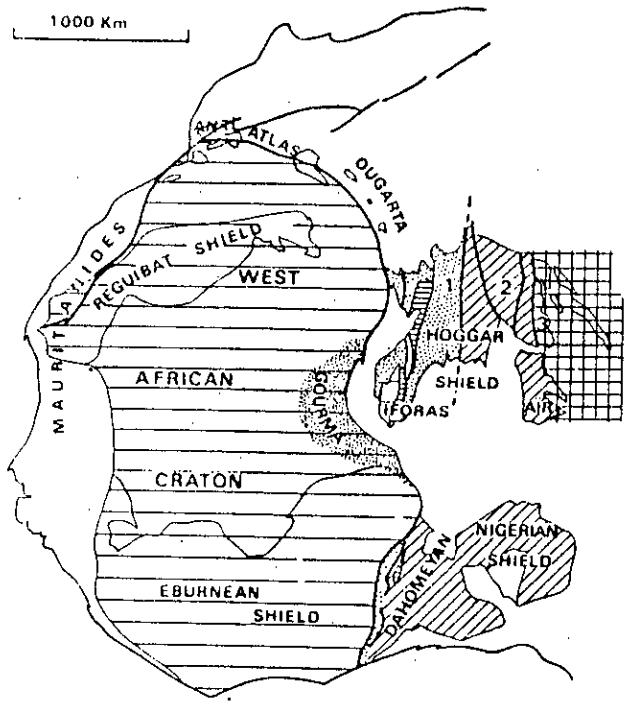


Fig. 1-2 : Carte de situation générale : craton Ouest Africain, Bouclier Touareg (Hoggar, Iforas, Aïr).

2/ L'Algérie (Fig. 2):

L'Algérie se localise au nord de ce continent , et présente tous les éléments caractérisant l'évolution de la croûte terrestre

Le territoire Algérien se subdivise du point de vue géologique et structurale en trois grands ensembles :

* _ Algérie du Nord (chaîne alpine) :

- Avant fossé tellien .
- Atlas tellien .
- Zone de la mer Méditerranée .

* _ La plate forme épi-hercynienne :

- Atlas saharien.
- Hauts plateaux.
- Anti Atlas.
- Zone de la plate forme précambrienne.

* _ Algérie du sud :

- boucliers : . bouclier Réguibet .

.. bouclier de Touareg, dont fait partie le

Hoggar.

Notre étude touche l'Algérie du Sud et plus particulièrement le Hoggar.

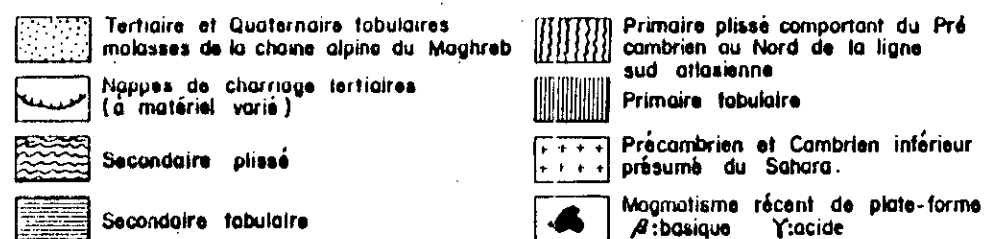
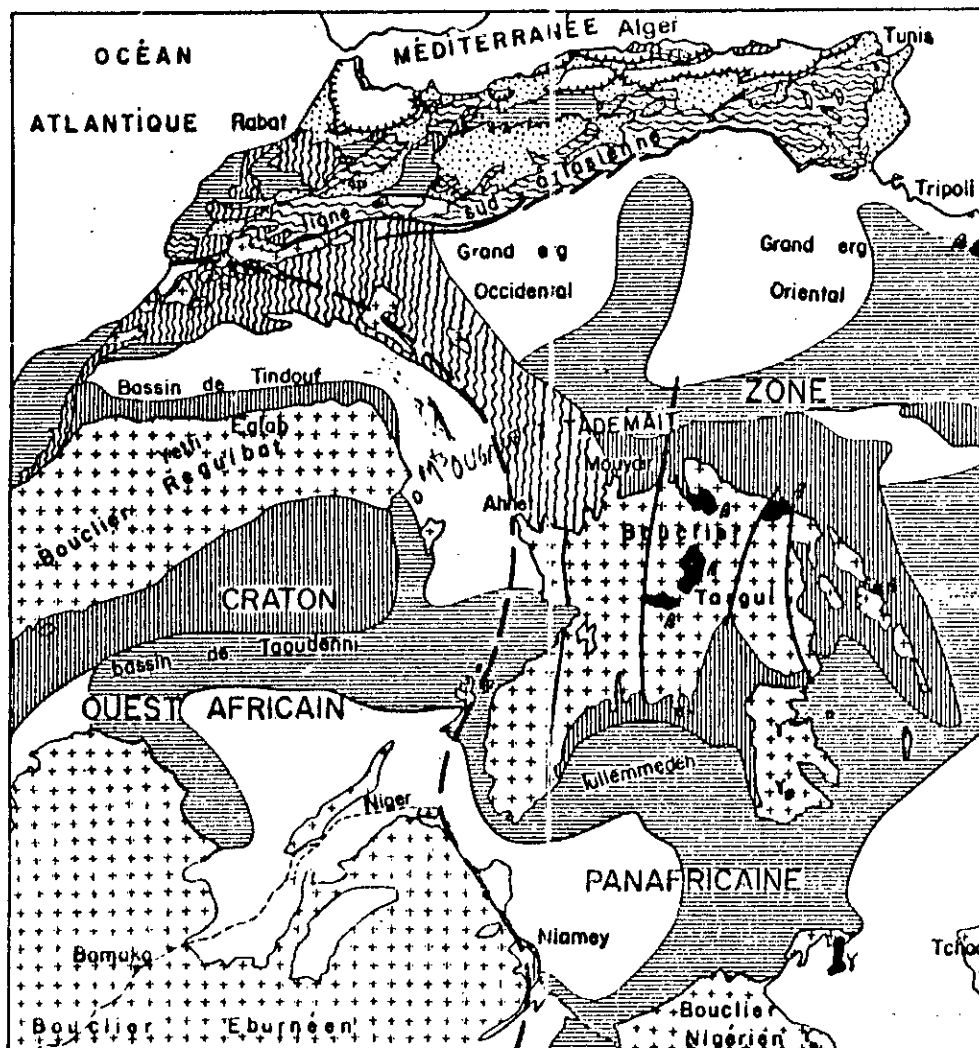


Fig. 2 : Schéma de l'Algérie

II / LE CONTEXE GÉOLOGIQUE DU HOGGAR :

Depuis les travaux de Kilian (1932) et Lelubre (1952) , le Hoggar est généralement subdivisé en trois domaines différents du point de vue structurale et lithologique; par des accidents majeurs subméridiens d'Ouest en Est (Fig. 3) :

- Hoggar Occidental (ou chaîne pharusienne) .
- Hoggar Central (Hoggar central polycyclique).
- Hoggar Oriental (ou chaîne tiririnienne).

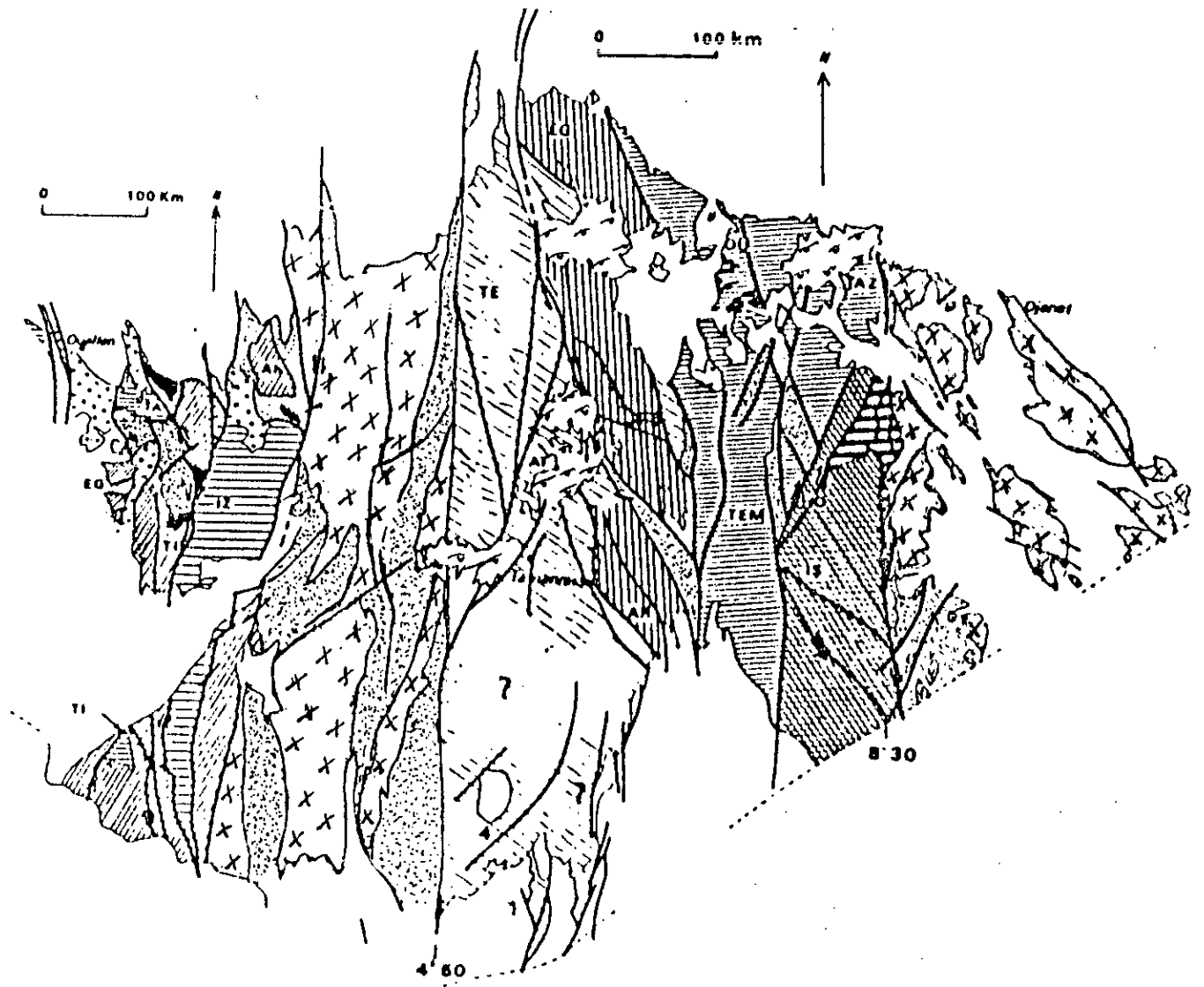
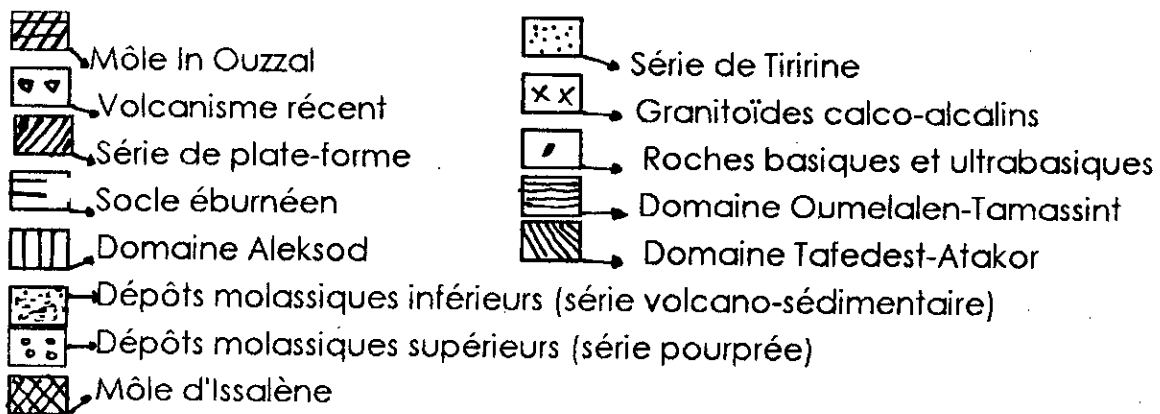


Fig. 3 : Schéma géologique du Hoggar.



A - LE HOGGAR OCCIDENTAL (la chaîne pharusienne):

Il est délimité par l'accident majeur 4°45' à l'Est et par la suture Est du Craton Ouest-Africain à l'Ouest, et composé essentiellement par une superposition de différentes séries volcano-sédimentaires et détritiques (d'âge protérozoïque supérieur) avec lesquelles sont associés des corps de roches basiques et ultrabasiques et des batholites de granitoïdes, de nature tholeiito-calco-alcaline à alcaline.

Il faut noter que des lambeaux de roches métamorphiques du socle anti panafricain persistent dans des différents endroits du Hoggar occidental.

Le Hoggar occidental est lui même subdivisé en deux rameaux ; occidental et oriental, séparés par le môle granulitique d'In Ouzal d'âge probablement archéen (Lelubre, 1966):

a/ - Le rameau occidental

Dans ce rameau Caby (1970) a mis en évidence trois séries volcano-sédimentaires superposées de bas en haut:

* La série à stromatolite : Elle est constituée d'une alternance de quartzites avec quelques petits niveaux de quartzite à dragées de quartz, de métapélites et de marbre parfois à stromatolites. Des sills et des couches basaltiques et amphibolitiques s'intercalent souvent dans cette série.

* La série verte : Elle repose en discordance structurale sur la précédente et est composée essentiellement de grauwackes, de métapélites et de conglomérats polygéniques, des coulées de laves essentiellement andésitiques type Gara Akofou et Moudrart s'intercalent au sommet.

* La série pourprée : Cette série est composée de conglomérats polygéniques et pouding à cachet fluvioglacière (tillite ?) et d'arkoses rouges pourpres. Ces formations reposent en discordance stratigraphique sur les formations de la série verte, et recouvertes en discordance par les grès ordovicien du Tassili.

Du point de vue tectonique, deux phases de déformation S1 et S2 ont été mis en évidence dans cette partie (Caby, 1970 ; Caby, 1981). La première se caractérise par des plis isoclinaux, parfois renversés réalisés dans des conditions d'amphibolite faciès à schiste vert, tandis que la seconde se caractérise par une schistosité d'axe NS et parfois NW dans des conditions métamorphiques de faciès schiste vert.

la série inférieure à stromatolites est affectée par les phases citées, par contre la série verte n'a subi que la seconde phase (S2).

b/ - Le rameau oriental (ou fossé pharusien)

Dans le rameau oriental on distingue les formations pharusiennes suivantes :

* La série du pharusien I : Connue sous le nom de Timeslarsine, elle est composée d'une alternance de quartzites, de métapélite alumineux et de marbre à stromatolites. Des niveaux de basaltes parfois en pillow-lavas et d'andésites s'intercalent dans la série. Les termes inférieurs de cette série ont été considérés comme équivalents de la série à stromatolites du NW du Hoggar (Gravelle M., 1969 ; Caby R et al., 1981).

* La série du pharusien II : Connue aussi sous le nom d'Amded-trellouchem, cette série repose en discordance stratigraphique par un niveau de conglomérats sur le *pharusien I*, elle est composée d'une alternance de pélites avec parfois des niveaux de marbres surmontés par des coulés de laves essentiellement dacitiques et rhyolitiques avec leurs termes pyroclastiques.

Ces deux séries ont été considérées comme représentant des formations de deux cycles orogéniques (Caby R. et al. 1981; Bertrand J.M.et al., 1986 ; Lapique F., et al., 1986 ; Dupont, 1987). Par contre d'autres travaux ont été menés sur cette région et ont abouti à des idées nouvelles, celles que le *pharusien I* et le *Pharusien II* ne représentent que des phases d'évolution d'une seule chaîne orogénique panafricaine (Boukhalfa L., 1987 ; Meriem D.E., 1987).

* La série intermédiaire: Dans le rameau oriental il existe de nombreux lambeaux de formations détritiques à caractère molassique, composées de conglomérats polygéniques, d'arkoses, de brèches et tufs, des laves ignimbritiques puis des arkoses et des poudings de couleur pourpre. Ces lambeaux sont attribués aux formations de la série pourprée (Gravelle M., 1969). Néanmoins des formations volcano-sédimentaires du pharusien peuvent être considérés comme des formations des molasses inférieures.

c /- Le môle d'In Ouzzal

Il est constitué par des roches archéennes (Ferrara et Gravelle, 1969 ; Allègre et Caby, 1972) à faciès granulite d'âge éburnéen (Lancelot et al., 1975), par des gneiss à pyroxène, des charnockites, des marbres, d'amphibolites et par des leptynites. Ce môle sépare tectoniquement les deux rameaux.

La conservation d'un graben de basalte et d'andésite peu métamorphiques du pharusien, implique qu'au moins dans sa partie nord, le môle a échappé au rétro-morphisme et aux déformations panafricaines, et a été pénéplainé avant le dépôt de la série pourprée discordante. Tandis qu'au Sud, le môle sur lequel repose en discordance la formation sédimentaire de la série à stromatolite du PR3, a été affecté, à des degrés divers, par les déformations et les effets thermiques panafricains. Les granulites d'In Ouzzal représenteraient au Sud de la frontière Algéro-Maliènnne une grande nappe de charriage d'âge panafricain précoce (Boullier A.M. et al., 1978).

A Tassandjanet les séries méta-sédimentaires et orthodérivées du PR₁ sont recoupées par des granites de Ouallen, hétérogène, de nature calco-alcaline, datés à 2090 M.a. (Rb/Sr. RT)(Allègre et Caby, 1972). Ces granites sont recoupés, à leur tour par un granite à muscovite dans sa partie SE, daté à 1960 M.a. Les séries sont composées d'assemblage du faciès granulitique de haute pression évoluant vers des granulites de basse pression (Leyreloup, 1974).

Les granulites d'In Ouzzal ont été datés par la méthode U/Pb sur zircons à 2120 M.a. (Lancelot et al., 1975). Cet âge est interprété comme repère probable de l'âge du métamorphisme.

Il faut noter que des isochrones Rb/Sr ont donné des âges voisins de 3000 M.a. (Ferrara et Gravelle, 1969 ; Allègre et Caby, 1972).

B - LE HOGGAR CENTRAL:

Il est limité par deux accidents majeurs NS: 4°50' à l'W et 8°30' à l'E. Ce domaine est constitué de roches éburnéennes réactivées pendant le pan - africain et recoupées par des granitoïdes pan - africains. Les roches éburnéennes sont constituées de deux séries superposées:

1. A la base, un ensemble essentiellement gneissique, avec fréquemment des intercalations d'amphibolites plus rarement de quartzites et marbres, cette série est souvent migmatisée, connue sous le nom de la série d'Arechchoum.

2. Au dessus, un deuxième ensemble caractérisé par une trilogie; quartzites, marbres, amphibolites, avec gneiss feuilleté, à peine ou pas du tout migmatisé. C'est la série de l'Egéré.

Bien que ces deux séries se distinguent sur le terrain, il a été impossible, de déceler une discordance stratigraphique entre elles. Aussi devons nous les considérer comme les deux termes d'un seul complexe sédimentaire métamorphisé par l'éburnéen.

Aux séries gneissiques monotones se superpose en effet un ensemble de formations dont le caractère sédimentaire est nettement accusé: les quartzites et marbres y prennent une importance considérable interstratifiés avec des amphibolites, pyroxénites et paragneiss. Ces séries affleurent un peu partout au Hoggar, sous forme des grands blocs et en cuillères dans les granitoïdes pan-Africains.

* - La série Arechchoum : Elle est essentiellement constituée d'une alternance monotone de gneiss quartzo-feldspathique avec de rares intercalations de quartzites, amphibolites et marbres. Dans la région de l'Erg Tihodaine et de Gour Oummellalen, les gneiss rouges et les gneiss rubanés ont été datés de 2500 M.a. à 2000 M.a. (Bertrand J.M., 1974; Latouche et Vidal, 1974; Bertrand et Lasser, 1976; Violette et Vitel, 1979).

* - La série Egéré-Aleksod. Elle est composée de métasédiments représentés par des quartzites, métapélites, marbres, para et ortho

amphibolites. Cette série a été subdivisée en trois assises : inférieure, intermédiaire et supérieure (Katchevski et al, 1980; Itskov et al., 1985).

L'assise supérieure surmonte les deux premières en discordance stratigraphique marquée par un niveau de conglomérats ou/et par une croûte d'altération (Itskov, 1985). Par contre Fomine et al., 1990, ont subdivisé la série d'Aleksod en deux assises (inférieure et supérieure) séparées par une discordance stratigraphique ou/et tectonique.

L'ensemble de l'assise supérieure d'Aleksod déterminée par Itskov et al., 1985 et Fomine et al., 1990 et la série quartzique est appelée la série de Tazat (Blaise, 1967). Cette dernière repose en discordance stratigraphique ou/et tectonique sur les formations d'Arechchoum et d'Aleksod, qui est attribuée aux formations du PR1 (Bertrand et al., 1968).

Les gneiss rubanés d'In Ouhoouène et les gneiss plagioclasiques associés à la formation métasédimentaire de la gelta d'Ouandenki, ont été respectivement datés à 2205 +/- 92 M.a. et 2195 +/- 150 M.a. En Aleksod les gneiss oeilés et gneiss granitique homogène du Tallet Mellet ont été datés à 2050 +/- 25 M.a. (isochrone Rb/Sr) (Bertrand, 1974).

Le métamorphisme éburnéen a affecté ces formations, les paracentèse ne sont pas conservées à cause de recristallisations ultérieures, sauf dans l'Oumellalen où le faciès granulites est plutôt du type basse pression, et dans les gneiss de la série d'Arechchoum, où les migmatites sont compatibles avec le type à basse pression. L'âge des granulites d'Ihérane est de 2075 +/- 20 M.a. (Bertrand, 1986).

Il existe également dans ce domaine de nombreux grands bassins volcano-sédimentaires pan-Africains d'allongement NNW à NNE c'est le cas du bassin de Tin Djedj (Feuille d'In Takalkeba), de In Ouzzof (Feuille d'Issalane), d' In Abegui, de Tahifet et d' Arefsa oriental. Ces bassins sont constitués essentiellement de trois séries séparées par une discordance stratigraphique ou/et structurale et qui se succède de bas en haut:

* - La série inférieure est composée d'une alternance monotone de micaschiste avec intercalation de niveaux d'amphibolite et rarement de quartzites alumineux et de marbres skarnifiés. Cette série est déformée avec des plis isoclinaux d'axes NNW, réalisés dans les conditions d'amphibolites faciès.

* - La série intermédiaire repose en discordance structurale sur la précédente . Elle est constituée d'une alternance monotone de pélites, de grès intercalés avec des niveaux de conglomérats intraformationnelles et de marbres recoupés par des sills de rhyolites et d'ignimbrites qui passent graduellement au granodiorites calco-alcalins.

* - La série supérieure représente un dépôt molassique sous forme de lambeaux résiduels. elle est composée de conglomérats polygéniques, d'arkoses et de grès arkosiques. Cette série est recoupée par de nombreux dykes et filons de dolérites et de sills de gabbros.

C - LE HOGGAR ORIENTAL (La chaîne Tiririniène)

Ce domaine, situé au delà de la faille 8°30'E, est essentiellement constitué d'un socle métamorphique probablement éburnéen , surmonté par des formations volcano-sédimentaires et plutoniques panafricaines. Toutes ces formations sont surmontées par des sédiments paléozoïques du Tassili. On note qu'une partie du môle d'In Issalane se localise dans la partie Est du Hoggar central en allongeant la faille 8°30.

Dans ce domaine oriental on distingue globalement trois séries panafricaines séparées des discordances stratigraphiques et structurales qui se succèdent de bas en haut:

* - La série de plate-forme est constituée de conglomérats à galets de quartz, de schistes à micas, de métapélites charbonneuses intercalées dans des sills de metabasaltes et parfois de métarhyolites.

* - La série volcanique est essentiellement une accumulation de lave de rhyodacites, rhyolites et leurs divers pyroclastiques. Les rhyolites passent par endroit aux granodiorites porphyriques calco-alcalines, ce qui indique que cette série est composée des formations volcano-plutoniques type cordillère.

* - La série molassique de Tiririne repose en transgression sur les formations précédentes, elle est composée de conglomérats polygéniques et poudings à cachet fluvio-glaciaires (Blaise, 1957; Moussine Pouchkine, 1976) et d'une alternance de grès, de pélites et d'arkoses avec des niveaux de marbres.

La série de Tiririne a subi un métamorphisme prograde du S au N de type basse pression atteignant le faciès amphibolite au N de L'Oued Hounadj. L'âge de ce métamorphisme est voisin de 600 M.a., âge des granites syn cinématiques.

La tectonique du Hoggar Oriental est caractérisée par une phase des plis droits serrés de direction NS à NNW - SSE, réalisée dans des conditions métamorphiques de faciès schiste vert à amphibolite faciès. Elle n'est connue que dans le Hoggar oriental et probablement dans le Ténéré. Cette phase est cernée par des granites, datés à 725 \pm 22 M.a. (U/Pb, Caby et al., 1981).

Au Hoggar oriental, dans le rameau Tiririnen, on retrouve les effets de la collision avec les âges équivalents à ceux du Hoggar occidental (600 - 580) et la création de la chaîne Tiririnenne formée au dépend de matériel à dominante détritique déposé en discordance sur les granites de 725 M.a.

Cette évolution est compatible avec un ou plusieurs grands chevauchements intracrustaux contemporains de la collision qui se produisait à l'W du Hoggar. A Tiririne, des données géochronologiques indiquent un âge de 660 M.a. pour les granodiorites en sills et un âge de 604 \pm 13 M.a. et de 585 \pm 14 M.a. pour les granites syn à tardi tectoniques d'Adaf (Bertrand et al., 1978).

L'accident de 8°30 et scellé par les granites tardifs, tandis qu'au Hoggar occidental les accidents 4°50 et 2°30 ont fonctionnés au contraire après la mise en place des derniers granites vers 560 M.a.

III / -MAGMATISME :

1 /- Les roches volcaniques :

Deux grandes phases de volcanisme individualisent nettement dans le Hoggar :

*- La plus ancienne (alcaline transitionnelle et tholeito-calcoalcaline) a donné de puissants ensembles de laves interstratifiées dans les séries pan-africaines . Dès le début de la formation des bassins , d'importantes éruptions rhyolitiques ont précédé la discordance et persisté localement pendant la phase de sédimentation , surtout au début . Mais durant cette

phase , ce sont surtout des éruptions basiques , qui ont eu lieu , dont on trouve les traces à divers niveaux . les andésites dominant , associées aussi à des rhyolites , dacites et basaltes . On note que les rhyolites antérieures aux conglomérats de base, Jalonnent les bords des bassins pan-Africains . Plus tard , d'autres rhyolites de nature probablement calco-alcaline apparaissent , la plupart antérieures à la mylonitisation , comme celles de Miniet qui sont métamorphisées et écrasées dans les directions des plis , appartenant à la phase de sédimentation .

Les massifs rhyolitiques anti-mylonitiques sont au dessous des conglomérats de base pharusien , comme les rhyolites de Tahalra , de Héouhit , d'In Eker , de Tinesrat , d'Irellouchem et de Tinef .

*- La phase jeune (alcaline) est exclusivement rhyolitique , recouvrant en coulée la phase précédente , elle se situe à la base de la série molassique continentale (la série pourprée) .

Cette phase récente est indemne de tout écrasement , et serait postérieure au plissement et au mylonitisation ; et regroupe les vastes ensembles de Tebourak , et celui d'In Arrabir et Iregmane (associés au granite d'Egereren Hamma) , et de nombreux pointements dans l'Asegrad .

Cette persistance du volcanisme durant tout le cycle est à mettre en rapport avec la disposition tectonique des bassins . De fait , la plupart des massifs volcaniques sont allongés suivant la direction des grandes failles . Mais l'âge des dernières manifestations volcaniques n'est pas précisé , elles sont bien antérieures au Tassili Ordovicien . Si l'on vient trouver des termes de comparaison , c'est dans les puissantes coulées rhyolitiques de la limite fin précambrien-cambrien de l'Anti-Atlas Marocain datées à 585 ma (infracambrien inférieur) et à 530 ma (infracambrien supérieur) , qu'il faut chercher.

Le volcanisme post-orogénique , de nature rhyo-ignimbritique et andésitique de l'infracambrien inférieur , se prolonge dans l'Ougarta en Algérie .

2 /- Les roches plutoniques:

Ces roches sont divisées en deux groupes; les roches mafiques et les roches felsiques:

2.1 - Les roches mafiques :

a / -Hoggar Occidental :

Les roches basiques et ultrabasiques affleurant dans le Hoggar occidental, subdivisées selon leur encaissant en deux groupes:

- Un groupe associé aux formations anti panafricain, représenté par des sills essentiellement ultrabasiques associés au gneiss probablement éburnéen, de quartzites, de marbres et d'amphibolites. Cette série, dite série de Tékouiat (Gravelle M., 1969).

- Un deuxième groupe associé aux formations pan-Africaines, subdivisé selon sa morphologie et son mode de gisement en deux types:

- * - *Type lopolitique* composé de péridotites et de gabbros intrusif dans les formations de plate-forme pan-Africaines avec le développement parfois d'un métamorphisme de contact (Boukhalifa L., 1987).

- * - *Type allongé en forme d'écaillés tectoniques* au sein des formations volcano - sédimentaires pan-Africaines. Ce type est interprété comme étant des complexes ophiolitiques (Abed H., 1984).

b/ -Hoggar central :

Les roches basiques et ultrabasiques de ce domaine sont subdivisées en deux groupes:

- Un groupe anti pan-Africain composé de péridotites serpentinisées, de métapyroxinites et de métagabbros en forme de lentilles.

- Un autre groupe associé aux formations pan-Africaines on distingue plusieurs corps basiques et ultrabasiques intercalés tectoniquement au sein de la série inférieure schisteuse.

Ces corps affleurent en discontinuité sur une distance de 60 - 70 Km, avec une largeur moyenne de 1km. Ils sont composés de gabbros, de

pyroxinite, de péridotites serpentinisées et de sills de basaltes amphibolitisés.

c/ -Hoggar oriental :

Dans ce domaine on distingue également plusieurs complexes de roches magmatiques:

Ces roches affleurent par endroits et forment un **complexe de roches basiques et ultrabasiques**, composé de péridotites serpentinisés et de gabbros en forme de lentilles intercallées tectoniquement dans la série de plate-forme inférieure au panafricain. Elles affleurent essentiellement dans la zone SW de Timouitine avec quelques corps résiduels dans des secteurs à Tiririne et Tadoumet .

2.2- Les roches félsiques :

Elle occupent une grande superficie composés de plusieurs Batholites et massifs variés.

a/ - Hoggar occidental :

cette zone se caractérise par la mise en place des massifs de granodiorites et de granites.

- *Le massif de Tin-Tékadeouit*
- *Le massif de Taklet*
- *Le massif de Tin Ed Ehou*
- *Les syénites de Timgaouine*
- *La granodiorite d'Aouilène*
- *Le batholite de Timisaou (pluton d'Imézzarène, massif d'In Tedeini)*
- *Le pluton d'Imézzarène*
- *Le massif de Tin Al Kat*
- *Les granites hypovolcaniques post-Téctoniques.*

Ils sont du type " granite d'In zize" post-pourprée probablement. C'est un granite à perthites avec des variétés alcaline et hyperalcaline, associées aux nappes ignimbristiques datées à 530 M.a.

- Les granites de Denat

sont aussi de nature alcaline à hyperalcaline et pourraient se rattacher à la série des granites de Tessalit, et représentent une différenciation vers des types volcaniques (rhyolite,.....).

b/ - Hoggar central :

Ce domaine est caractérisée par le développement des énormes massifs de granitoïdes, Parmi ces massifs granitiques nous avons pu reconnaître:

- *- Les granitoïdes pré tectoniques ;
- *- Les granitoïdes syn tectoniques ;
- *- Les granitoïdes post tectoniques .

c/ - Hoggar oriental :

- Les granitoïdes syn-téctoniques : sont reconnus par les granites du complexe Arirer.
- Les granitoïdes tardi-téctoniques: Honeg .
- Les granitoïdes post-téctoniques : Adoluf , Tin Goras .

IV / -CONTEXTE GÉOLOGIQUE DES ZONES D'ÉTUDE :

Les zones d'étude sont localisées en générale dans le Hoggar occidental ou se sont développées plusieurs assises volcaniques pan-africaines, en formant quelques zones importantes.

1 / - LA ZONE TASSENDJANET-OUGDA:

a /- Généralités:

Cette zone se caractérise plus particulièrement par le développement des roches volcaniques. Située dans la partie centrale septentrionale du rameau occidental, à l'Ouest de l'Adrar Taoudrat, le complexe volcanique de la zone Tassendjanet-Ougda présente les roches

les moins tectonisées et les moins métamorphiques connues dans la chaîne pharusienne. Il affleure sur une surface de plus de 400 Km² dans un large synclinal orienté NW-SE, limité sur sa marge occidentale par un décrochement sénestre qui, serait pour Caby (1970) de l'ordre de 50 Km. Le complexe présente de nombreuses discontinuités internes et semble ainsi être constitué d'un empilement de plusieurs ensembles (Fig. 4.1). Les pendages observés sont souvent très élevés (70 à 80°) et l'épaisseur totale du complexe est comprise entre 3000m au Nord et 6000m au Sud.

Le complexe repose, parfois par l'intermédiaire d'un mégaconglomérat, polygénique évoquant une tillite, sur les roches basiques et ultrabasiques du lopolithe de l'Adrar Ougda, intrudent la série quartzique et carbonatée du Protérozoïque supérieur (série à stromatolite). Ce substratum basique affleure largement à l'Est du complexe volcanique (Fig. 4.1).

En conclusion, en l'absence de données géochronologiques, l'âge des roches volcaniques peut être estimé dans l'intervalle 790-625 Ma. La limite d'âge supérieure correspondant à celui de début de l'orogénèse pan-africaine daté par les granites syntectoniques calco-alcalins.

Plusieurs coupes, représentées schématiquement dans la (Fig. 4.2), ont été effectuées à travers le complexe volcanique dans ses parties méridionales centrale et septentrionale (Chikhaoui, 1981). Toutes les coupes mentionnent une succession lithologique perturbée par des discontinuités internes plus ou moins marquées par des discordances angulaires et des niveaux conglomératiques.

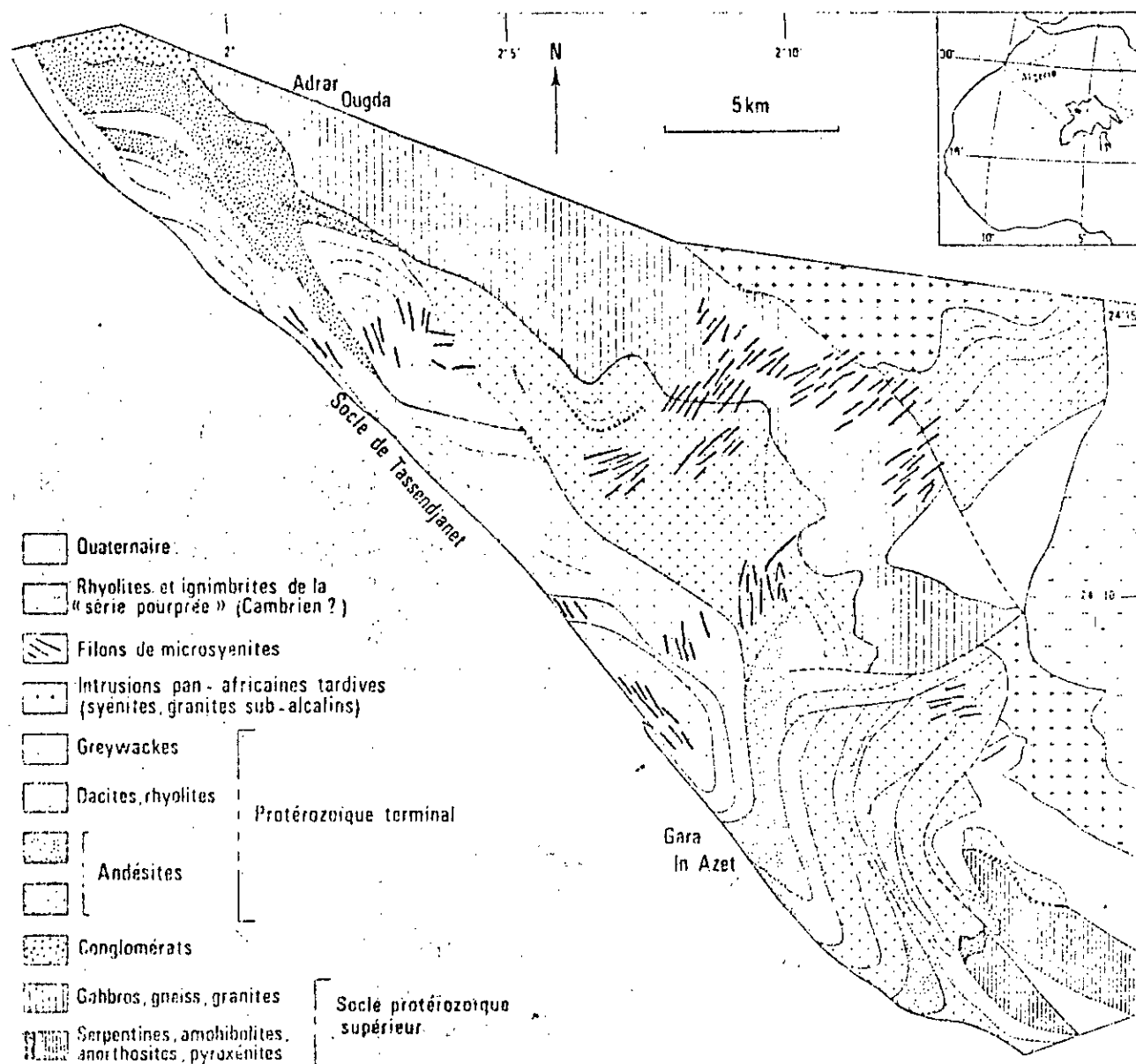


Fig. 4.1 :Schéma géologique du complexe volcanique de la zone de Tassandjanet-Ougda (Hoggar nord-occidental). (M. Chikaoui et R. Caby)

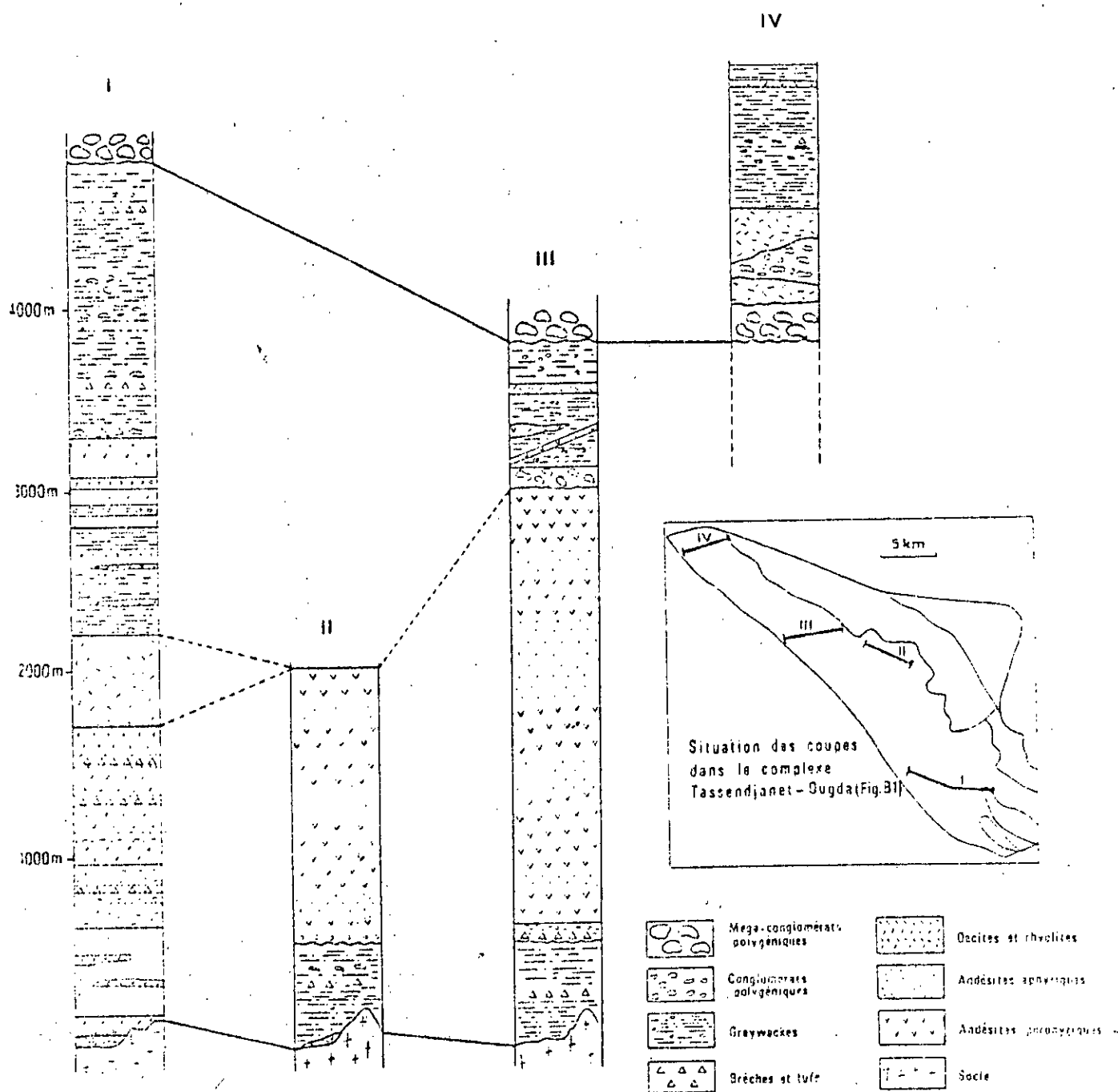


Fig. 4.2 : Différentes coupes géologiques du complexe Tassendjanet-Ougda. (d'après M. Chikhaoui)

b /- Stratigraphie:

Nous décrivons brièvement la coupe qui montre la série la plus complète et la moins perturbée située dans les environs de Gara In Azet (partie méridionale du complexe).

Dans la zone de Gara In Azet (Fig. 4.2, I) ,la série débute par une coulée andésitique d'une centaine de mètres de puissance ,reposant sur des gneiss amphibolitiques par l'intermédiaire d'un conglomérat polygénique à blocs, atteignant de m³, de socle et à caractère de tillite. Les andésites porphyriques de base sont surmontées par une succession de plus de 3000 m ou l'on rencontre, de bas en haut :

1. Des coulées d'andésites aphyriques fluidales (500 m).
2. Des coulées de rhyodacites et rhyolites « rouge chocolat » à grenat dans lesquelles s'interstratifient des horizons de brèches dacitiques grenatifères et de brèches andésitiques (350 m).
3. Une coulée régulière épaisse de (250 m) d'andésite sombre fluidale que l'on peut suivre sur une dizaine de kilomètres.
4. Une importante série andésitique porphyrique intercalée de niveaux bréchiques (700 m).
5. (500 m) de dacites porphyriques sombres.
6. Un ensemble volcano-détritique formé de brèches , poudingues et greywackes , avec quelques intercalations andésitiques (600 m).
7. (500 m) de coulées d'andésites séparées par des horizons conglomératiques divers (brèches et poudingues).

La coupe de Gara Inazet se termine par plus de 1500 m de roches détritiques et volcano-détritiques (conglomérats polygéniques , tufs , greywackes). La partie supérieure de cette coupe a donc un faciès molassique net et diffère peu des faciès rouges de la série pourprée.

Outre la disparition du niveau andésitique de base et l'existence de discontinuités internes plus ou moins nombreuses , autres coupes incomplet en d'autre endroits montrent les différences suivantes avec celles de I Gara Inzet .

a/ - Dans la partie centrale du complexe ,il existe une série inférieure composée de roches à faciès de kéraatophyres et greywackes reposant soit directement sur le substratum soit par intermédiaire d'un niveau discontinu d'andésites (Fig. 4.2, II) , viennent ensuite près de 2000 m d'andésites recouvertes en discordance par un conglomérat polygénique à éléments

variés (galets d'andésites et de greywackes notamment) au dessus duquel repose une unité de 600 à 700 m de greywackes à faciès typique de `` série verte `` intercalés de termes volcaniques acides et recoupés par des filons d'andésites porphyriques (Fig. 4.2, III).

b / - Dans la partie septentrionale du complexe , dans la zone de l'Adrar Ougda , on observe , au-dessus de mégaconglomérat polygénique qui couronne la série dans la zone de Gara Inzet , des coulées de laves acides (dacites et rhyolites) dans lesquelles s'interstratifie un niveau de 100 à 300 m de conglomérat polygénique à éléments volcaniques et débris de phénocristaux. Le tout est surmonté par 800 m de greywackes et tufs acides au sommet desquels s'intercale une coulée d'andésite (Fig. 4.2, IV).

c / -Conclusion

Malgré l'importante de l'épaisseur du complexe , les différentes coupes révèlent une relative monotonie des faciès volcaniques. Cependant , deux faits méritent une attention particulière:

- d'une part , l'abondance des discontinuités internes et des conglomérats qui leur sont associés .

- d'autre part , le passage latéral à des niveaux volcano-détritiques et notamment à des faciès verts de greywackes type `` série verte ``.

Ces deux faits montrent , comme l'a déjà souligné Caby (1970) , que les produits volcaniques étaient détruits et érodés peu de temps après leur émission et alimentaient les dépôts de greywackes flyschoïdes de la `` série verte `` qui apparaissent alors comme des dépôts de fossé péné-contemporains du volcanisme .

II /-LA ZONE DE GARA AKOFOU :

Elle est constituée par des différentes formations d'âge varié: le socle éburnéen (~2000 Ma.) reposante en discordance les formations panafricaines dont fait partie la zone de Gara Akofou.

a/ - Structure :

Situé dans la partie externe orientale du rameau occidental de la chaîne pharusienne, le complexe volcanique de Gara Akofou affleure sur une surface d'environ 50 km². Il est conservé dans un demi-graben reposant sur la partie nord du môle In Ouzal (Fig. 5). Il s'agit d'un ensemble de coulées essentiellement andésitiques formant une structure monoclinale à pendage NW généralement faible (5 à 20° maximum). L'épaisseur du complexe varie de 300 à 2000 m, la puissance maximale étant observée dans la partie médiane du graben.

Les roches volcaniques reposent directement sur les granites du môle In Ouzal et sont recoupées à l'Est par des granites hypovolcaniques anté-
 ``série pourprée``. Elles sont aussi recoupées, comme le complexe Tassendjanet-Ougda, par de très nombreux dykes acides rouges. Les conglomérats fluvioglaciers de la base de la ``série pourprée`` viennent les recouvrir en discordance.

A la série volcanique de Gara Akofou peuvent être rapportés les nombreux filons d'andésite porphyrique qui sont abondants dans la partie centrale du môle In Ouzal.

Les similitudes avec le complexe Tassendjanet - Ougda tant au point de vue lithologique que de la composition structurale, nous permettent à titre d'hypothèse de rattacher les deux ensembles au même épisode volcaniques de Gara Akofou aux environs de 700 Ma.

b/ Lithologie :

Une coupe effectuée de SE au NW transversalement à la structure montre autant que les conditions d'affleurement le permettent, une succession monotone de coulées de laves sombres, parfois intercalées de niveaux pyroclastiques. La base visible de la série est représentée par une épaisse coulée (100 m) de roches basiques aphanitiques.

Vient ensuite une série de 500 à 600 m de coulées de basaltes et d'andésites alternativement aphanitiques et porphyriques. Le niveau le plus élevé de l'ensemble est représenté par des andésites porphyriques à gros cristaux de pyroxène. La série est recouverte, en discordance, par le conglomérat polygénique (tillite) de la ``série pourprée``.

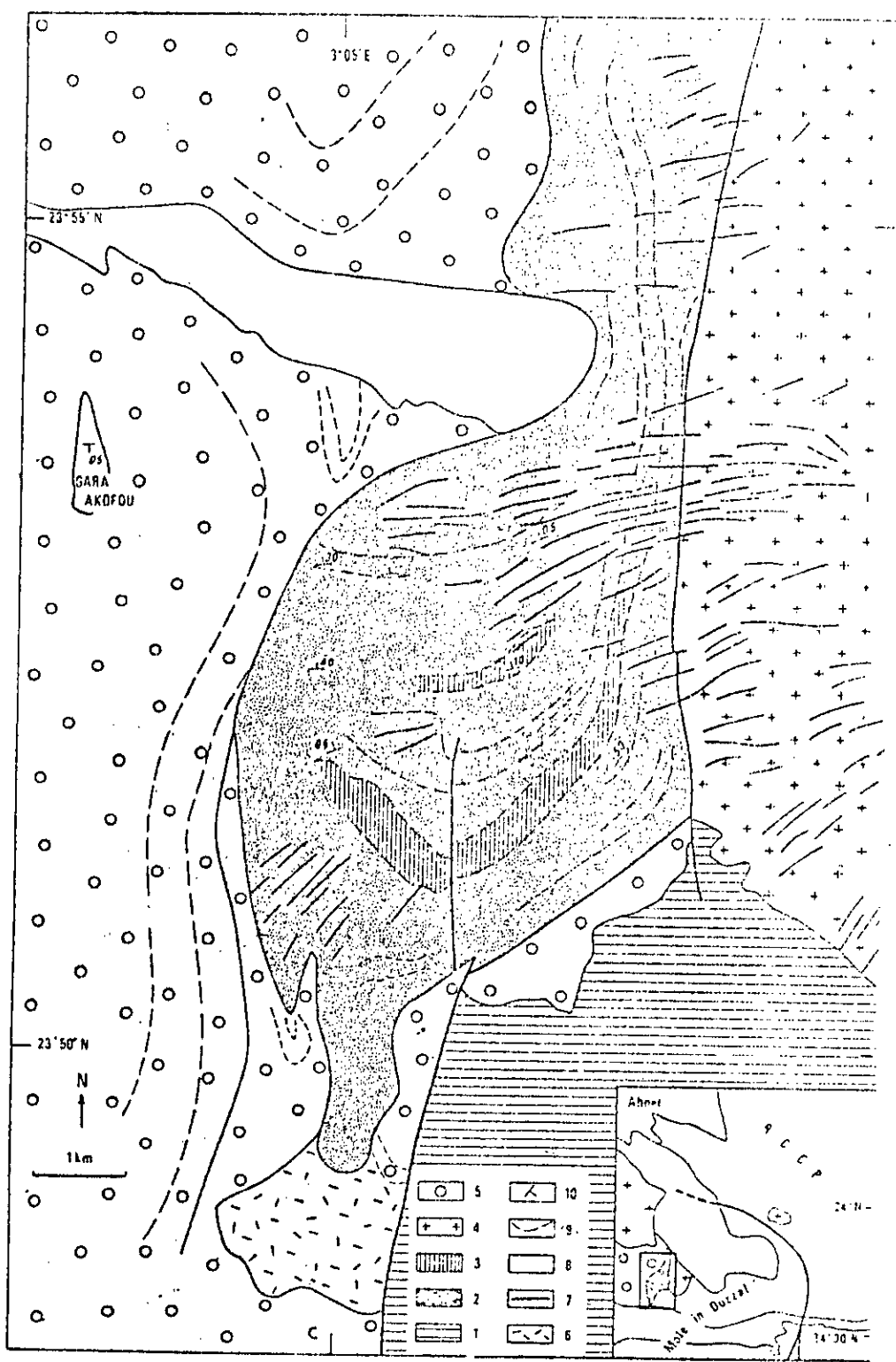


Fig. 5 : Carte géologique du complexe volcanique de la zone de Gara Akofou. (d'après de M. Chikhaoui)

- 1 : roche granulitique du môle In Ouzzal ; 2 : andésites ; 3 : coulées basaltiques ; 4 : granites intrusifs ; 5 : conglomérats de la série pourprée ; 6 : rhyolites de la série pourprée ; 7 : filons acides ; 8 : dunes ; 9 : limites visibles de couches ou de coulées ; 10 : pendages.

III / - LA ZONE D'OUARZAZATE : (Fig. 6)

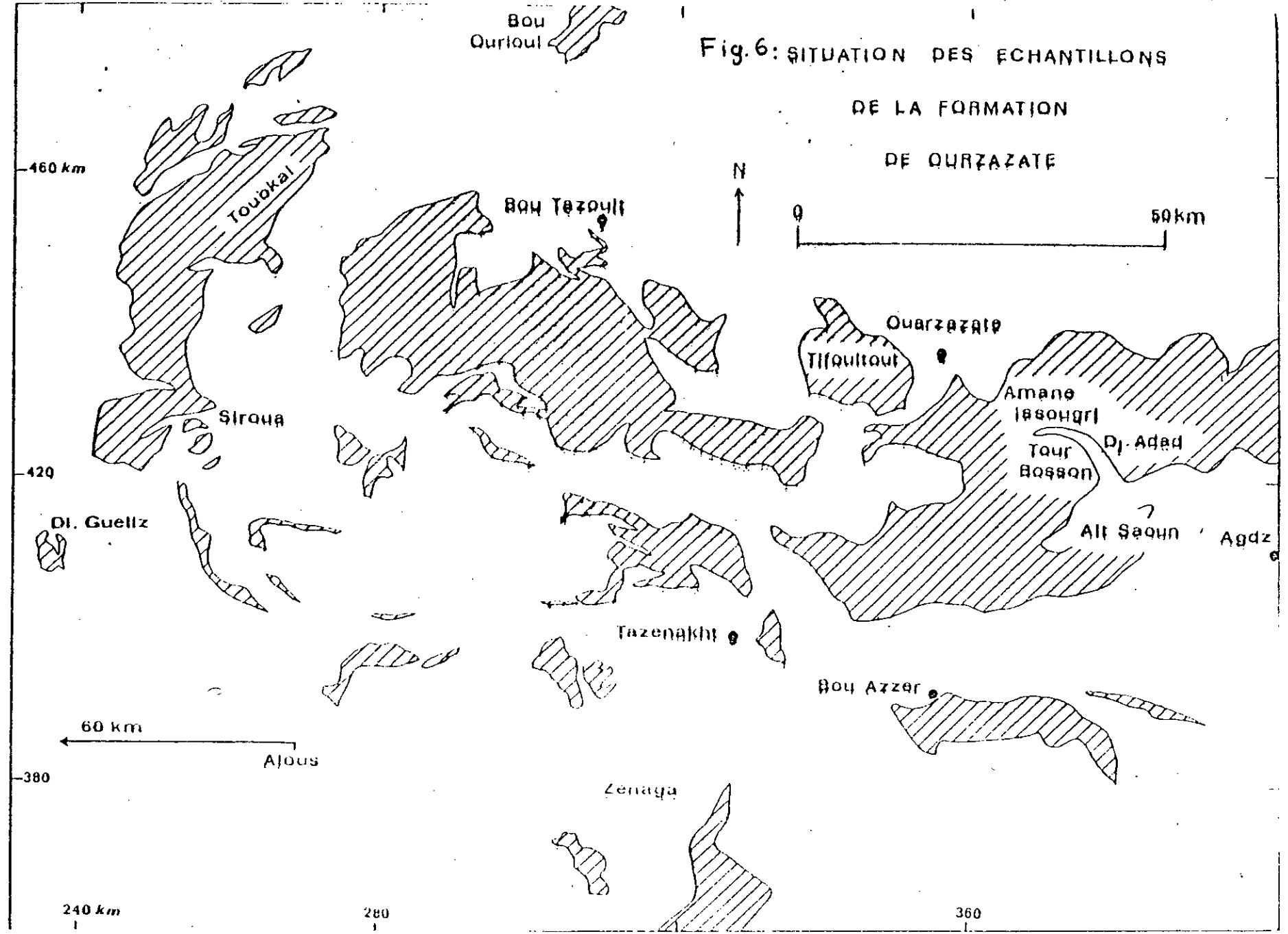
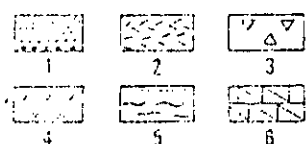
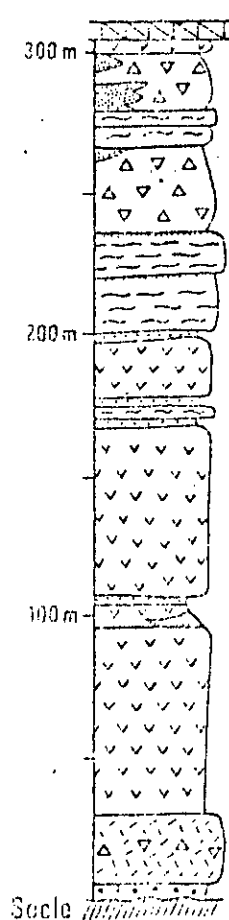


Fig. 6: SITUATION DES ECHANTILLONS DE LA FORMATION DE OURZAZATE



Ces similitudes sont comparable à celles d'autres zones et qui appartiennent au panafricain (Maroc, Malie).

On se réfère aux travaux descriptifs de Leblanc (1975) dans la zone de Bou Azzer au Maroc.

C'est une formation volcanique et volcano-détritique aérienne ou localement sub-aquatique (Leblanc , 1972) caractérisée par de puissants niveaux d'ignimbrites (Bouladon et Jouravsky , 1954) dans lesquels s'intercalent des horizons andésitiques .

A l'échelle de l'Anti-Atlas , la formation d'Ouarzazate montre une grande variation de puissance du Sud vers le Nord , et elle est affectée de nombreuses discontinuités internes qui rendent difficiles des corrélations spatiales entre les différents niveaux volcaniques .

Notre travail se limite seulement dans les horizons " andésitiques " . Ceux ci comportent , dans les coupes les plus complètes , une accumulation de coulées à coeur microgrenu associée à des sills et filons d'andésite porphyrique , au-dessus d'un niveau rhyo-dacitique riche en pyroclastites .

Fig. 7: Coupe de la formation de Ouarzazate dans la zone de Bou Azzer. (d'après M. Chikhaoui)

1 : horizon détritiques fins et conglomérats; 2 : rhyolites; 3 : brèches volcaniques acides; 4 : horizons andésitiques; 5 : ignimbrites; 6 : dépôts carbonatés (dolomies) de la base de l'Adoudounien.

conclusion:

La formation d'Ourzazate ou précambrien III (Choubert, 1952) est une formation volcanique sub-horizontale post-pan-africaine qui constitue la base de la couverture paléozoïque infracambrienne qui recouvre en discordance majeure le socle précambrien. Le volume ensemble de la formation d'Ourzazate est estimé supérieur à 30000 Km³ (Leblanc, 1975).

IV / -LES COMPLEXES VOLCANIQUES DU PR3 DE L'ADRAR DES IFORAS :

Les volcaniques étudiées dans l'Adrar des Iforas proviennent de deux zones :

a /- La zone de Tessalit :(Fig. 8)

La zone de Tessalit ,située dans la bordure occidentale des Iforas, constitue d'une série volcanique qui représente puissants édifices « andésitiques » (Caby, comm. orale) conservés, au sommet de la série de Tessalit-Anfis, le long de la grande fracture N-S Tessalit-Aghelhoc-Anfis.

-La série volcanique de Tessalit est discordante sur des métagreywackes à biotite déjà déformé de l'assemblage occidental ou concordante sur une puissante série « Flyschoïde » de greywackes, grès fin et sills affectée par une déformation syn-sédimentaire (zone sud Tessalit, Wright, 1980, comm. orale). Elle comprend:

Une assise, de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, de mégabèches andésitiques d'explosion à blocs anguleux atteignant le m³, des greywackes à éléments andésitiques et dacitiques ,ainsi que des conglomérats rhyolites dacites ignimbristiques et un ensemble faible schistosé et affecté par un métamorphisme de basse température à épidote, zéolite, chlorite, calcite, albite.

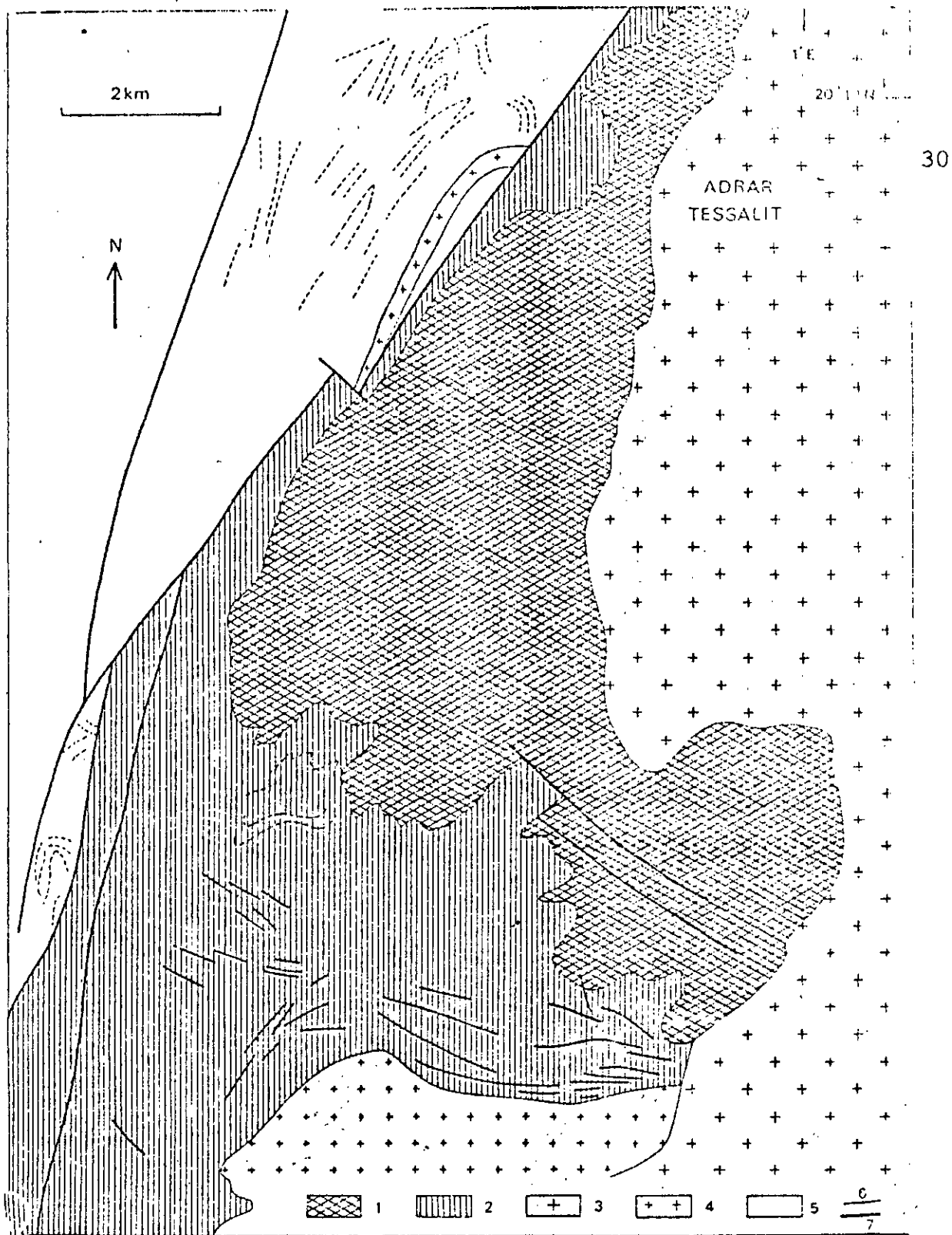


Fig. 7 : Carte géologique schématique de la série volcanique de TESSALIT. (d'après R. Caby)

1 : andésites, brèches andésitiques et dacites; 2 : dépôts volcano-sédimentaires de types (greywackes); 3 : granites annulaires alcalins tardifs; 4 : granitoïdes calco-alcalins pré- et syn-tectoniques; 5 : ensemble volcano-sédimentaires, roches plutoniques et volcaniques associées (protérozoïque supérieur); 8 : filons acides; 7 : failles.

La zone d'Oumassene appartenant à « l'assemblage Kidalien », est une série volcanique de 2000m d'épaisseur au moins, la série d'Oumassene (Davisson et Farbre, 1976) repose vraisemblablement, (bien que le contact basal n'ait pas été observé), sur un socle pré-panafricain de metabasaltes, amphibolites et marbres à grenat, la zone étudiée est formée:*

- de coulées (et sills) souvent finement rubanées d'andésites et de laves basiques, et agglomérats volcaniques constitués de débris des roches précédentes et phénocristaux de plagioclase et de pyroxènes;

- *-de brèches et agglomérats volcaniques constitués de débris des roches précédentes mais plus acides.

- *- des sédiments, très abondants, sont représentés par quelques mètres de tufs, microconglomérats et arkoses;

tout l'ensemble est affecté par un métamorphisme de bas degré dans lequel l'effet de contact (biotite post-magmatique) des intrusions dioritiques ultérieures est plus ou moins marqué par une déformation en plis droits, N-S, Kilométriques.

La série volcanique d'Oumassene est recoupée par une diorite à grain rattachables aux termes précoces du batholite des Iforas datés à environ 610Ma (Rb/Sr ; Bertrand et Davison, 1980).

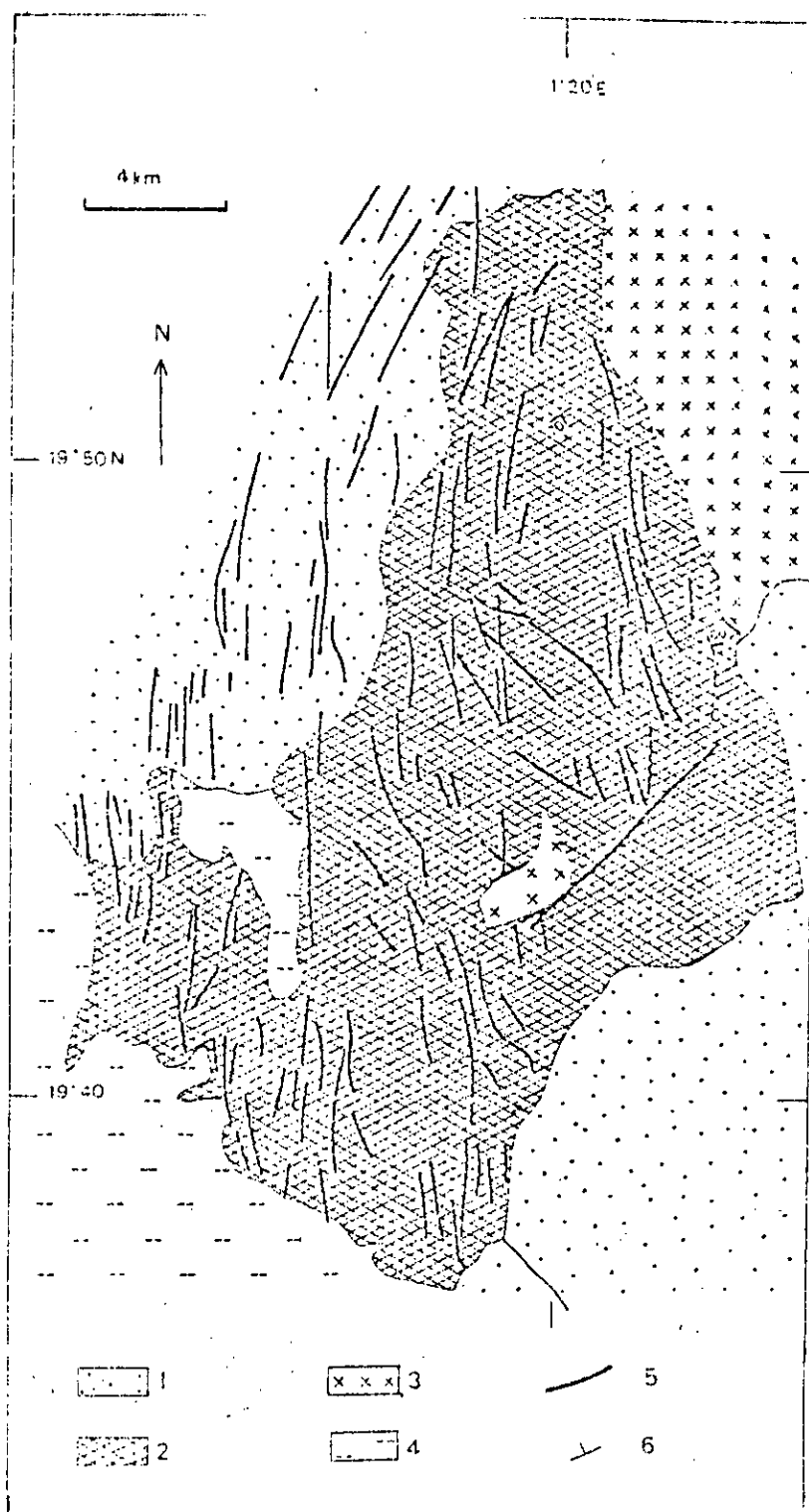
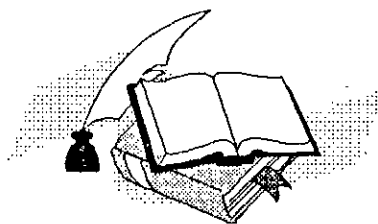


Fig. 9 : Carte géologique schématique du complexe volcanique d'Oumassène. (d'après J. Fabre)

1 : Socle indifférencié; 2 : basaltes et andésites; 3 : granitoïdes tardifs; 4 : laves "nigritiennes" de l'Adrar Tirharhar; 5 : filons acides; 6 : pendages.

DEUXIÈME PARTIE: PÉTROGRAPHIE



II /-PÉTROGRAPHIE

1/: Description pétrographique des zones étudiées :

Les séries volcaniques étudiées sont caractérisées par l'association de basaltes , andésites, dacites et rhyolites. Ces différents types pétrographiques sont définis ici sur la base de l'aspect macroscopique et microscopique et de la composition minéralogique.

Les différences qui peuvent apparaître d'un complexe à l'autre portent essentiellement sur les proportions des différents types de lave (ex. Dans la zone de Tassendjanet-Ougda les basaltes sont très faiblement représentés alors qu'on distingue la prédominance des andésites ; dans la zone de Gara-Akofou il n'existe ni dacite ni rhyolite et dans la zone d'Ouarzazate il y a une prédominance des termes basiques "basaltes et/ ou andésites basiques" .De plus pour l'ensemble des régions , la proportion des rhyolites est faible).

Il faut noter que les roches des zones étudiées, ont subi, plus ou moins ,un métamorphisme de bas degré de type basse pression . Celui-ci s'exprime par des recristallisations des verres volcaniques et dans les vacuoles et veinules et par l'existence, dans la plupart des échantillons, de deux assemblages minéralogiques superposés:

-Un assemblage primaire magmatique (assemblage I): plagioclase ,pyroxène ,olivine ,minéraux opaques;

-Un assemblage secondaire métamorphique (assemblage II):chlorite, épidote, carbonate, actinote, albite, séricite, serpentine, quartz, sphène, préhnite, zéolite, pumpellyite.

2/ -Texture et Structure:

Les structures et textures étant sensiblement les mêmes dans toutes les zones étudiées, où on distingue les roches volcaniques suivantes :

-Les **basaltes** : ont une texture microlitique porphyrique .Au microscope les phénocristaux d'olivine; de clinopyroxène; de plagioclase et de minéraux opaques emballés dans une mésostase recristallisée

composée de plagioclase (abondant); de clinopyroxène et de granules opaques.

-Les andésites : ont la même texture que les basales. Au microscope les phénocristaux de plagioclase; de clinopyroxène; d'orthopyroxène et de minéraux opaques emballés dans une mésostase recristallisée composée de plagioclase, de pyroxène, de granules opaques et d'apatite.

-Les dacites: ont une texture microlitique porphyrique parfois bréchique. Au microscope les phénocristaux de plagioclase (altéré) ; de clinopyroxène; d'orthopyroxène (transforme en chlorite); de quartz (rare); de minéraux opaques et d'apatite emballés dans une mésostase recristallisée composée de plagioclase , de grains opaques et de zircon .

-Les rhyolites : ont la même texture que les dacites .Au microscope les phénocristaux de biotite; de feldspath alcalin (rare); de quartz (peu abondant) et d'apatite emballés dans une mésostase recristallisée composée de plagioclase , de grains opaques , d'apatite de zircon et de sphène.

3/ -Composition minéralogique:

Les tableaux (1,2,3,4,5) résument la composition minéralogique (minéraux primaire, secondaire et accessoire) pour chaque échantillon des volcanites de toutes les zones étudiées.

a / - Minéraux primaires :

Olivine , Pyroxène , Plagioclase et minéraux opaques ont été observés a l'aide de microscope dans les échantillons provenant des zones de Tassendjenet-Ougda et Gara-Akofou .

.1 / - Le Plagioclase :

C'est la phase minéralogique la plus importante , les phénocristaux de plagioclase ont des dimensions variables (2 mm à plusieurs mm) .

Dans les Dacites et les Rhyolites , les cristaux de Plagioclase peuvent être brisés et déformés , dans les Andésites , il y'a l'agglomération de cristaux , soit de Plagioclase seul , soit de Plagioclase et Pyroxène et , parfois, de minéraux opaques .

Les cristaux de Plagioclase sont toujours maclés (albites ou albite - carlsbad) et souvent zonés (zones concentriques régulières et , plus rarement , zonage en taches; Vance , 1965) . Dans de nombreux échantillons , le Plagioclase est généralement transformé en produits phyliteux associés à l'épidote , des carbonates , l'albites et, parfois , la pumpellyite .

2 / - Les Pyroxènes :

Représentant en moyenne 16 % de la roche . Ils existent en phénocristaux (jusqu'à 5 mm) et en microcristaux .

- Le clinopyroxène (cpx) :

Est rencontré dans tous les termes pétrographiques et les rhyolites . Dans les basaltes , c'est le seul pyroxène existant , se présente en cristaux incolores , souvent maclés , parfois craquetés et arrondis . certains phénocristaux présentent un zonage concentrique plus ou moins nettement visible.

-- L'orthopyroxène (opx) :

Coexiste avec le clinopyroxène dans tous les types pétrographiques et les rhyolites , à l'exception des basaltes , cependant , l'orthopyroxène est beaucoup plus profondément altéré que le clinopyroxène. La proportion relative de cpx est généralement plus élevée que celle de l'opx mais, dans certains échantillons, celui-ci est plus abondant.

Au microscope, les phénocristaux d'opx apparaissent parfois craquelés et arrondis peu a pas pléochroniques. Il ne présente pas de zonage visible.

3 / - L'Olivine:

L'olivine, en cristaux relativement frais, n'a été rencontrée que dans les basaltes de la zone de Gara-Akofou. Elle se présente à la fois en phénocristaux et en microcristaux.

4 /- Les minéraux opaques:

existant tout les types pétrographiques, ils présentent le plus souvent sous forme de granules disséminés dans la mésostase.

5 /- La biotite :

C'est un mica (noir), qui se trouve dans les échantillons :

* (Andésite N°4563) de la zone d'Oumassene;

* (Dacite N°4570) de la zone de Téssalite.

Mais cela n'empêche pas que le biotite est incluse dans les autres échantillons, car les diagrammes des analyses géochimiques montrent l'existence de celui-ci dans presque toutes les zones étudiées (voir, partie géochimie).

6 /- L'hornblende:

Même chose pour cette dernière.

7 /- Le quartz:

Il se trouve dans les échantillons:

* (Andésites N°: 2972 et 2984) de la zone de Gara-Akofou;

* (Basaltes N°: 4233, 4251, 4252, 4287) et (Andésite N° 4264) et (Dacite N°4280) et (Brèche N° 4279) et (Roche chloritisée acide N° 4712) de la zone d'Ouarzazate;

* (Dcites N°: 4767, 4568, 4569), (Andésite N° 4572), (Rhyolite N° 4575) de la zone de Téssalite;

*(Andésite N° 4561) de la zone d'Oumassene.

Ce quartz peut être un minéral primaire ou secondaire, comme il peut être les deux à la fois.

8 /- Le grenat:

Est rencontré dans les dacites et rhyolites de la zone Tassendjanet Ougda. Il se présente en rares phénocristaux de tailles diverses. Les cristaux sont généralement squelettiques avec des minéraux opaques dans les cassures et sur les bordures. Le grenat est souvent riche en inclusions (apatite, minéraux opaques).

B / - Minéraux Secondaires:

Il sont rencontrés d'une part, comme produits de transformation des minéraux primaires et, d'autre part, dans la mésostase et dans des fentes et vacuoles.

1 /- Chlorites:

Produit principalement de l'altération de l'opx, et peut être du biotite et constitue souvent un feutrage interstitiels dans la mésostase.

2 /-Les amphiboles:

Rencontrées essentiellement dans la mésostase et les veines ou vacuoles, associées à la chlorite et l'épidote. Le plus souvent, il s'agit de cristaux en aiguilles, ce sont généralement des magnésio-hornblendes ou des hornblendes actionolitiques (selon la nomenclature proposée par l'association internationale de minéralogie; Leake, 1978).

3 /- L'épidote :

Elle se présente en grain et parfois en fibres, elle se trouve dans les échantillons:

* (Basaltes N°: 4230 jusqu'à 4236, N°4238, N°4251, N°4252, N° 4287), (Andésites N°: 4256, 4257, 4264, 4266, 4272, 4277), de la zone d'Ouarzazate;

* (Dacite N°4568) dans la zone de téssalite;

dans tous les échantillons de la zone d'Oumassene sauf l'échantillon N° 4563.

4 /- La serpentine :

Il s'agit d'un minérale magnésiens, elle se trouve dans les échantillons:

* (Basalte N°4241),(Andésite N° 4274) la zone d'Ouarzazate.

5 /- L'actinote :

C'est un amphibole (calcique), elle existe dans les échantillons:

* (Andésite N°4563, Basalte N°4565) de la zone d'Oumassene;

* (Tuf N°4574) de la zone Téssalite;

* (Basalte N°4287) de la zone d'Ouarzazate.

6 /- La prehnite:

Elle caractérise les roches basiques assez calciques, elle est incluse dans les échantillons:

* (Basalte N°4565, Andésite N°4566) de la zone d'Oumassene.

7 /- L'hématite :

C'est le fer spéculaire, elle prédomine dans la zone d'Ourzazate plus précisément dans les échantillons: (Basaltes N° : 4231 jusqu'à 4261, N°4246, N°4247, N°4248),(Andésites N°: 4257, 4260, 4275, 4276),(Brèche N° 4279),(Dacite N° 4280).

Elle peut être un minéral secondaire ou accessoire, comme elle peut être les deux à la fois.

8 /- La zéolite :

Elle appartient à la famille de minéraux (téctosilicates) aluminosilicates, calciques alcalins, (Basalte N°4564)de la zone d'Oumassene c'est le seul échantillon qui le contient.

9 /- Le phyllade :

Terme imprécis, il se trouve dans les échantillons :

- * (Basaltes N°: 4237,4239 jusqu'à 4247,4249 jusqu'à 4251, 4255),(Andésites N°: 4254, 4257,4261 jusqu'à 4276) de la zone d'Ouarzazate;
- * (Dacites N°: 4567, 4571),(Rhyolite N° 4575) de la zone de Tésalite;
- * (Andésite N°4563) de la zone d'Oumassene.

10 /- Le carbonate :

Il est caractérisé par l'ion $(CO_3)^{-2}$, il est incluse dans les échantillons:

- * (Andésites N°: 4977, 4990, 4992, 4994) de la zone de Gara-Akofou ;
- * (Basaltes N°: 4230, 4241 jusqu'à 4246,4248, 4249, 4252 , 4255),(Andésites N°: 4254, 4256 , 4261 jusqu'à 4274, 4277),(Dacite N° 4281) de la zone d'Ouarzazate;
- * (Dacites N°: 4568, 4567, 4673, 4569, 4570), (Andésite N°4572) de la zone de Tésalite;
- * (Basalte N°4564) de la zone d'Oumassene.

11/- La séricite :

c'est une variété finement lamellaire ou compacte de la muscovite, elle est présente dans les échantillons:

- * (Andésites N°: 2972, 2975, 2976, 2980, 2984, 2990, 2991, 2994) de la zone de Gara-Akofou;
- * (Basaltes N°: 4230, 4248),(Andésites N°: 4256, 4260, 4277),(Brèche N° 4279),(Dacites N°: 4280, 4281) de la zone d'Ouarzazate;
- * (Dacites N°: 4570, 4673),(Andésite N° 4572) de la zone de Tésalite ;
- * (Andésite N° 4561) de la zone d'Oumassene.

12 /- L'albite :

Est une variété de la famille de feldspath (0 ~ 10% Anortite), elle existe dans les échantillons :

- * (Basaltes N°: 4231, 4234, jusqu'à 4236, 4244, 4246, 4255),(Andésites N°: 4260, 4266, 4268,4272 jusqu'à 4275) de la zone d'Ouarzazate;
- * (Basalte N° 4564),(Andésite N° 4566) de la zone d'Oumassene; (Andésite N°2980) de la zone de Gara-Akofou;

ainsi dans tous les échantillons de la zone Téssalite sauf (4570,4673).

C /- Minéraux accessoires:

Le sphène :

C'est un silicate de calcium et de titane, il se trouve dans les échantillons:

- * (Basaltes N°: 4230 jusqu'à 4236, 4252),(Andésites N°4257, 4260) de la zone d'Ouarzazate;
- * (Dacite N°4570) de la zone de Téssalite;
- * (Andésite N°4563) de la zone d'Oumassene.

4 /- Conclusion:

Dans l'ensemble, les roches constituent des séries différenciées et comprennent des basaltes , andésite, dacite et rhyolite. La plupart des termes porphyriques renferment une grande quantité de phénocristaux. Les minéraux magmatiques sont représentés par l'olivine, le plagioclase, le clinopyroxène et l'orthopyroxène et les minéraux opaques.

Les roches volcaniques de la chaîne pan-africaine ont subi des transformations dues au métamorphisme de bas degrés et à l'altération qui les ont affectées. Celles-ci se traduisent par l'existence d'assemblages minéralogiques secondaires composés principalement de chlorite, albite, épidote, séricite, et caractéristiques du faciès "schiste vert"; Localement (ex. Adrar des Iforas), apparaît de la biotite qui indique un degré plus élevé de métamorphisme, mais toujours de faible pression. Généralement, il y a coexistence des assemblages primaires et secondaires mais, dans certains cas (ex. Ouarzazate), l'assemblage magmatique est complètement oblitéré par la paragenèse métamorphe.

La liste des abréviations utilisées dans les différents tableaux :

Act.....actinote	Alb.....albite
Biot.....biotite	Carb.....carbonate
Chl.....chlorite	Cpx.....clinopyroxène
Ep.....épidote	Felds alt.....feldspath altéré
FeMg.....minéraux ferromagnésiens	Hem.....hématite
Ol.....olivine	Op.....minéraux opaques
Opx.....orthopyroxène	Phy.....phyllade
Pl.....plagioclase	Prehn.....prehnite
Q.....quartz	Ser.....séricite
Serp.....serpentine	Sph.....sphène
Zéol.....zéolite	

TABLEAU N° 1 ZONE DE TASSENDJANET-UGDA

N° Ech	Type de Roche	Minéralogie
2769	Basalte aphan.	
2695	Andésite porph. " fraiche "	Pl, Cpx, Opx, Op
2679	Andésite porph . " fraiche "	Pl, Cpx, Opx, Ol alt. , Op
2708	Andésite peu porph."fraiche"	Pl, Cpx, Opx, Op
2661	Andésite. porph. "fraiche"	Pl, Cpx, Opx, Op
2675	Andésite. Porph. "fraiche "	Pl, Cpx, Opx, Ol alt., Op
2686	Andésite. Porph . " fraiche "	Pl, Cpx, Opx, Op
2685	Andésite. Porph . "fraiche "	Pl, Cpx, Opx,

TABLEAU N° 2 ZONE DE GARA AKOFOU:

N° Ech	Type de roche.	Minéralogie
2987	Basalte porph.	Ol, pl, Cpx, Op
2982	Basalte porph.	Ol, pl, Cpx, Op
2981	Basalte porph.	Ol alt., Cpx, Opx, Op
2977	Andésite basique porph.	Pl, Cpx, Op, [Chl, Carb]
2992	Andésite basique porph.	Pl, Cpx, Op, [Chl, Carb]
2991	Andésite basique porph.	Pl, Cpx, Opx, Op, [Chl, Ser]
2974	Andésite basique porph.	Pl, Cpx, Ol alt., Op

44

Suite Tab 2

2990	Andésite basique peu porph.	Pl, FeMg alt., Op, [Chl, Carb, Ser]
2972	Andésite basique peu porph.	Pl, FeMg alt., Op, [Chl, Ep, Ser, Q]
2980	Andésite basique porph.	Pl, Cpx, Op, [Chl, Ser, Alb]
2989	Andésite basique peu porph. fluidale	Pl, Cpx, Op, [Chl, Ep]
2976	Andésite porph. fluidale	Pl, Cpx, Op, [Ep, Ser]
2993	Andésite porph.	Pl, Cpx, Op
2979	Andésite peu porph.	Pl, Cpx, Opx, Op
2978	Andésite porph	Pl, Cpx, op
2994	Andésite peu porph.	Pl, Cpx, Op, [Ser, Carb]
2983	Andésite peu porph.	Pl, Cpx, FeMg alt., Op, [Chl]
2985	Andésite peu porph.	Pl, Cpx, Op, [Chl]
2986	Andésite porph.	Pl, Cpx, Opx, Op
2975	Andésite peu porph.	Pl, Cpx, FeMg alt., Op, [Chl, Ser]
2984	Andésite peu porph.	Pl, Cpx, Op [Chl, Ep, Ser, Q]

TABLEAU N° 3 LA ZONE DE OUARZAZATE :

N° Ech	Provenance	Type de roche	Minéralogie
4230	Toubkal	Basalte doléritique	Pl, Relique Cpx, Ol alt., Op, [Chl, Ser, Carb, Sep, Sep, Op]
4231	Zenaga	Basalte doléritique	Pl, FeMg alt., Op, [Chl, Ep, Alb, Sph, Hem]
4232	Tazenakht	Basalte doléritique	Pl alt., Cpx alt., Op, [Ep, Sph, Hem]

Suite Tab. 3

4233	Alous	Basalte fluidal	Pl, FeMg alt., Op, (Chl, Ep, Sph, Hem, Q)
4234	Zenaga	Basalte doléritique	Pl, FeMg alt., Op, (Chl, Ep, Alb, Sph, Hem)
4235	Zenaga	Basalte doléritique	pl, femg alt., op, (chl, ep, alb, sph, hem)
4236	Zenaga	Basalte doléritique	Pl, FeMg alt., Op, (Chl, Ep, Alb, Sph, Hem)
4237	Toubkal	Basalte porph.	Pl alt., Reliques Cpx, FeMg alt., Op, (Chl, Phyl, Op)
4238	Toubkal	Basalte fluidal	Pl, FeMg alt., Op, (Chl, Ep, Sph, Op)
4239	Toubkal	Basalte doléritique	Pl alt., Cpx, Ol alt., Op, (Chl, Serp, Phyl, Op)
4240	Toubkal	Basalte porph.	Pl alt., Relique Cpx, FeMg alt., Op, (Chl, Phyl, Op)
4241	Ait Saoun	Basalte doléritique	Pl alt., FeMg alt., Op, (Alb, Phyl, Chl, Serp, Op)
4242	Toubkal	Basalte doléritique	Pl alt., FeMg alt., Op, (Chl, Phyl, Carb, Op)
4243	Toubkal	Basalte fluidal	Pl alt., FeMg alt., Op (Chl, Phyl, Carb, Op)
4244	Tifoutout	Basalte doléritique	Pl, Reliques Cpx, (Chl, Phyl, Carb, alb)
4245	Toubkal	Basalte porph.	Pl, Op, (Carb, Phyl, Chl, Op)
4246	Zenaga	Basalte vacuolaire	Pl alt., FeMg alt., Op, (Carb, Phyl, Chl, Alb, Hem)
4247	Toubkal	Basalte porph.	Pl alt., Op, (Phyl, Chl, Hem)
4248	Toubkal	Basalte porph.	Pl, FeMg alt., Op, (Chl, Ser, Carb, Hem)
4249	Tifoutout	Basalte doléritique	Pl, Cpx, Op, (Carb, Chl, Ep, Phyl, Alb, Op)
4250	Zenaga	Basalte doléritique	Pl alt., Reliques Cpx, FeMg alt., Op, (Phyl, Chl, Op)
4251	Tifoutout	Basalte doléritique	Pl alt., Reliques Cpx, FeMg alt., Op, (Ep, Chl, Phyl, Q)
4252	Siroua	Basalte porph.	Pl alt., FeMg alt., (Ep, Chl, Carb, Sph, Q)
4255	Amane issougri	Basalte porph.	Felds alt., FeMg alt., (Chl, Alb, Phyl, Carb)
4256	Bou azzer	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., Op, (Ser, Ep, Carb, Op)
4257	Siroua	Andésite porph.	Pl alt., Reliques Cpx, Op, (Phyl, Chl, Ep, Sph, Hem)

Suite Tab.3

4254	Amane issougri	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., Op, (Chl, Phyl, Carb, Hem, Alb)
4260	Siroua	Andésite porph.	Pl alt., Reliques Cpx, (Chl, Alb, Ser, Sph, Hem)
4261	Amane issougri	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., Op, (Chl, Carb, Phyl)
4263	Amane issougri	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., Op, (Chl, Carb, Phyl)
4264	W-Ourzazate	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., (Phyl, Carb, Ep, Op, Q)
4265	Amane issougri	Andésite vacuolaire	Felds alt., Cpx alt., Op, (cChl, Phyl, Carb, Hem)
4266	Bou azzar	Andésite porph.	Felds alt., FeMg alt., (Carb, Alb, Phyl, Ep, Op)
4268	Amane issougri	Andésite bréchique	Pl alt., FeMg alt., (Carb, Alb, Phyl, Chl)
4270	Amane issougri	Andésite fluidale	Pl, FeMg alt., Op, (Chl, Carb, Phyl)
4271	Amane issougri	Andésite porph.	Felds alt., FeMg alt., Op, (Chl, Carb, Phyl, Op)
4272	Tour bosson	Andésite porph.	Pl alt., Reliques Cpx, Op, (Chl, Carb, Phyl, Ep)
4273	Amane issougri	Andésite fluidale	Pl, FeMg alt., Op, (Chl, Carb, Phyl, Alb)
4274	Tazenakht	Andésite porph.	Pl alt., reliques Cpx FeMg alt., (Chl, Serp, Alb, Phyl, Carb)
4275	Amane issougri	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., Op, (Phyl, Alb, Hem)
4276	W- Ouarzazate	Andésite porph.	Felds alt., (Phyl, Hem)
4277	Dj . gueliz	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., (Ser, Ep, Carb, Op)
4278	Adad	Dacite porph.	Pl alt., Felds alt., FeMg alt., (Phyl, Chl, Op)
4279	Adad	Brèche dacitique	Pl alt., FeMg alt., Q, (Chl, Ser, Hem, Q)
4280	Ouarzazte	Dacite porph.	Pl alt., Felds alt., FeMg alt., (Ser, Chl, Hem, Q)
4281	Adad	Dacite	Felds alt., (Ser, Alb, Carb, Q, Op)
4287	Zenaga	Basalte épidotisé	(Ep, Act, Q)
4712	Alous	Roche acide Chl.	(Chl, Q)
4713	Alous	Chlorite de 4712	

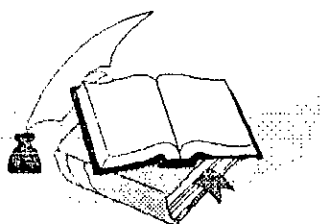
TABLEAU N°4 ZONE DE TESSALIT :

N°Ech	Type de roche	Minéralogie
4572	Andésite porph.	Felds alt., FeMg alt., Op, (Ser, Chl, Carb, Alb, Op, Q)
4570	Dacite porph.	Felds alt., FeMg alt., (Ep, Ser, Chl, Carb, Sph, Biot)
4569	Dacite porph.	Pl alt., FeMg alt., Op, (Chl, Alb, Hem, Q, Carb)
4571	Dacite porph.	Pl alt., Felds alt., Reliques Cpx, (Chl, Amph, Phyl, Alb)
4574	Tuf dacitique	Pl alt., Felds alt., Cpx ouralitisé, (Act, Chl, Alb)
4673	Dacite porph.	Pl alt., Felds alt., FeMg alt., (Ser, Chl, Carb, Sph)
4567	Dacite porph.	Felds alt., FeMg alt., (Chl, Alb, Phyl, Carb, Op, Q)
4568	Dacite porph.	Pl alt., Felds alt., FeMg alt., (Ep, Chl, Q, Alb, Carb, Op)
4575	Rhyolite	Q, FeMg alt., Pl, Op, (Phyl, Alb, Q, Chl)

TABLEAU N° 5 ZONE D'OUMASSENE :

N°Ech	Type de roche	Minéralogie
4562	Tuf basaltique	Pl, Op, (Ep, Chl, Op)
4565	Basalte porph.	Pl alt., Op, (Ep, Act, Op)
4564	Basalte porph.	Pl alt., FeMg alt., (Ep, Carb, Prehn, Zeol, Alb)
4561	Andésite porph. vacuolaire	pl alt., Cpx, Op, (Chl, Ep, Ser, Q)
4566	Andésite porph.	Pl alt., FeMg alt., (Ep, Alb, Chl, Prehn, Zeol)
4563	Andésite porph. déformée	pl alt., FeMg alt., (Phyl, Act, Chl, Sph, Biot)

TROISIEME PARTIE : GEOCHIMIE



1/- GENERALITE:

En science de la terre, la géochimie a pour objectifs de caractériser à l'aide de traceurs naturels les grands réservoirs chimiques de la terre, de détecter les transferts d'éléments dans les processus pétrogénétiques.

Ces traceurs font partie des roches et sont contenus en quantités extrêmement faibles de l'ordre du ppm (partie par million ou 1/1000000 gr par gr de roche). Ces concentrations sont habituellement de moins de 1000 ppm ($< 0.1\%$). Sauf pour les éléments majeurs qui sont exprimés sous forme de pourcentages poids d'oxydes, pour caractériser ces roches ainsi que les séries magmatiques.

Parmi les méthodes les plus couramment utilisées, on peut citer :

*- Pour les oxydes et éléments traces sont analysés par différentes méthodes. Tous les éléments majeurs peuvent être analysés par fluorescences des rayons X (XRF) ainsi que certains éléments traces tel que : Rb, Sr, Y, Nb, Zr, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, etc.

*- L'analyse par activation neutronique (INNA) permet de doser avec précision les terres rares (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) ainsi que : Sc, Co, Cr, Cs, Hf, Ta, Th, U, etc. Les terres rares peuvent également être analysés par dilution isotopique en spectrométrie "Plasma" (ICP).

Aucune de ces méthodes, ce pendant, ne permet l'analyse du H_2O et CO_2 , ni la détermination du rapport FeO/Fe_2O_3 ; Ces variables doivent être déterminées séparément.

La classification chimique des séries magmatiques est tâche préalable et indispensable à toute décision de l'origine, genèse et évolution des magmas, d'ou une série magmatique est composée de magma parent accompagné des produits de sa différenciation. Par exemple un magma parent de composition basaltique s'accompagne souvent de roches volcaniques plus acides, c'est-à-dire plus riches en silice, de composition andésitique, dacitique et rhyolitique. L'ensemble constitue une série; Chaque série est engendrée dans des conditions différentes.

On reconnaît trois séries magmatiques principales qui sont caractérisées par des proportions spécifiques de leurs éléments majeurs : SiO_2 , Al_2O_3 et alcalis (Na_2O , K_2O) en particulier. Les trois séries magmatiques sont les suivantes :

1- Série Tholéitique .

2- Série Calco-alcaline .

Ces deux séries sont à caractère subalcalin .

3- Série Alcaline .

Cette classification peut être complétée et vérifiée en utilisant :

*- LES ELEMENTS TRACES :

Les éléments de ce type les plus couramment recherchés en géochimie sont les éléments de transition, du Scandium au Zinc, et les lanthanides ou terres rares, du Lanthane au Lutetium.

Ces éléments se répartissent de façon inégale (on dit qu'ils sont fractionnés), entre les phases solides, liquides ou gazeuses .

Certains éléments se concentrent de préférence dans les minéraux et les phases solides . On dit alors qu'ils sont compatibles (avec un coefficient de partage $D > 1$), en plus ils sont en général incorporés à l'un ou l'autre des composants minéralogiques de haute température.

L'évolution de leur concentration permet de les utiliser comme traceurs du fractionnement de ces minéraux. D'autres au contraire se concentrent dans la phase liquide, et sont appelés éléments incompatibles (avec un coefficient de partage $D \ll 1$).

[Coefficient de partage = concentration phase solide / concentration phase liquide].

Enfin pour démontrer que les membres de la série dérivent du même magma initial, on utilise la consanguinité, dont les éléments fortement incompatibles n'entrent pas dans les minéraux principaux, le rapport de deux éléments incompatibles reste constant au cours de la différenciation .

Par contre le rapport de ces deux éléments est différent dans une autre séquence magmatique .

Les terres rares (REE) constituent un groupe de 14 éléments trivalents allant du La(57) au Lu(71) et qui, en raison de leur comportement géochimique semblable, permettent de caractériser la source des magmas et d'analyser leur évolution ; La taille des atomes diminue régulièrement, du La au Lu . Les analyses des terres rares sont présentées graphiquement en divisant la concentration de l'élément dans la roche ou le minéral par sa concentration moyenne dans les chondrites . Cette procédure de normalisation a pour effet d'adoucir un profil original en dents de scie, les

éléments à nombre pair sont systématiquement plus abondants que ceux à nombre impair . Les profils normalisés des terres rares permettent de constater les différents environnements géotectoniques :

*- Domaine des dorsales océaniques (NMORB) (moins de 10 fois chondrite, pauvres en REE légères) .

*- Domaine d'arc insulaire (IAB et CAB) (10 à 50 fois chondrite, enrichis en REE légères) .

*- Domaine de rift continental (CRB) (80 à 100 fois chondrite, plus particulièrement enrichis en REE légères) .

En utilisant aussi un diagramme araignée (spiderdiagram), qui permet une composition effective d'un spectre d'éléments traces d'une roche magmatique étudiée avec, par exemple, un basalte normal de dorsal océanique (NMORB) . La normalisation met en évidence les différences ou similitudes entre la roche étudiée et le basalte NMORB .

Les éléments traces sélectionnés sont incompatibles dans les minéraux de la rhyolite du manteau ; ils se concentrent donc dans le magma liquide au cours du processus de fusion . Ces éléments sont divisés en deux groupes, les éléments mobiles en solution hydrothermale (Sr, K, Rb, Ba) et les éléments immobiles (difficilement solubles dans l'eau, Th à Yb) .

*- LES ISOTOPES :

Les noyaux atomiques ayant un même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons sont des isotopes . Ils ont donc un numéro atomique semblable mais un nombre de masse différent . nous distinguons deux groupes :

1- Les isotopes radiogéniques , 2- Les isotopes stables .

Les isotopes radiogéniques sont produits par la désintégration d'éléments radioactifs, tandis que les isotopes stables sont formés par fractionnement de masse au cours de réactions chimiques .

L'étude des isotopes radiogéniques s'est développée pour la datation des roches et pour permettre l'établissement d'une échelle d'âges absolus des temps géologiques .

L'étude des isotopes stables (non radiogéniques) permet de caractériser les réservoirs externes et de suivre les transferts d'éléments d'un réservoir à l'autre ; (réservoir : l'atmosphère, l'hydrosphère)

Nous avons procédé dans cette partie de notre étude comme suit :

*- Pour les éléments majeurs :

Le diagramme rectangulaire de Gill (1981) (Fig. 10.1), permet d'analyser la tendance potassique pour chaque roche; faible, moyenne ou forte en K (potassium). Ce diagramme a été modifié par Le Maitre (1989), et peut servir comme appui pour confirmer la classification des roches volcaniques, proposée par Taylor ou Debon et Le Fort.

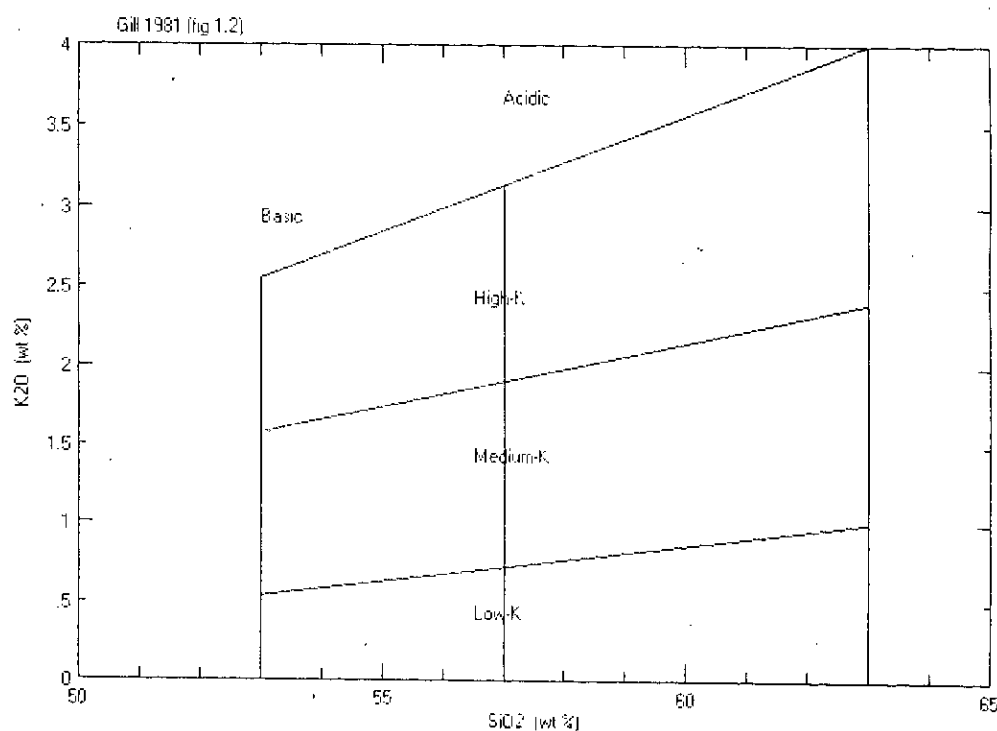


Fig.10.1

- Le diagramme (Fig. 10.2), des minéraux caractéristiques qui associe deux paramètres $A = [Al - (K + Na + 2 Ca)]$ fonction de $B = Fe + Mg + Ti$. Sa moitié supérieure (A positif) correspond au domaine des roches des minéraux peralumineux et sa moitié inférieure à celui des métalumineux. Il permet d'appréhender très rapidement la nature et les proportions relatives des principaux minéraux caractéristiques susceptibles d'être présent dans une roche. Il est divisé en six secteurs, numérotés de I à III dans le domaine peralumineux et de IV à VI dans l'autre domaine, et par des demi-droites issus de l'origine. Ainsi on peut considérer que les roches localisées dans le secteur I sont à deux micas, avec muscovite > biotite ; Secteur II = roches à biotite ; Secteur IV = roches à biotite, amphibole +/- pyroxène ; Secteur V = roches à clinopyroxène, amphibole, ... ; Secteur VI = seuls des roches exceptionnelles (carbonatites par exemple) devraient s'y rencontrer.

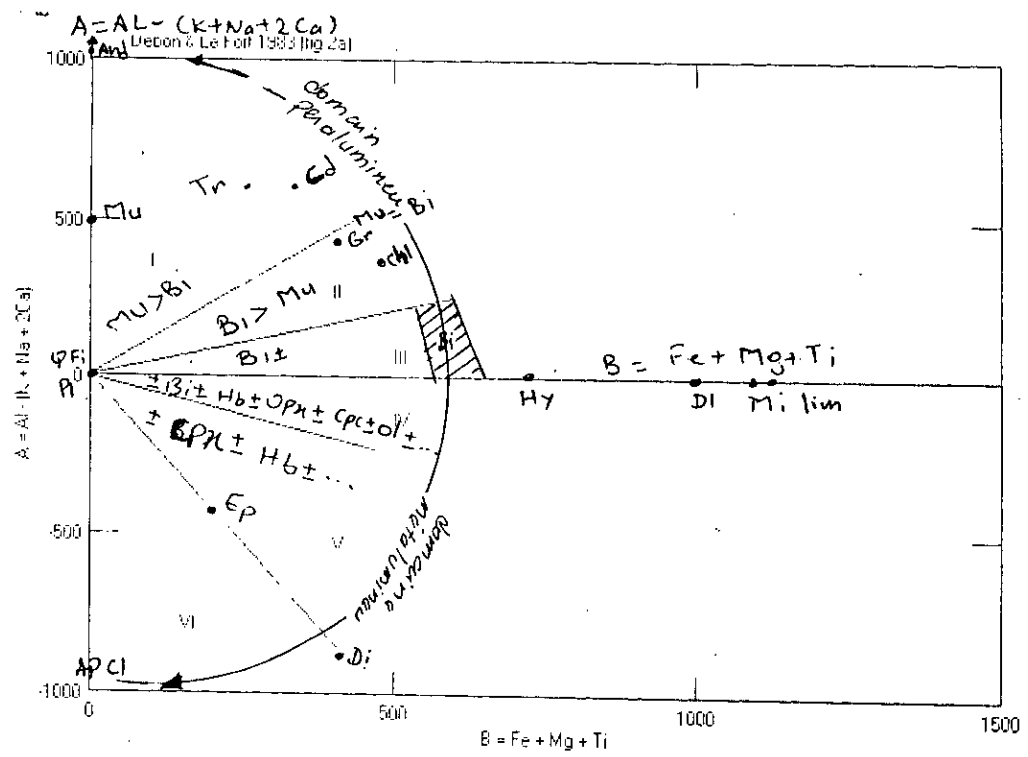


Fig.10.2

Le diagramme triangulaire d'Irvine et Baragar (1971) (Fig. 10.3), associe trois paramètres FeO^* , MgO et $Na_2O + K_2O$. Ce diagramme marque la discrimine les séries tholéitiques et calco-alcalines par un trait interrompu. La série tholéitique évolue vers le pôle FeO^* , C'est-à-dire qu'elle est caractérisée par un enrichissement en fer, tandis que la série calco-alcaline évolue directement en direction du pôle $Na_2O + K_2O$: enrichissement en alcalis et SiO_2 avec diminutions parallèles de FeO^* et MgO .

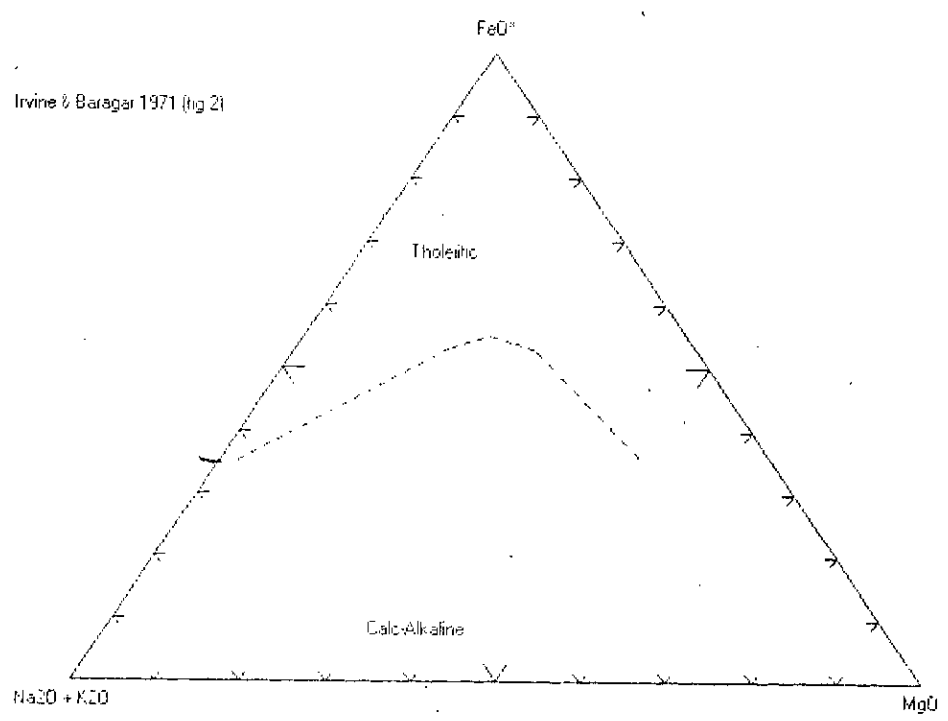


Fig.10.3

- Le diagramme triangulaire de Batchelor et Bowden (1985) (Fig. 10.4), $R1 = 6Ca + 2Mg + Al$ en fonction de $R2 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$, comporte six domaine tectono-magmatiques numérotés de 1 à 7. dans ce type de diagramme les séries évoluent parallèlement à l'évolution orogénique en changeant de composition, au fur et à mesure du déroulement des différents événements de l'orogénèse.

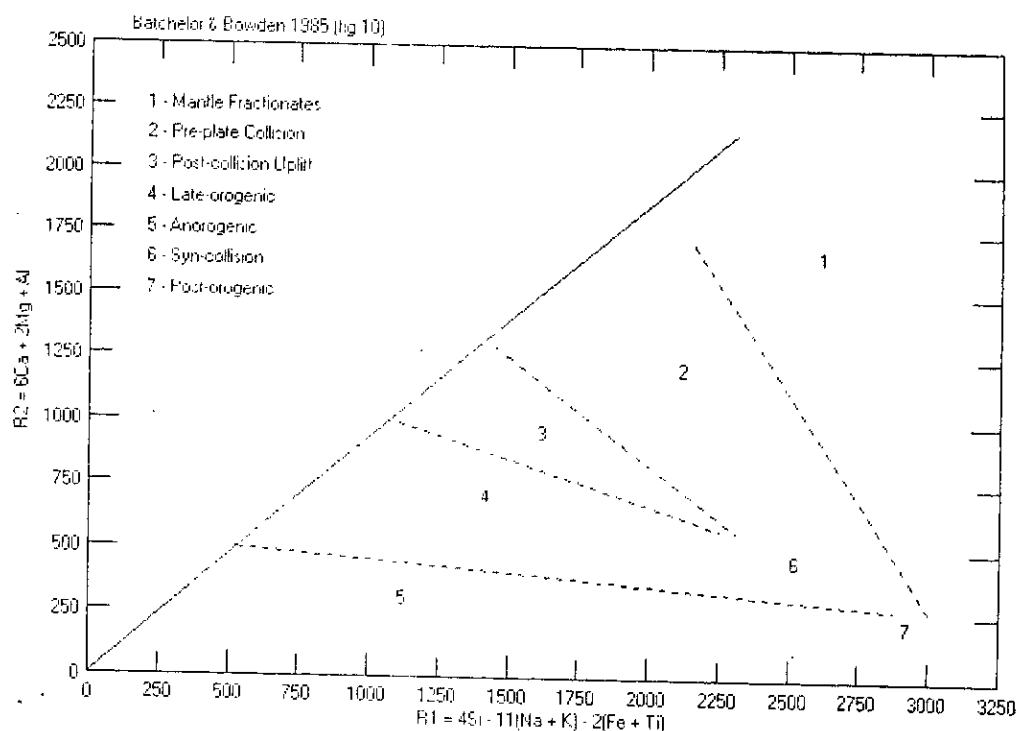


Fig.10.4

- Pour les éléments en traces :

Le diagramme La/Ba de Gill (1981) (Fig. 11), est divisé en plusieurs secteurs, parmi eux : E-MORB (l'intermédiaire entre N-MORB et basaltes alcalins), N-MORN (magmas normaux des dorsales océaniques) et orogénique andésites. Ce dernier est lui même subdivisé en trois sous secteurs suivant que la composition de la roches est faible, moyenne ou forte en K.

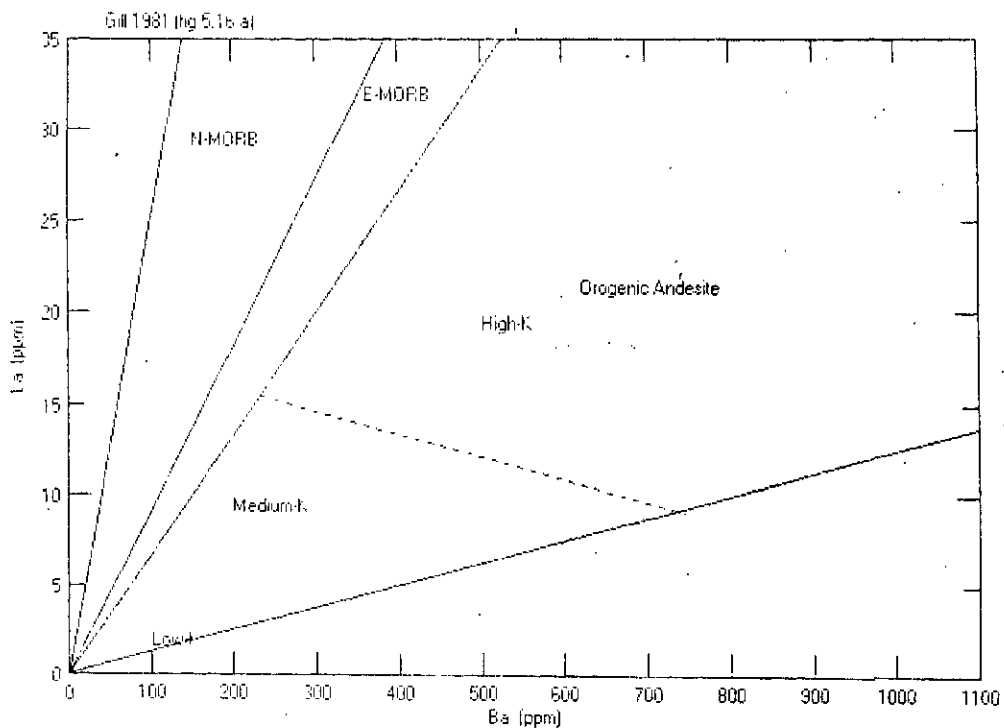


Fig.11

- Pour les terres rares :

On utilise le diagramme qui montre tous les spectres normalisés avec la norme PRIM (magma primaire). (Fig. 12)

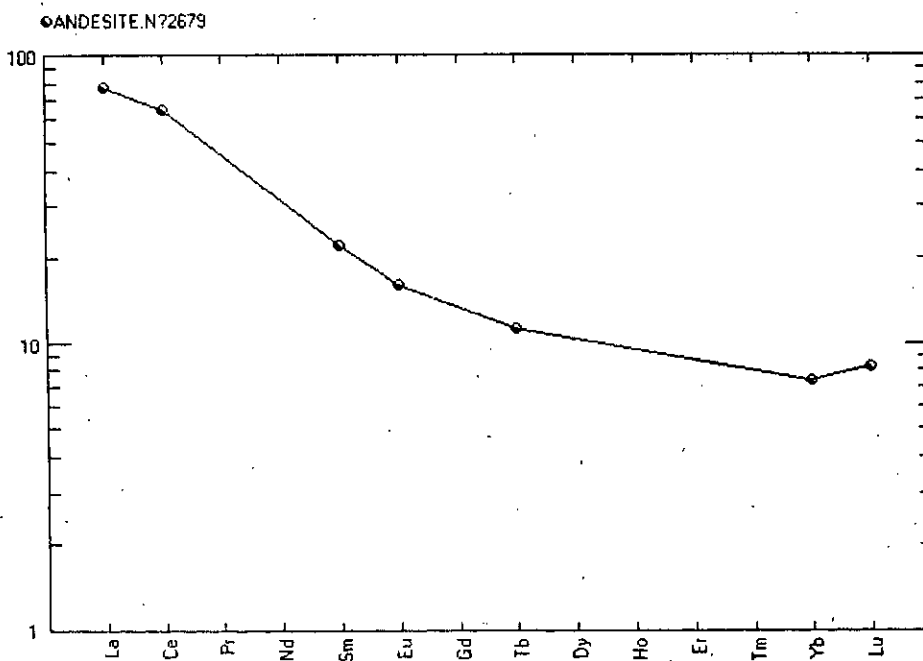


Fig.12

Remarque :

On note que les symboles utilisés dans les différents diagrammes pour l'interprétation sont

- | | | | |
|-----------|------------|----------|----------------------------------|
| Basalte ○ | Andésite ● | Tuf + | Ryolite ◇ |
| Brèche △ | Chlorite × | Dacite □ | Epidote (Basalte épidotisée) ✖ |

2/- INTERPRETATION DES DONNEES.

A- Les Profiles des éléments majeurs

I- Les zones du Hoggar occidental :

1 /- La zone de Tassendjenet :

- D'après le diagramme Gill (1981) (Fig. 13.1), les andésites de la zone de Tassendjenet sont moyennement potassiques, et concentrés dans le secteur acide, exceptionnellement pour les échantillons (andésite N° 2716, andésite N° 2695, basalte N° 2769) qui se localisent dans le secteur basique, le premier est fortement potassique, le second est moyennement potassique et le dernier, qui représente le basalte a une faible teneur en SiO₂ par rapport aux autres échantillons.

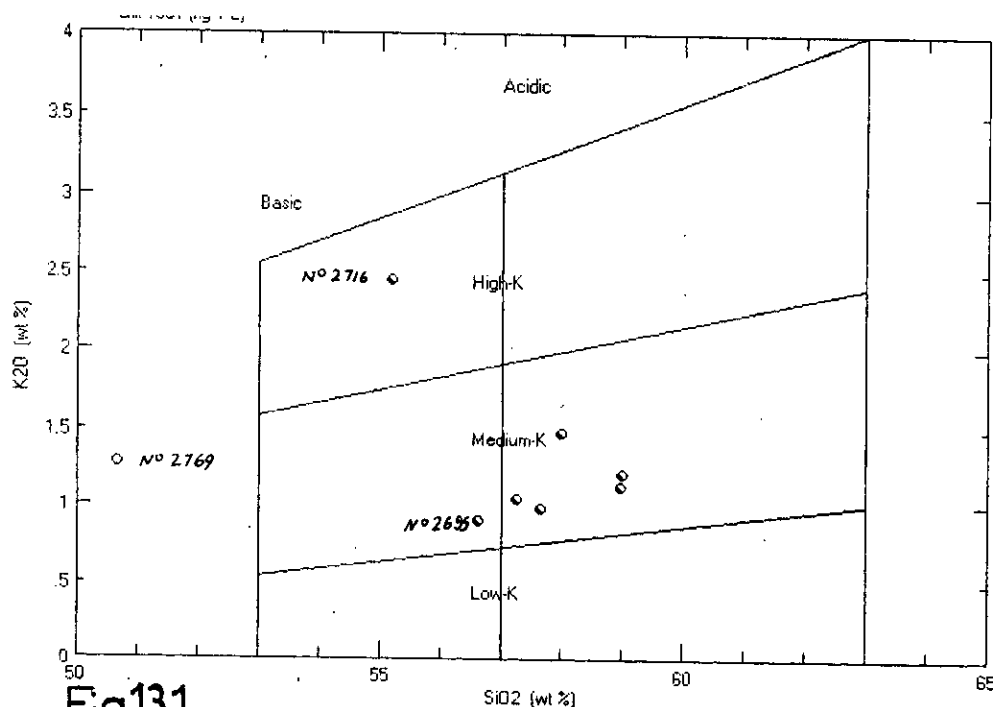


Fig.13.1

- D'après le diagramme Debon et Lefort (1983) (Fig. 13.2) , les échantillons de cette zone sont métalumineux et se localisent dans le secteur IV qui représente la composition suivante (Biot +/- Hp +/- Opx +/- Cpx +/-Ol ...), exceptionnellement l'échantillon (andésite N° 2716) qui se trouve dans le secteur V qui représente la composition (+/- Cpx +/-Hp +/- ...).

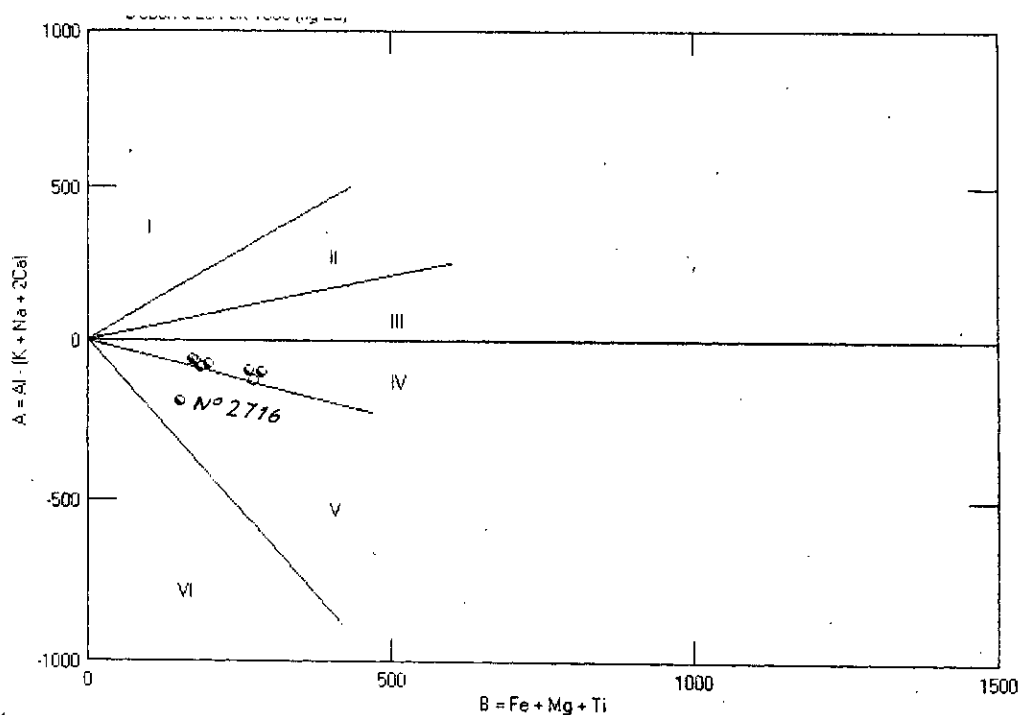


Fig.13.2

- D'après le diagramme d' Ivrine et Baragar (1971) (Fig. 13.3) , les andésites de cette région se concentre nettement dans le domaine calco-alcalin, par contre le basalte représenté par l'échantillon N° 2769 se trouve dans le domaine tholéitique et enrichi en fer.

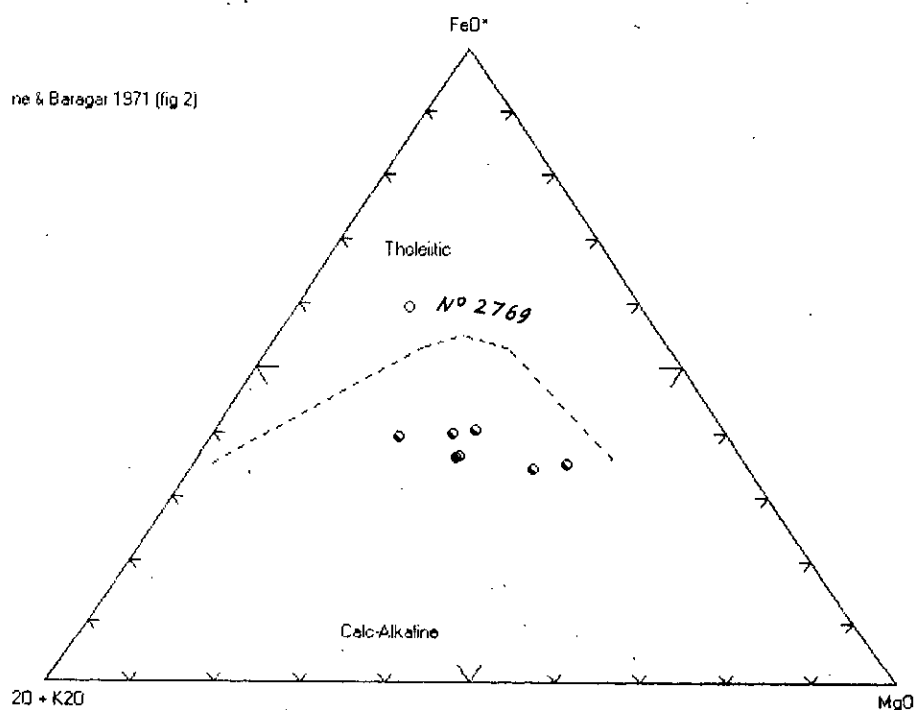


Fig.13.3

-Selon le diagramme R1-R2 de Batchelor et Bowden (1985) (Fig. 13.4) , les andésites de cette zone (pré-plate collision), exceptionnellement l'échantillon andésite N° 2695, qui appartient au secteur (Fractionnement Mentellique), l'échantillon basalte N° 2769 est hors de cette classification.

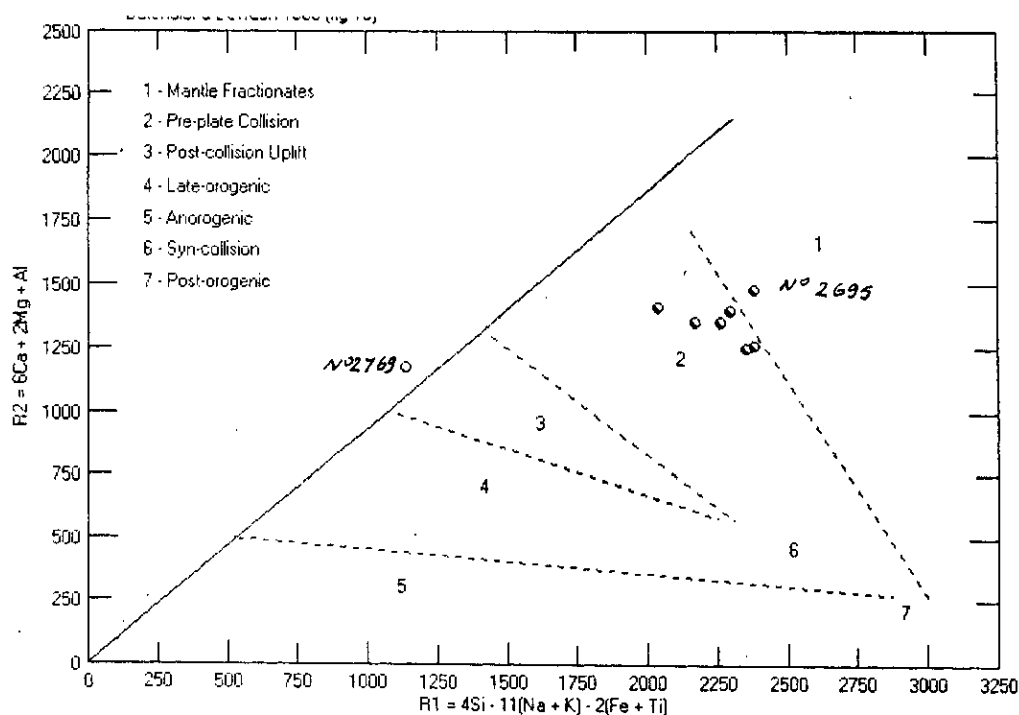


Fig.13.4

On peut conclure que : les andésites de cette zone sont métalumineux , de nature calco-alcaline et sont enrichis en: biotite, opx, cpx, hornblende et en olivine , et sont de la zone de subduction sauf pour l'échantillon N°2695 , qui est d'une fractionnement mantellique.

2 /- La zone de Gara Akofou :

- D'après le diagramme de Gill (1981) (Fig. 14.1) , les échantillons (andésite N° 2979, basalte N° 2981) sont orogéniques et potassiques, l'échantillon basalte N° 2987 est moyennement potassique, tandis que l'échantillon andésite N° 2978 se trouve dans le domaine E-MORB.

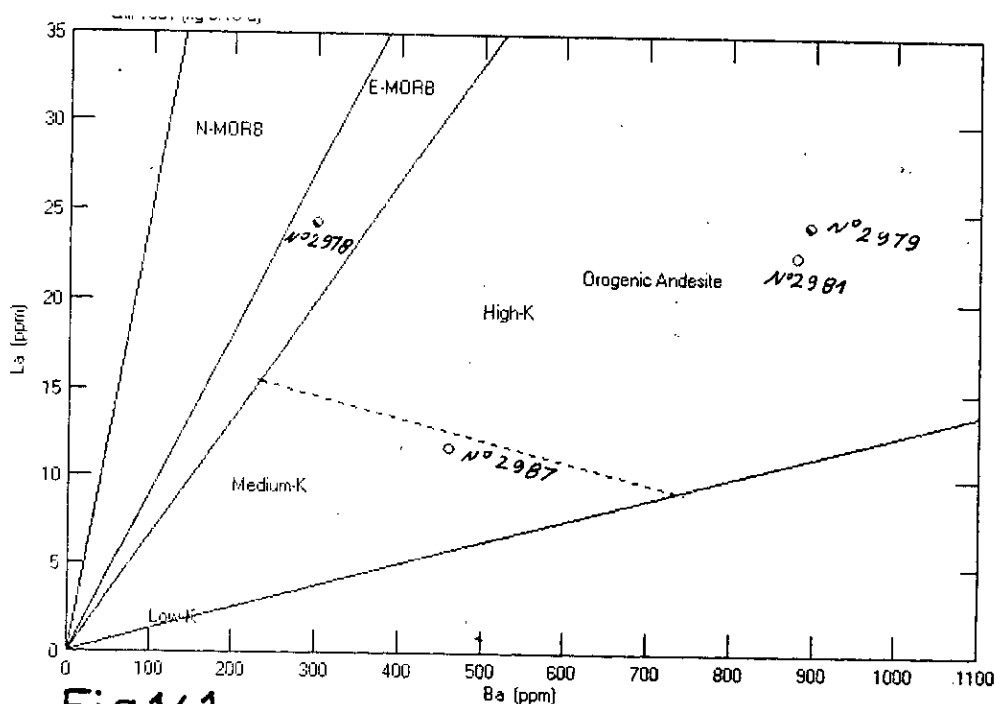


Fig.14.1

- D'après le diagramme de Debon et Lefort (1983) (Fig . 14.2) , les échantillons de cette zone sont métalumineux et se concentrent nettement dans le secteur IV qui représente la composition suivante : (Biot +/- Hb +/- Opx +/- Cpx +/- Ol +/- ...).

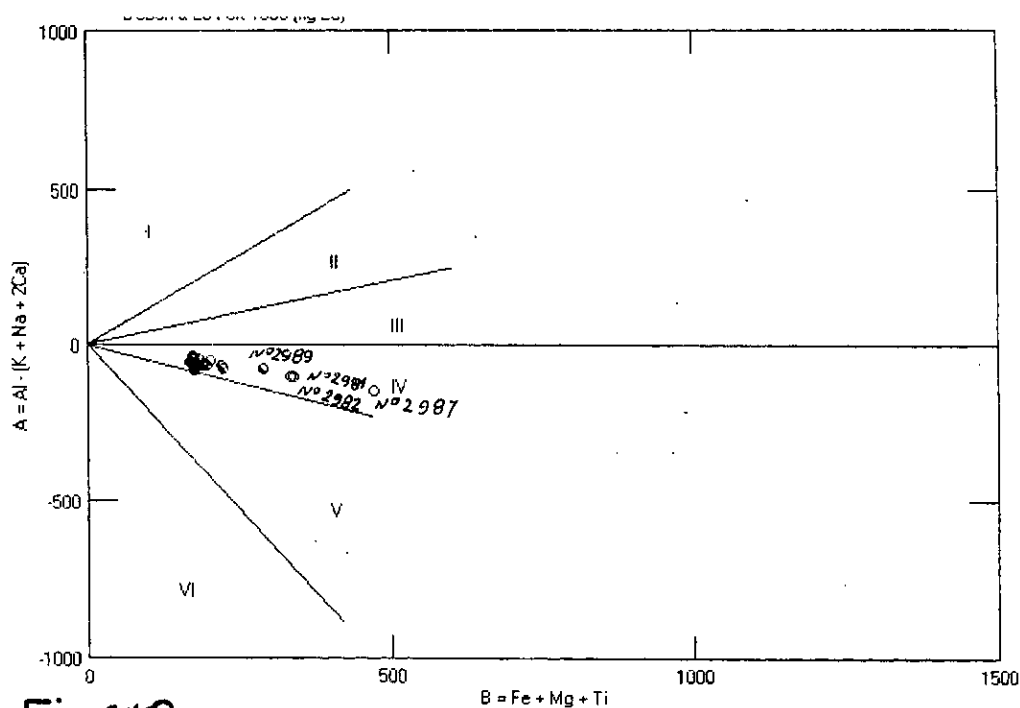


Fig.14.2

- le diagramme Irvine et Baragar (1971) (Fig. 14.3) , les andésites de cette zone sont de nature calco-alcalines, mais pour les échantillons (N° 2990, N° 2972, N°2994) ainsi que l'échantillon N°2989 sont nettement tholéitiques, tandis que les basaltes (N° 2981, N°2987, N°2982). sont de nature calco-alcalines

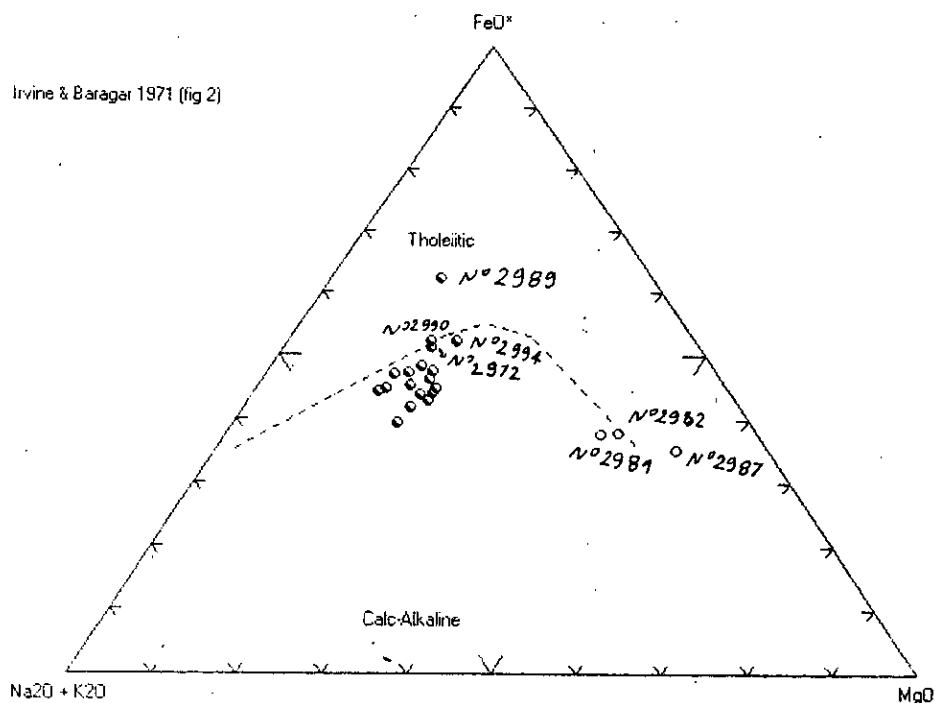


Fig.14.3

- Selon le diagramme R1-R2 de Batchelor et Bowden (1985) (Fig. 14.4) , les andésites de la zone de Gara-Akofou sont de la zone de subduction à la zone de soulèvement , par contre l'échantillon basalte N°2987 est d'une fractionnement mentellique ainsi que l'échantillon basalte N° 2981 est de la zone de subduction alors que l'échantillon basalte N° 2982 se trouve à la limite de ces deux domaines.

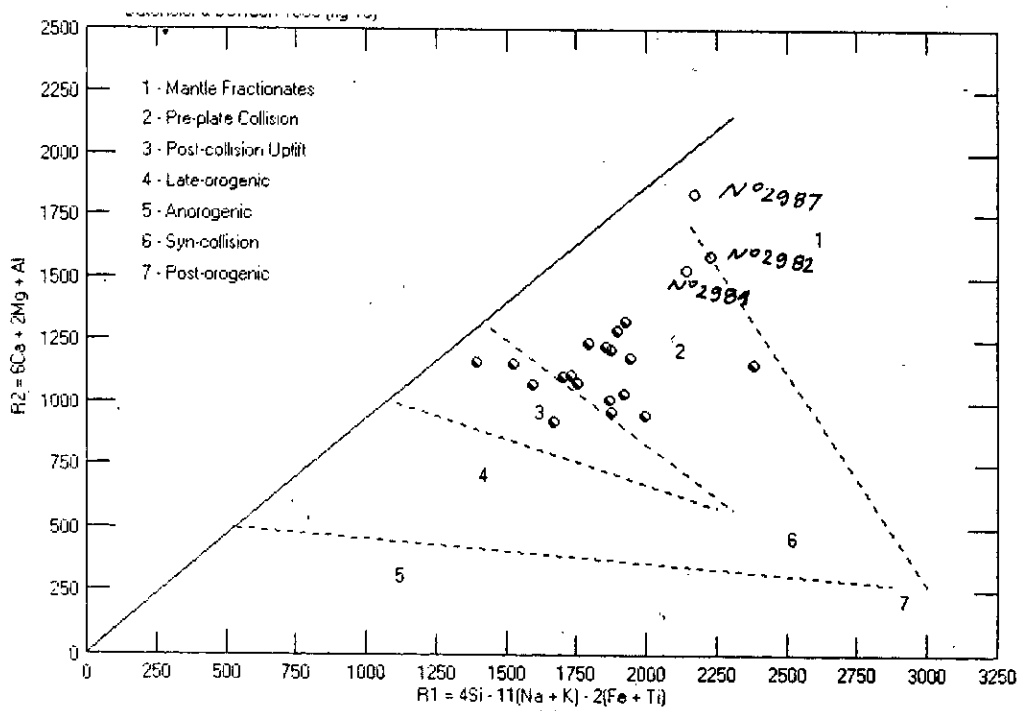


Fig.14.4

* Par conclusion : on peut dire que les échantillons de Gara Akofou sont métalumineux et représentent la minéralisation suivantes : bio ,opx, cpx, hornblende, olivine , et que les andésites ainsi pour le basalte N°2981 sont de la zone de subduction à la zone de soulèvement , sauf pour le basalte N°2987 ,qui d'une fractionnement mentellique et le basalte N°2982 qui se trouve à la limite de la subduction et le fractionnement mentellique.

II /- La zone de Ouarzazate au Maroc:

- D'après le diagramme de Gill (1981) (Fig. 15.1) , les échantillons (basalte N° 4230, basalte N° 4233, basalte N° 4287, basalte N° 4232, basalte N° 4249) sont de N-MORB, et les échantillons (andésite N° 4266, andésite N° 4256, roche acide chloritisée N° 4712, roche chloritisée N°4713) sont de E-MORB, tandis que les échantillons (basalte N°4235, basalte N° 4234,

basalte N° 4236, basalte N° 4244) sont moyennement potassique, et le reste des échantillons sont fortement potassique (alors que le basalte N° 4247 est très fortement potassique) .

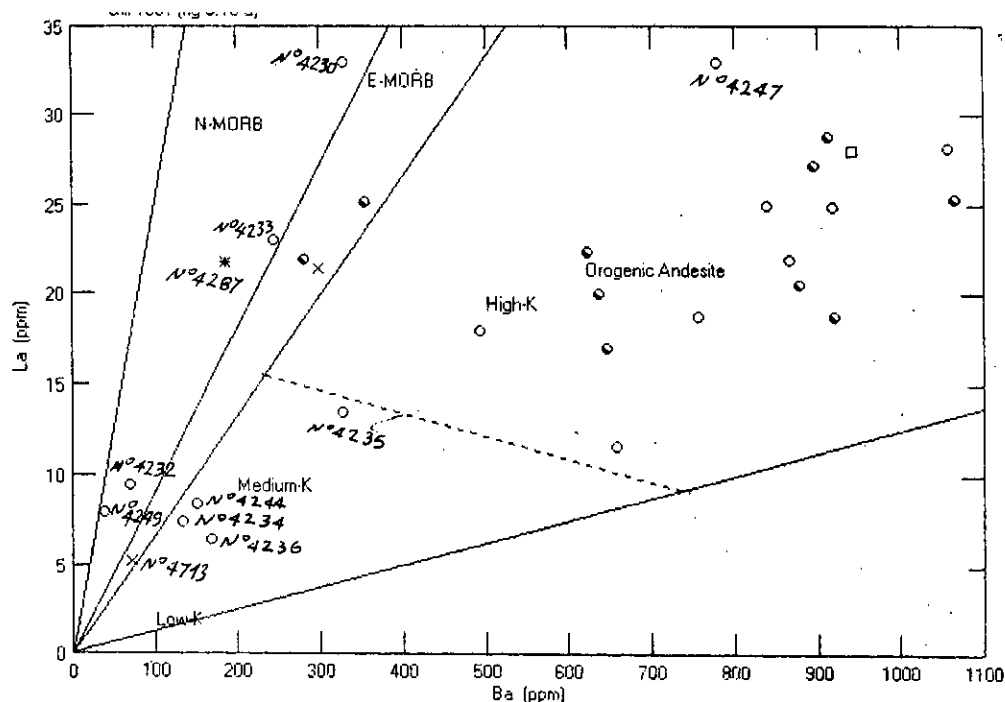


Fig.15.1

-Le diagramme de Debon et Lefort (1983) (Fig. 15.2) , montre que les échantillons de cette zone sont peralumineux, les andésites et les basaltes ainsi que les dacites se répartissent dans les secteurs : III qui est riche en biotite (Bi +/-) et IV qui représente le domaine : (+/- Bi +/- Opx +/- Cpx +/- Ol +/- ...) et le secteur VI à : (+/- Cpx +/- Hb +/- ...), on note la présence du brèche portant le N° 4279 dans le secteur III, et le basalte N° 4287 dans le secteur V, ainsi que les dacites échantillons : (N°4280, N°4281) contiennent plus de biotite que les autres échantillons, tandis que les échantillons (roche acide chloritisée N° 4712, roche chloritisée N° 4713, andésite N° 4260) sont dans le secteur II dont la teneur en biotite est supérieur à celle du muscovite

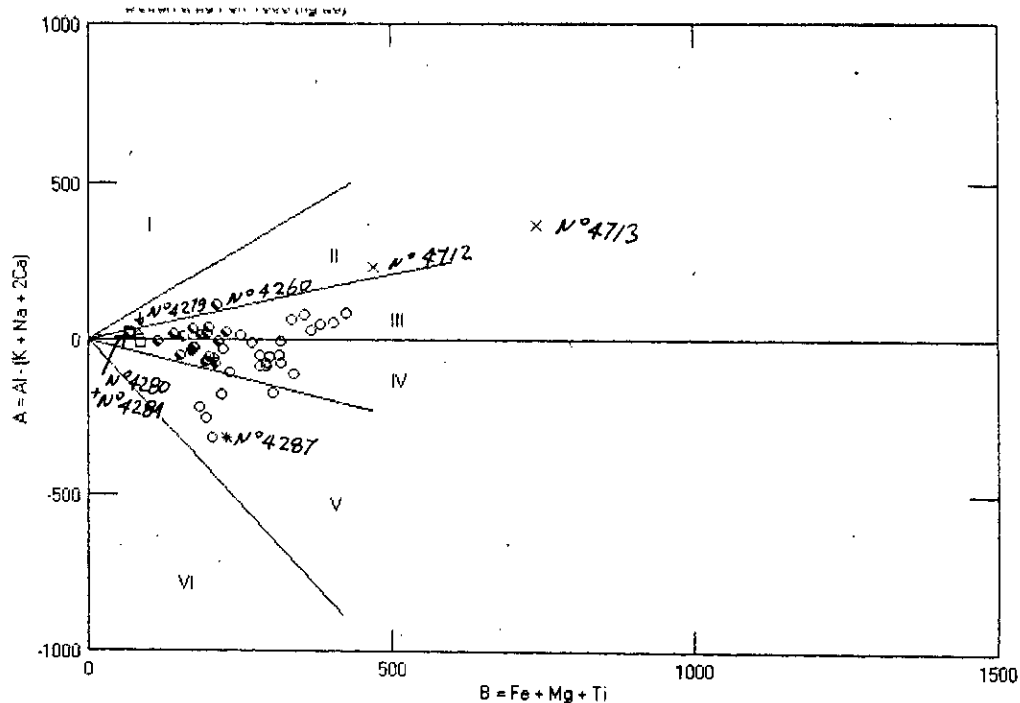


Fig.15.2

- Le diagramme d'Irvine et Baragar (1971) (Fig. 15.3) , montre que les échantillons (basalte N° 4251, basalte N° 4244, andésite N° 4264, andésite N° 4276, basalte N° 4287, roche chloritisée N° 4713) sont de nature tholéitiques, dont l'échantillon basalte N° 4287 est plus tholéitique que les autres échantillons qui tendent vers la limite calco-alcaline, sauf l'échantillon roche chloritisée N° 4713 qui est faiblement tholéitique, par contre le reste des échantillons sont de nature calco-alcaline et qui tendent vers le pôle des alcalis (échantillons : dacite N° 4281, dacite N° 4280, dacite N° 4278, brèche N° 4279), et pour l'échantillon roche acide chloritisée N° 4712 se trouve sur la limite des deux séries calco-alcaline et tholéitique.

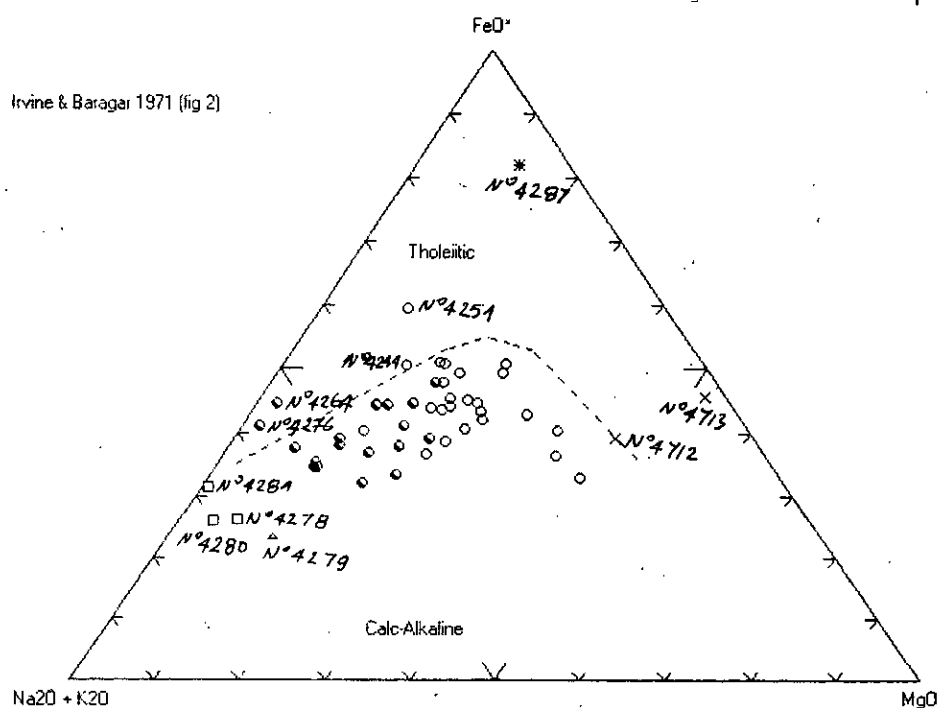


Fig.15.3

- Le diagramme R1-R2 de Batchelor et Bowden (1985) (Fig. 15.4) , montre que les échantillons (basalte N° 4252, andésite N° 4257, andésite N° 4261, chlorite N° 4712) sont de la zone de subduction, et les échantillons (andésite : N° 4256, N° 4260, N° 4266, N°4274, dacite N° 4278, brèche N° 4279, andésite N° 4275) sont tardi-orogéniques et les échantillons (andésite N° 4276, dacite : N° 4280, N°4281) sont de anorogéniques , et un seul échantillon (andésite N° 4272 est de la zone de subduction , tandis que le reste des échantillons sont hors de la classification de ce diagramme.

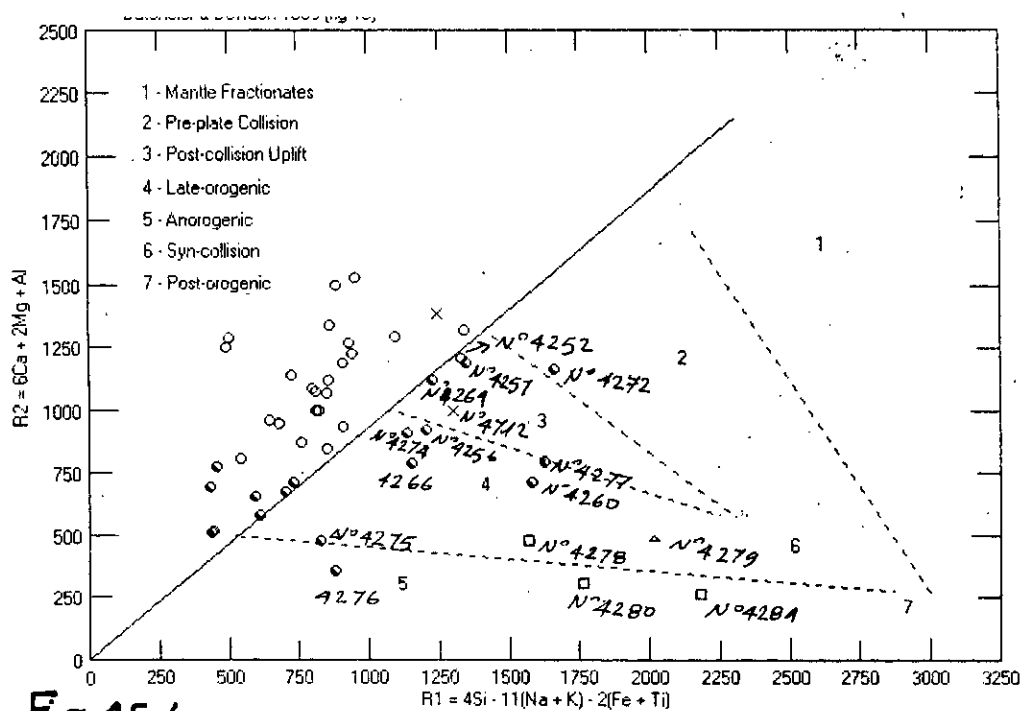


Fig.15.4

* On peut constater que la plupart des échantillons sont de nature calco-alcaline, et sont fortement potassique , ainsi qu'ils se concentrent dans les deux secteurs III et IV [le premier riche en biotite appartient au domaine peralumineux , le second représente le domaine métalumineux contient une large minéralisation (biot, opx, cpx, ol, hb)], avec l'exception de certains échantillons. Et que les échantillons de cette zone se répartissent dans la zone de soulèvement , soit dans la zone tardi-orogénique , soit dans la zone de subduction , avec certains échantillons qui sont hors de cette classification .

III/- Les zones de l'Adrar des Iforas :

1 /- La zone de Tessalit :

- Le diagramme de Gill (1981) (Fig. 16.1) , montre que les échantillons (dacite N° 4570, andésite N° 4572, dacite N° 4569) sont fortement potassiques, avec un plus de teneur en potassium pour les deux premiers , tandis que la tuf représentée par l'échantillon N° 4574 est hors de ce diagramme.

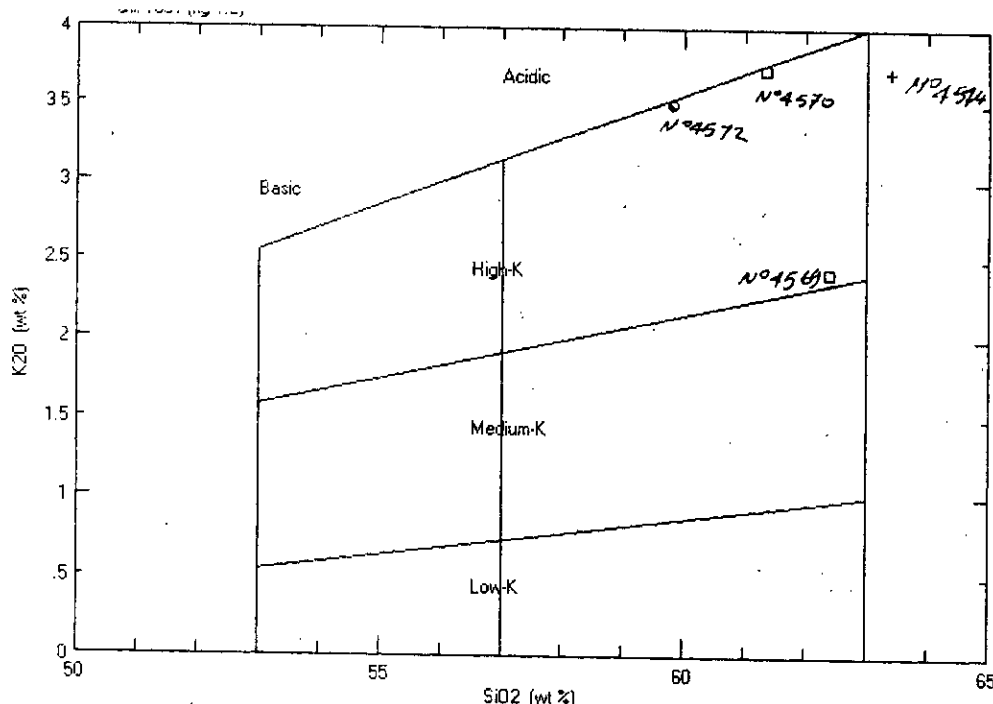


Fig.16.1

- D'après le diagramme de Debon et Lefort (19883) (Fig. 16.2) , les échantillons de cette zone sont peralumineux à métalumineux, l'échantillon rhyolite N° 4575 se trouve dans le domaine I dont la teneur du muscovite est supérieur à celle de biotite (Mus > Biot), L'échantillon dacite N° 4673 se localise dans le secteur III qui est riche en Biotite (Biot +/-), tandis que le reste des échantillons se concentrent dans le secteur IV représente la composition suivante (+/- Biot +/-Opx +/- Cpx +/- Ol +/- ...) et dans le secteur V qui représente la composition : (+/- Opx +/- Hb +/- ...) dont les échantillons (dacite : N° 4569, N° 4571, tuf N° 4574) se trouve entre ces deux secteurs, et on remarque ainsi que l'échantillon dacite N° 4568 contient plus de biotite que les autres échantillons du secteurs IV.

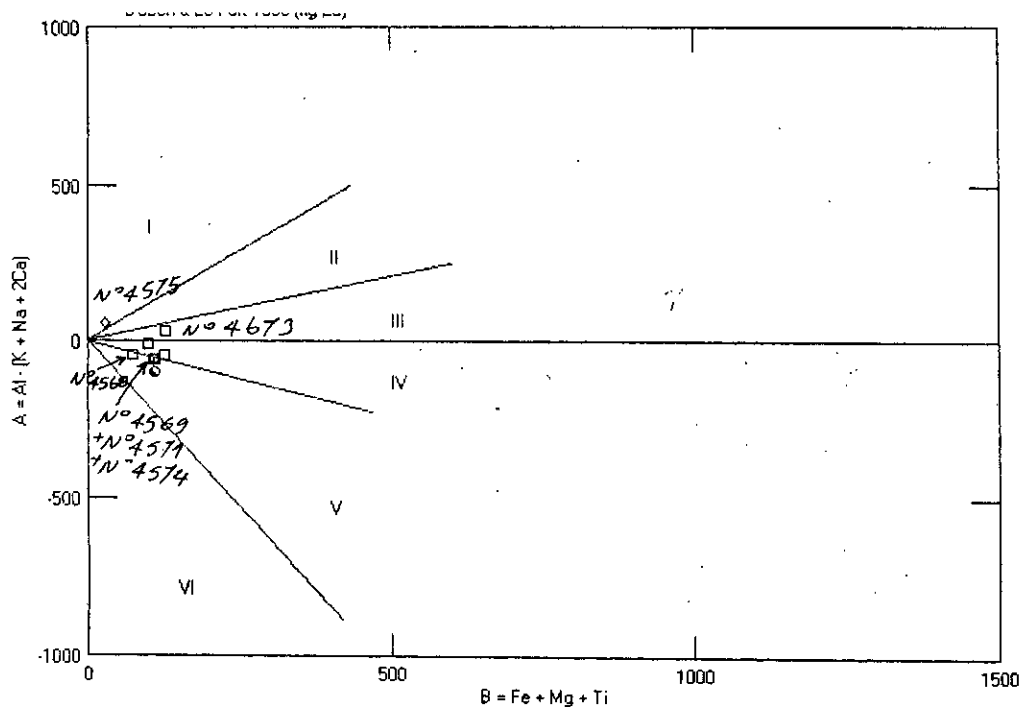


Fig.16.2

- Le diagramme d'Irvine et Baragar (1971) (Fig. 16.3) , montre que les échantillons de cette région sont nettement de nature calco-alkaline.

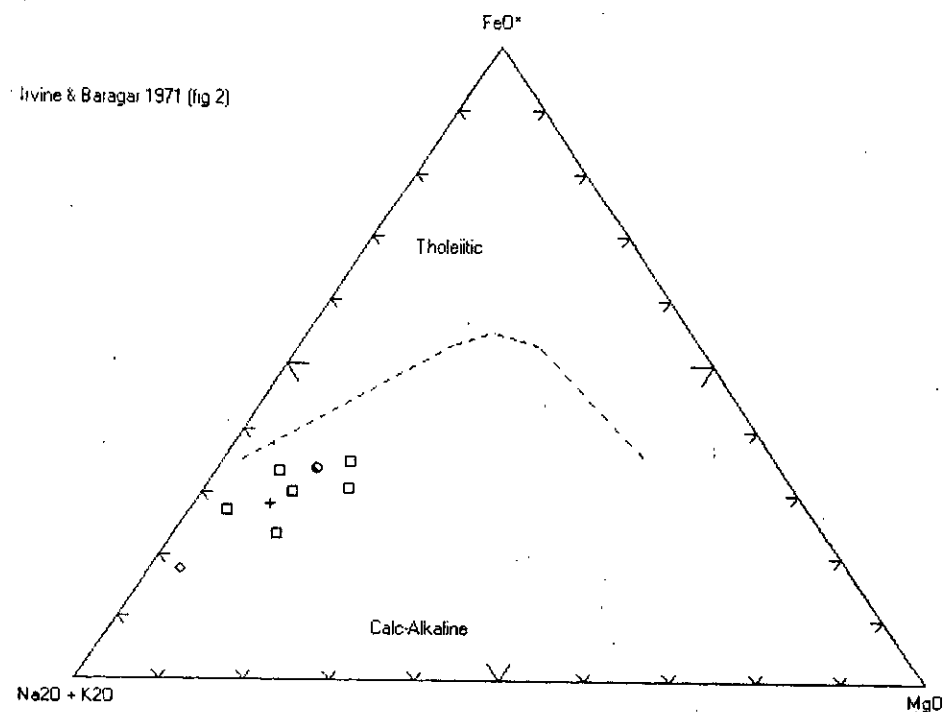


Fig.16.3

- D'après le diagramme de Batchelor et Bowden (1985) (Fig. 16.4) , les échantillons (andésite N° 4572, dacite N° 4570) sont de la zone de soulèvement , tandis que le reste sont tardi-orogéniques , sauf pour l'échantillon rhyolite N°4575 qui est d'une fractionnement mentellique.

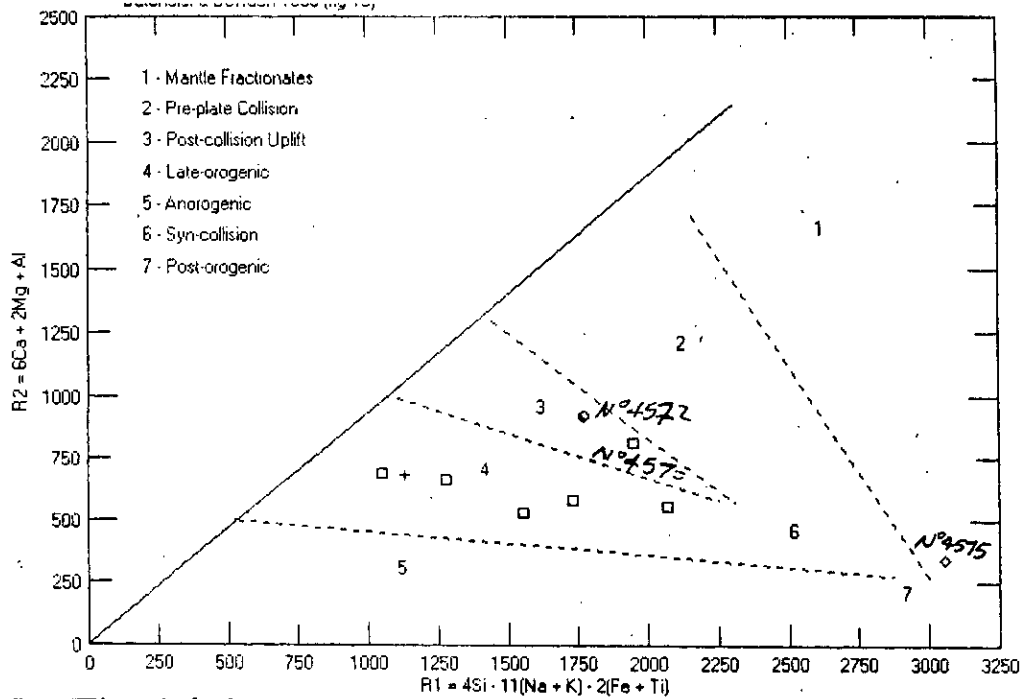


Fig.16.4

* On peut dire par résumé que les échantillons de cette zone sont de nature calco-alcaline , et sont peralumineux à métalumineux , dont la plupart des échantillons représentent la composition (biot, opx, cpx, ol, hb) à (opx, hb) , et que la majorité de ces échantillons sont tardi-orogénique sauf pour les échantillons (andésite N°4572 , dacite N°4570) sont de la zone de soulèvement et l'échantillon (rhyolite N°4575) est d'une fractionnement mentellique.

2 /- La zone d'Oumassen :

- Le diagramme de Gill (1981) (Fig. 17.1) , montre que les échantillons (basalte : N° 4564, N°4565, andésite N° 4561, tuf N° 4562) sont fortement potassiques, tandis que le reste sont hors de ce diagramme.

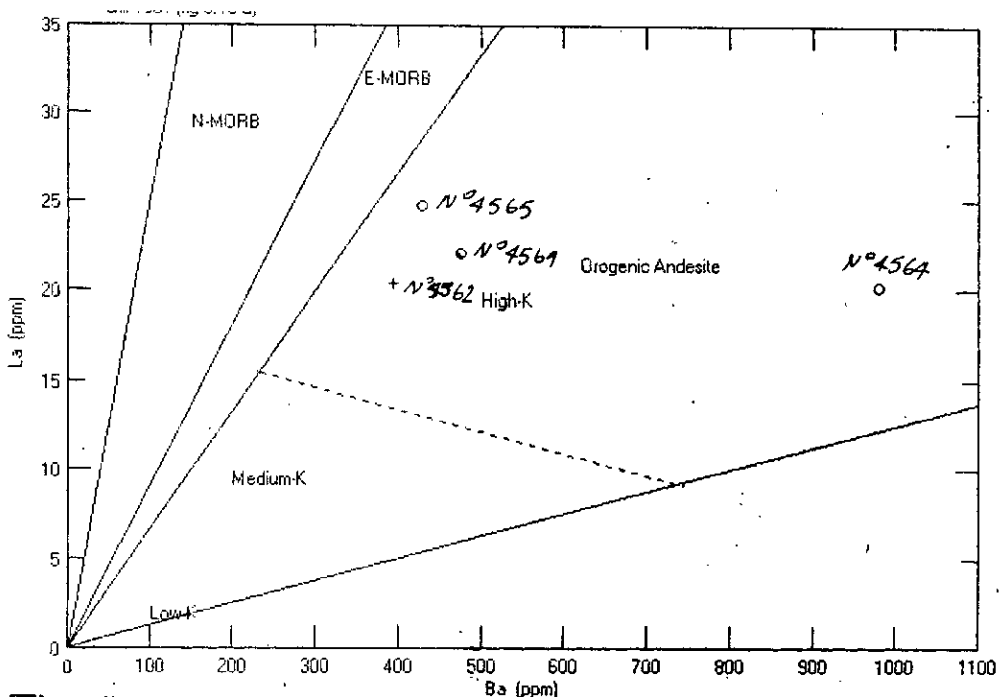


Fig.17.1

- D'après le diagramme de Debon et Lefort (1983) (Fig. 17.2) , les échantillons de cette zone sont métalumineux, l'échantillon basalte N° 4564 se trouve dans le secteur V qui représente la composition suivante (+/- Opx +/- Hb +/- ...), et le reste des échantillons se concentrent dans le secteur IV qui représente la composition : (+/- Biot +/- Hb +/- Opx +/- Cpx +/- Ol +/- ...).

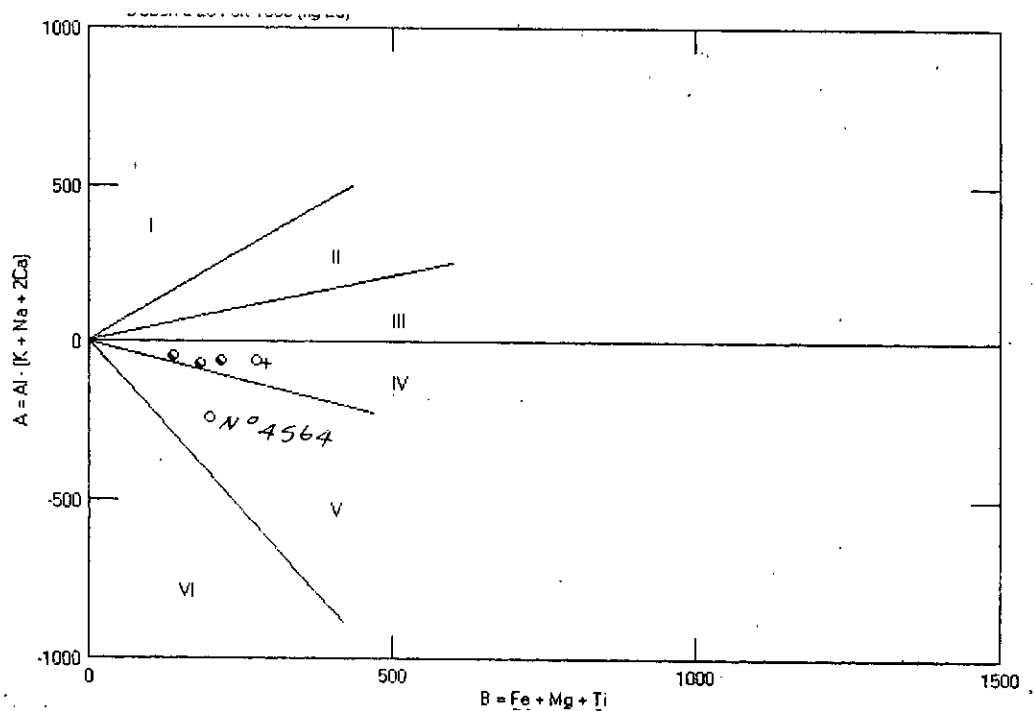


Fig.17.2

-Le diagramme d'Irvine et Baragar (1971) (Fig. 17.3) , montre que les échantillons (tuf N° 4562, andésite : N° 4566, N° 4563) sont de nature calco-alcaline, tandis que les échantillons (basalte N° 4565, andésite N° 4561) se trouvent à la limite des deux série calco-alcaline et tholéitique mais tendent vers la série calco-alcaline, et l'échantillon basalte N° 4564) est de nature tholéitique.

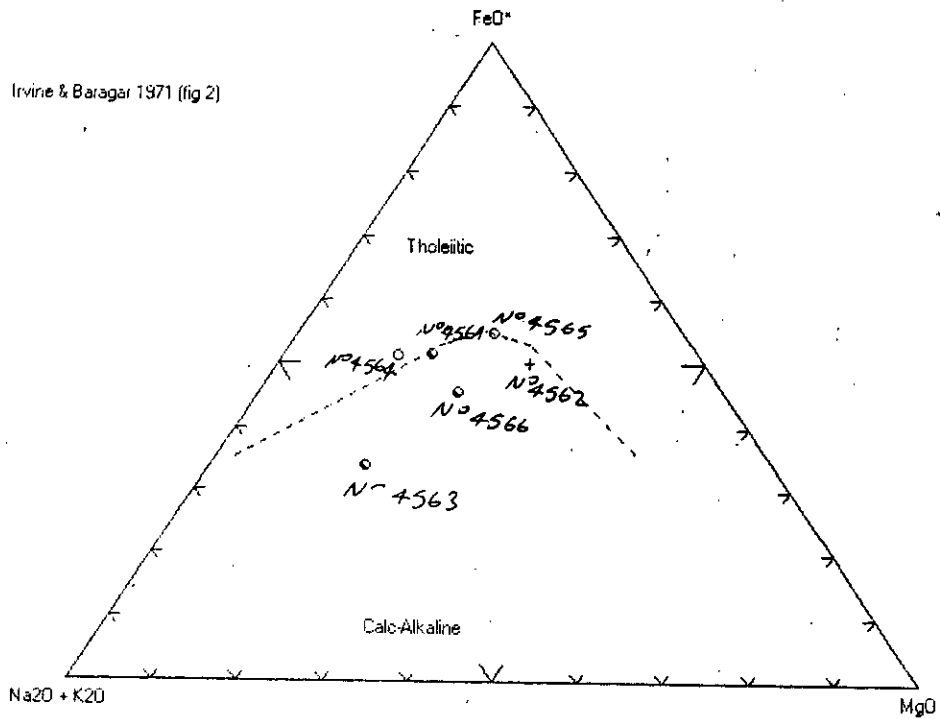


Fig.17.3

- Le diagramme R1- R2 de Batchelor et Bowden (1985) (Fig. 17.4) , montre que les échantillons de cette zone sont de la zone de subduction , sauf pour les échantillons (tuf N°4562, basalte N° 4564) sont hors de cette classification dans ce diagramme.

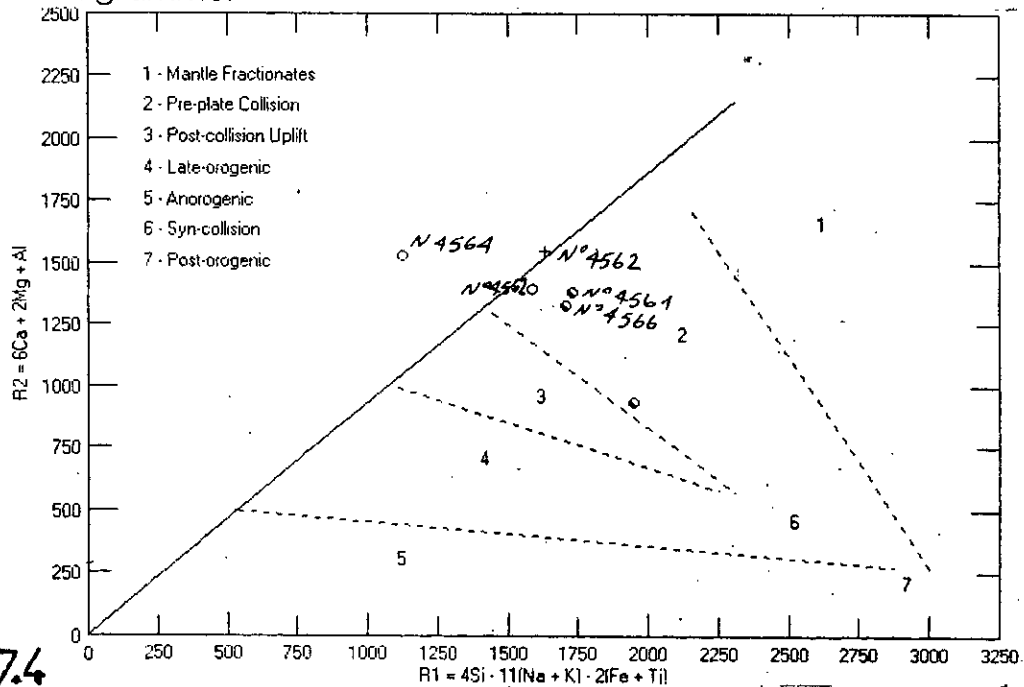


Fig.17.4

* On peut conclure que les échantillons de cette zone sont métallumineux , et représentent la composition : (biot, hb, ol, opx, cpx) sauf pour l'échantillon (Basalte N°4564) qui représente la composition (opx, hb

), et que ces échantillons sont de nature calco-alcaline à tholéitique, et sont de la zone de subduction.

B/- Les spectres de terres rares:

I /- Les zone de Hoggar occidental:

1/- La zone de Tassendjanet-Ougda:

En ce qui concerne les terres rares, les échantillons de cette zone ont des spectres qui sont inclinés vers la droite. C'est -à - dire un enrichissement en terres rares légères par rapport au lourdes; avec un teneur négative en Yb (pour tous les échantillons) et en Tb (pour les échantillons : andésite N°2675; N°2708).(Fig. 18).

-Les terres rares des andésites (échantillon N°2679) de Tassendjanet ont les mêmes tendances qu'à ceux des gneiss de labrador au Canada (Fig. 19-1.2)

A:WFEITASSENDJ.RDC

Norm: PRIM

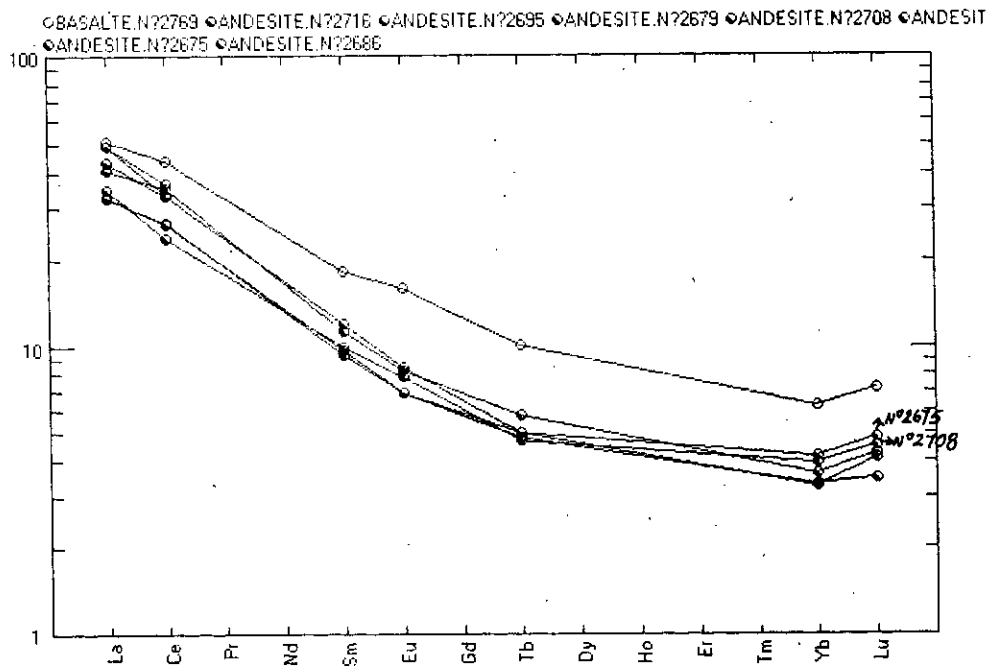
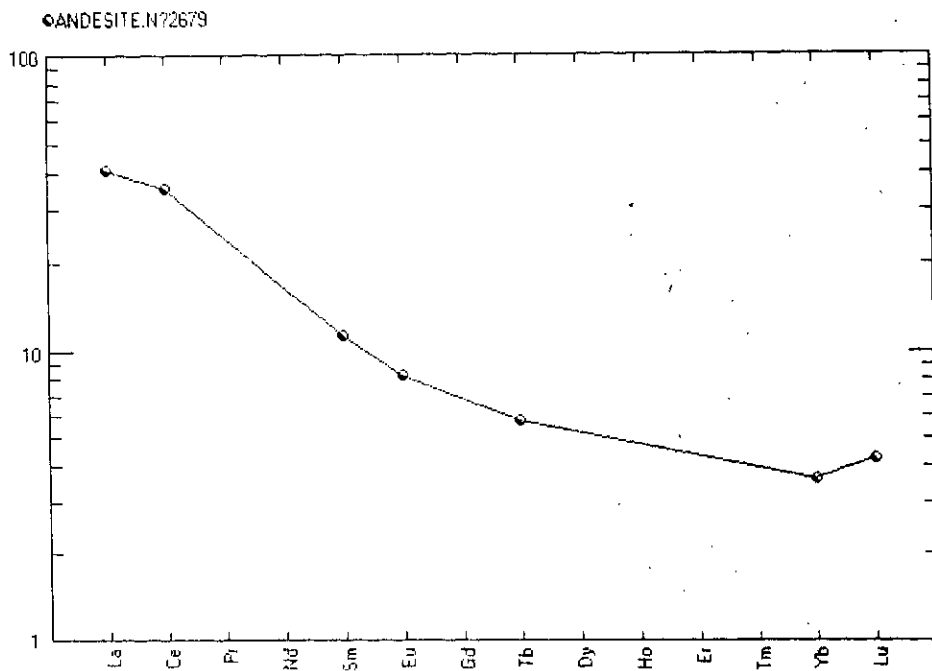


Fig.18.



70

Fig.19.1

C:\TABL\N15.ROC

Norm: PRIM

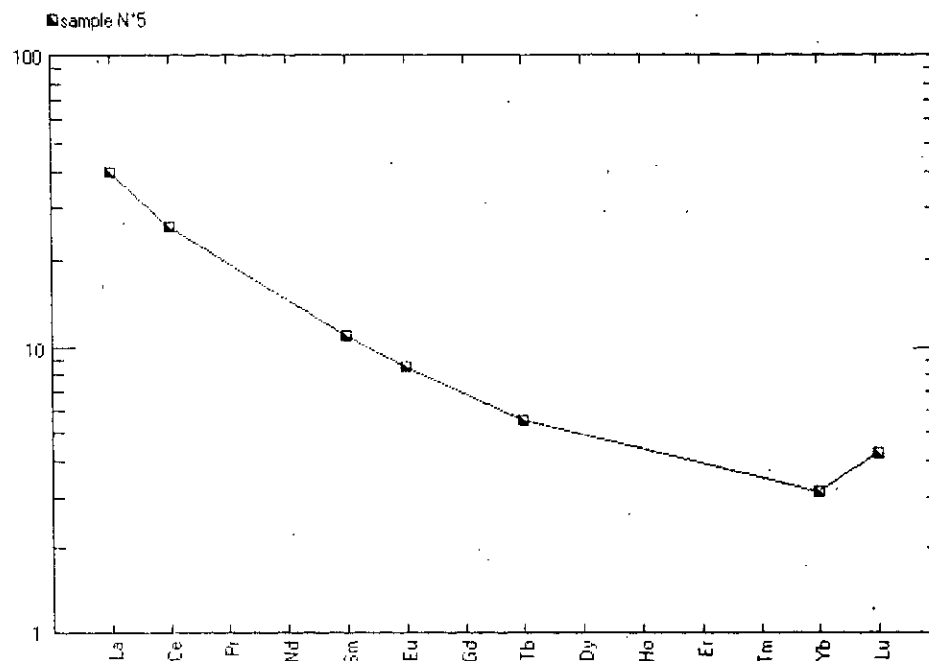


Fig.19.2

2/- La zone de Gara Akofou:

Les profils des terres rares montrent que les échantillons de Gara Akofou ont presque les mêmes spectres qui sont inclinés vers la droite, donc ils sont riches en terres rares légères et faibles en lourdes, exceptionnellement pour les échantillons (Les andésites de : N°2976; N°2977; N°2978; N°2979; N°2990; N°2993; N°2994), où ils contiennent seulement les éléments La et Ce en forte teneur. (Fig. 20).

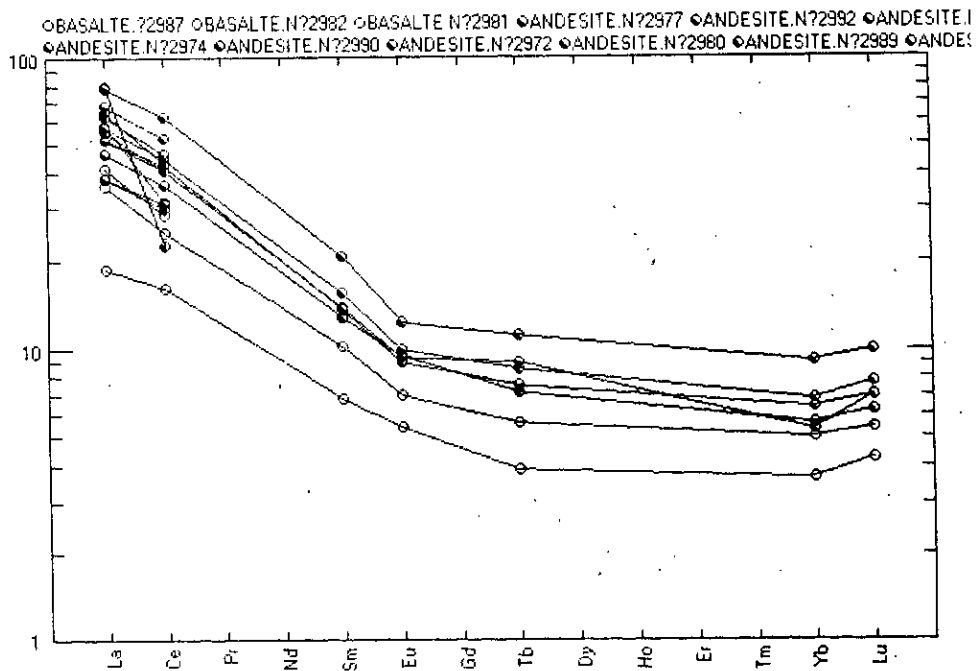


Fig. 20

- On conclure que les courbes d'évolution des terres rares (après normalisation aux chondrites) des échantillons des zones de Tassendjanet-Ougda et de Gara Akofou ces courbes montres un enrichissement en terres rares légères et, pour les roches de Tassendjanet-Ougda, un léger fractionnement de terres rares lourdes.

Ajoutant à tout ça que les basaltes (l'échantillon N°2987) de Gara Akofou ont les mêmes spectres des terres rares que celles des argiles post-archéennes, (Fig. 21. 1-2).

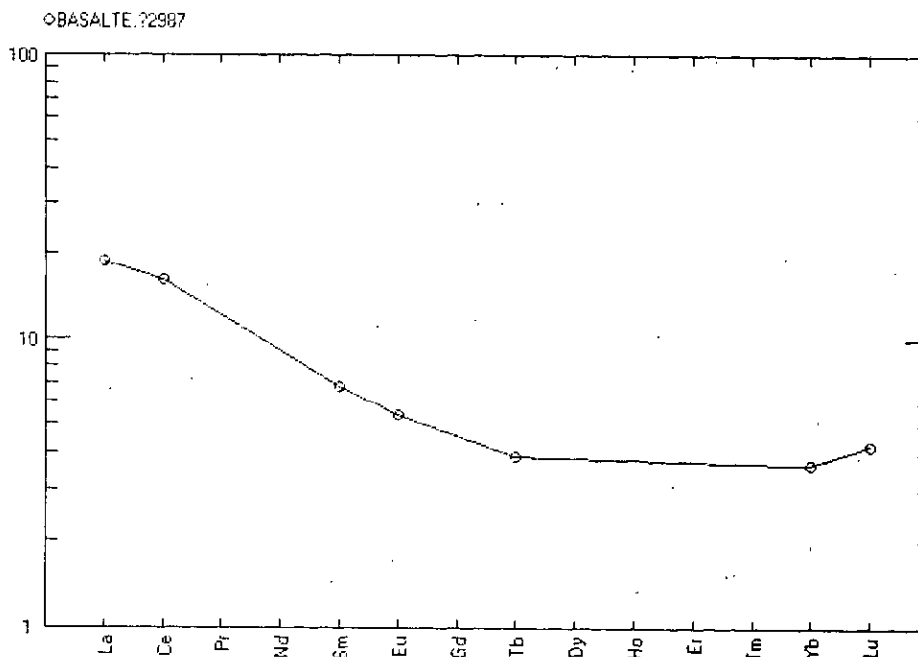


Fig. 21.1

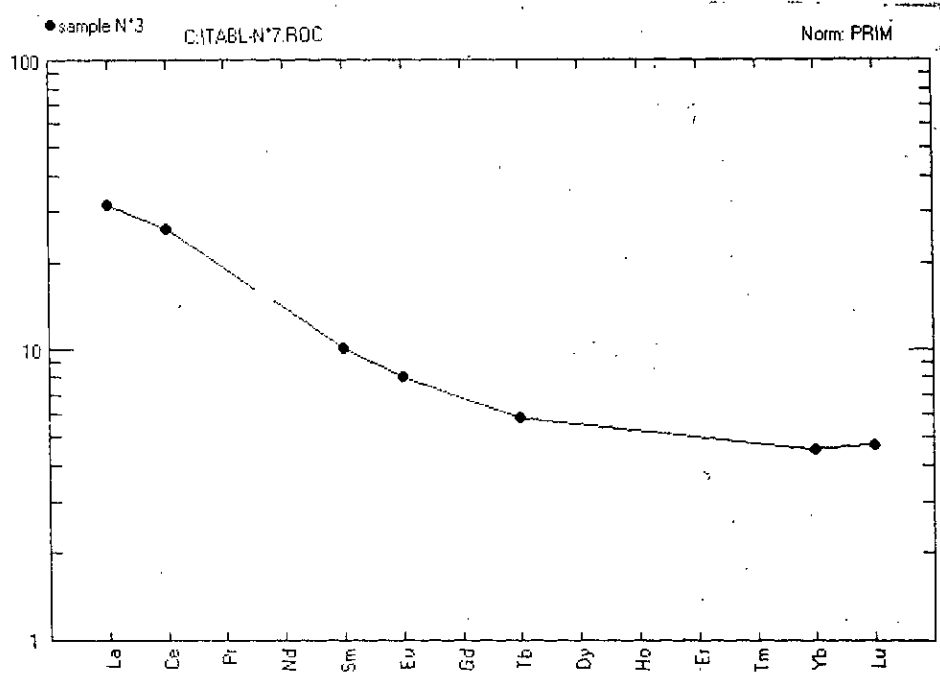


Fig.21.2

III /- La zone de Ouarzazate au Maroc:

- Les profils de terres rares montrent que les échantillons (Les andésites: N°4254; N°4257; N°4273; N°4275; N°4277 et le basalte N°4241) ont pratiquement les mêmes spectres, qui sont fort inclinés vers la droite donc ils sont très enrichis en terres rares légères par rapport aux lourdes, même remarque pour les échantillons (Les basaltes : N°4230; N°4237; N°4246; N°4250; N°4251 N°4255 et l'andésite N°4270) mais ils peu inclinés , de ce fait ils sont peu riche en terres rares légères par rapport aux lourdes. Les échantillons (Les basales: N°4232; N°4239 , L'epidote N°4287 et la chlorite N°4713) leurs spectres se présentent en forme plat. On note que pour les échantillons (L'andésite N°4264 et La chlorite N°4712) leurs spectres représentent des teneurs négatives en Eu Le contraire pour l'échantillon de L'andésite N°4266 c'est -à - dire que leur spectre représente une teneur positive en Eu. Alors que pour l'échantillon de la chlorite N°4713 leur spectre représente une teneur négative en Ce. En fin, pour le reste des échantillons, on note qu'ils sont représentés par les éléments La et Ce seulement. Fig. 22-1.2).

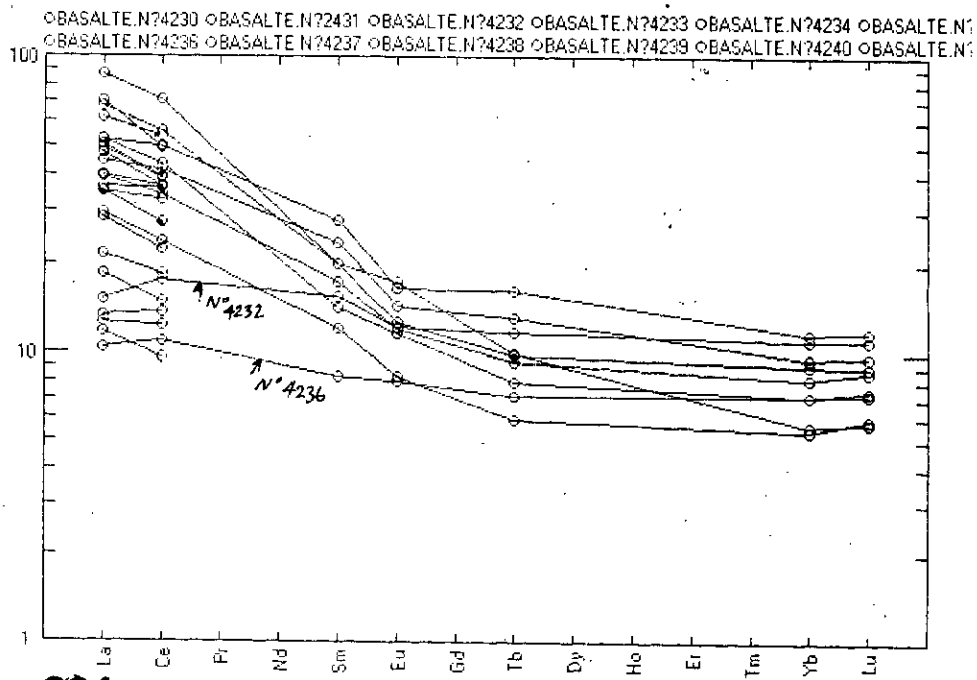


Fig.221

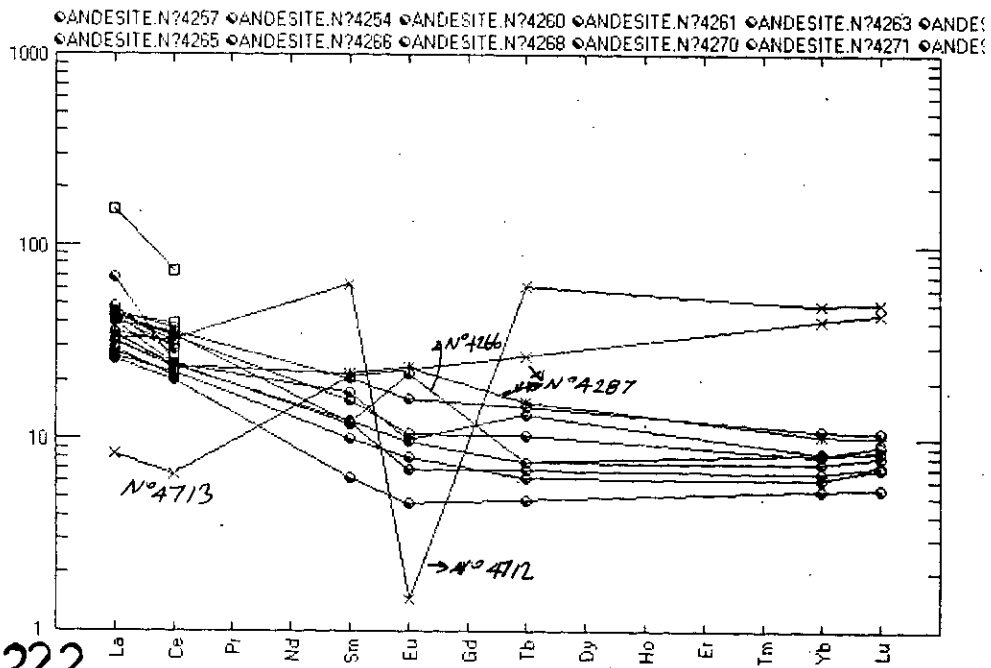


Fig.222

En résumé, on trouve deux groupes de roches (des roches d'affinités alcalines et des roches s'appartenant aux séries calco-alcalines des arcs insulaires). Mais on note aussi l'existence d'échantillons dont les courbes de terres rares plutôt plates leur confèrent des caractères des basaltes thoiétiques océaniques ou des arcs insulaires.

En fin les spectres des terres rares Basalte (l'échantillon de N°4255) de Ouarzazate ont les mêmes tendances qu'à ceux des schistes argileux d'âge paléozoïque de l'Amérique du Nord. (Fig. 23-1.2).

A:IPFE|OUARZAZA,ROC

Norm: PRIM

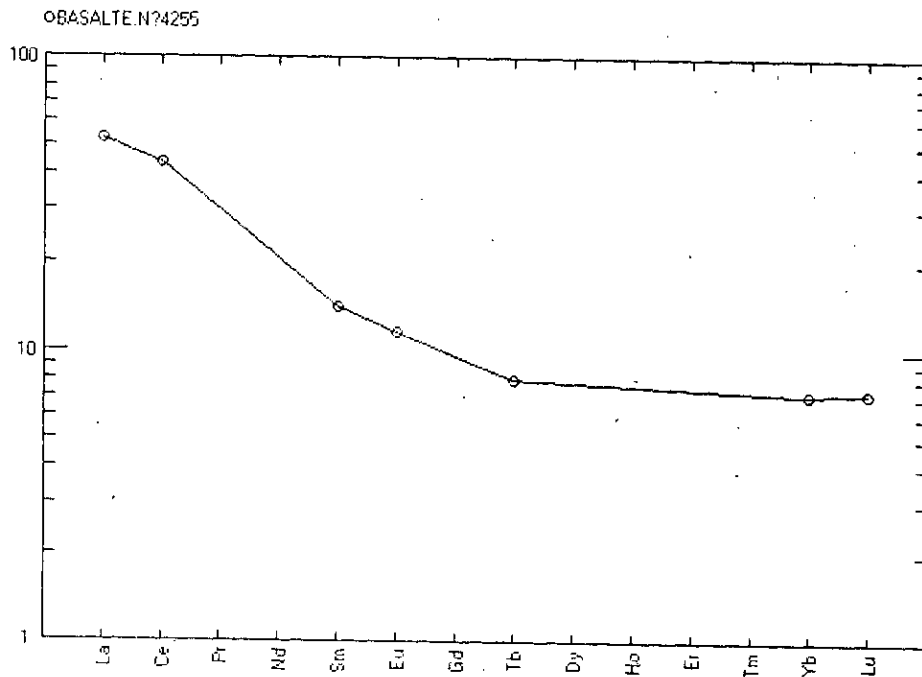


Fig.23.1

C:ITABL N°7.ROC

Norm: PRIM

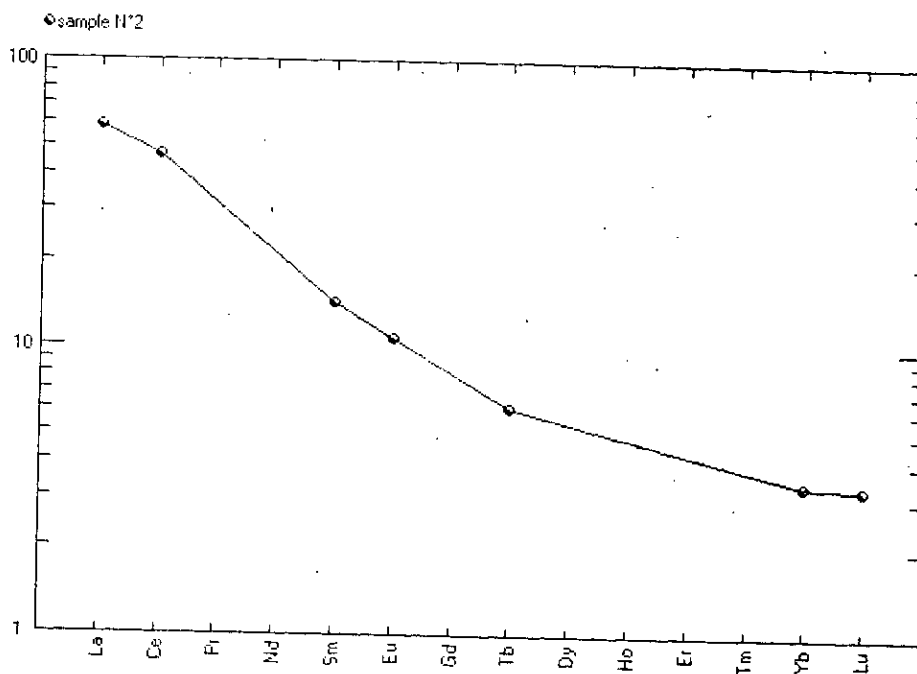


Fig.23.2

III/- Les zones de l'Adrar des Iforas:

1/- La zone de Tessalit:

Les profils des terres rares indiquent que les échantillons de cette zone sont caractérisés par des spectres inclinés, de ce fait ils sont enrichis en terres rares légères et déprimés en lourdes. (Fig. 24).

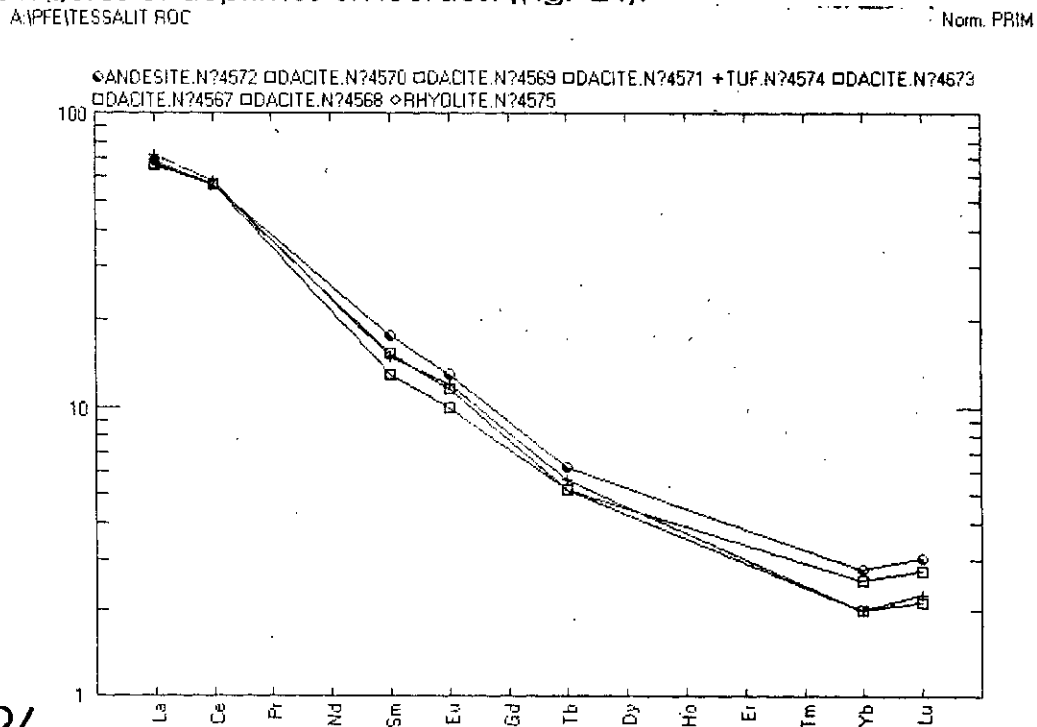


Fig 24

Notant que les spectres des terres rares des dacites (les échantillons N°4571 et N°4567) sont identiques à ceux des argiles post-archéennes. (Fig. 25-1.2)

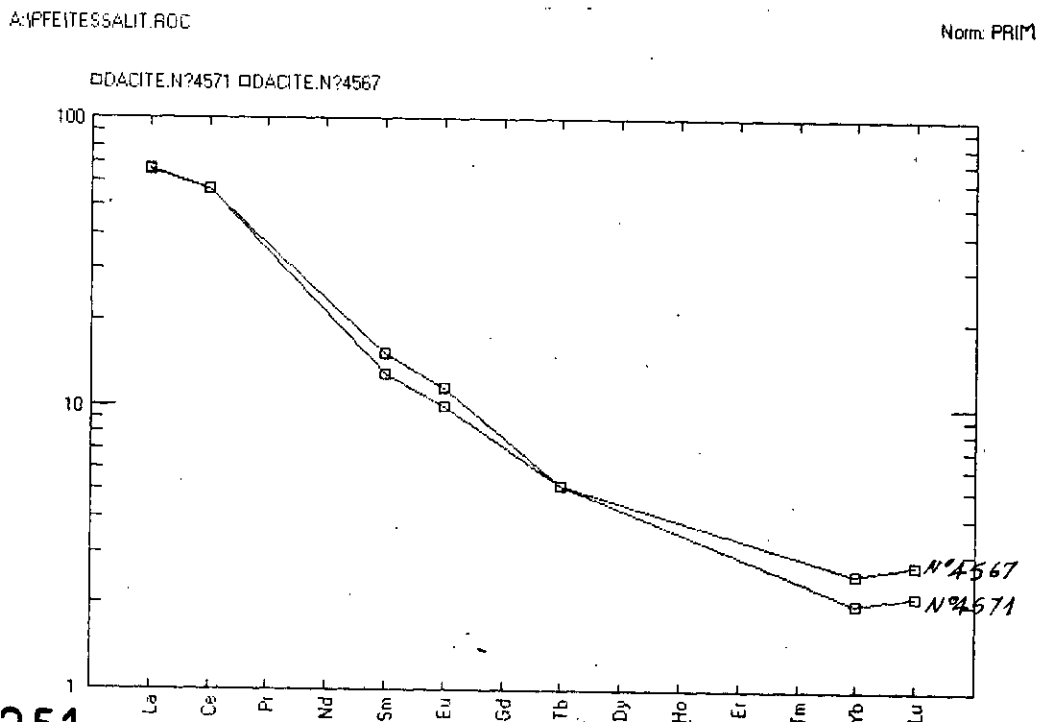


Fig.25.1

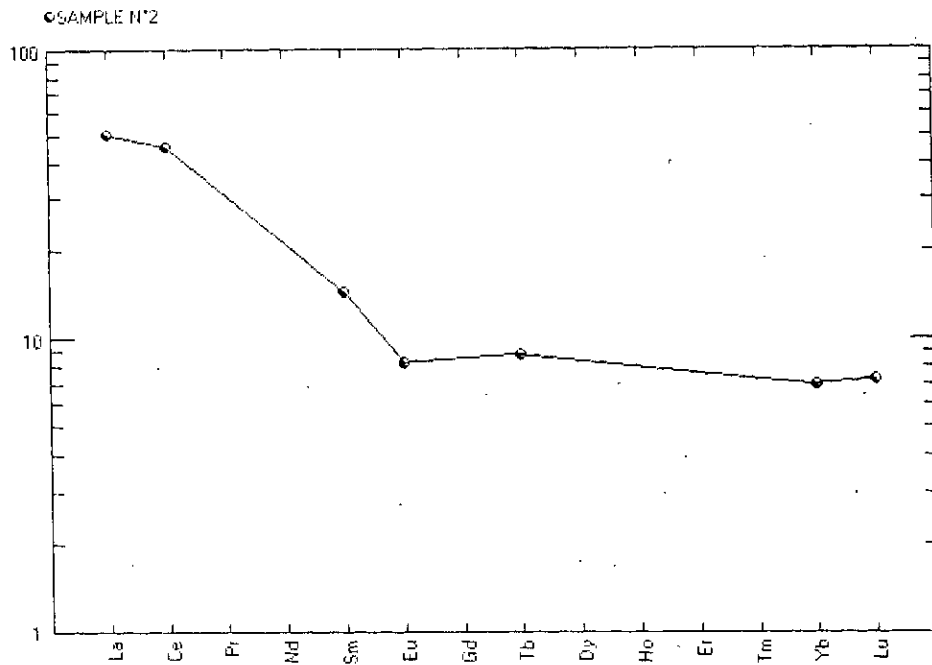


Fig.25.2

2/- La zone d'Oumassene :

- Les profils des terres rares montrent que les échantillons de cette zone ont pratiquement les mêmes spectres, ils sont donc très riches en terres rares légères mais relativement faible en lourdes, exceptionnellement pour l'échantillon Tuf N°4562 qui présente une teneur positive en Eu. (Fig. 26).

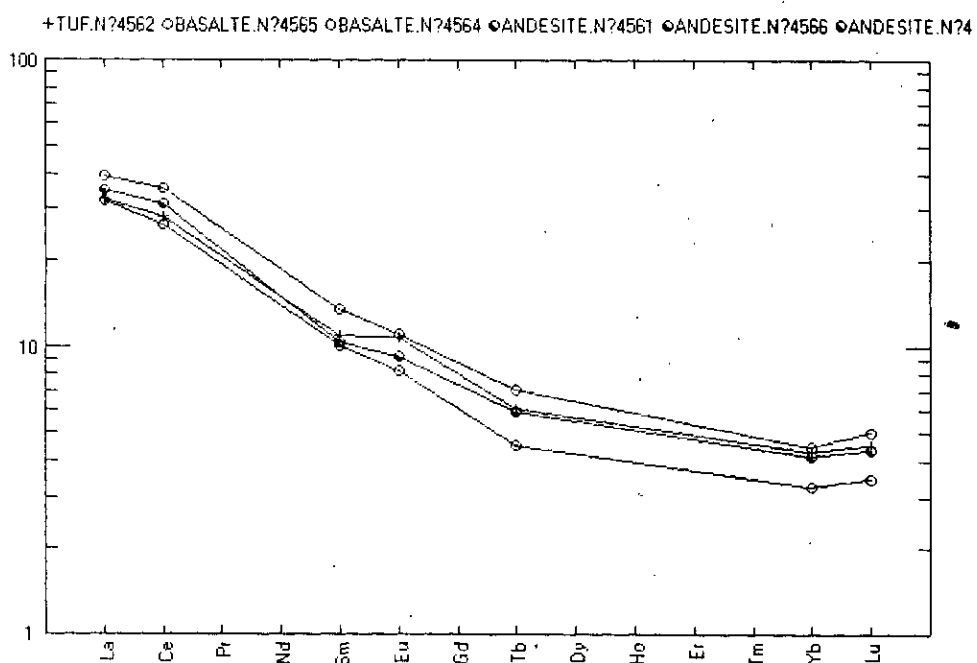
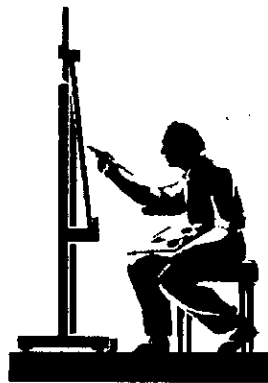


Fig.26

En concluant que les courbes de terres rares de la zone d'Oumassene montrent un chevauchement sur les domaines des séries andésitiques de marges continentales et d'arcs insulaires.



CONCLUSION GENERALE

Les séries volcaniques d'âge Protérozoïque supérieur - cambrien qui jalonnent la partie orientale et septentrionale du craton Ouest-Africain depuis l'Adrar des Iforas (Mali) et le Hoggar (Algérie) jusque dans l'Anti-Atlas (Maroc), sont situées dans un contexte géologique et structural relativement bien défini. Elle appartient à un ensemble dit orogénique connu sous le nom de chaîne panafricaine .

Les différents complexes volcaniques ont été étudiés sous divers aspect pétrographique, minéralogique et géochimique.

Dans l'ensemble, Les roches constituent des séries différenciées et comprennent des basaltes, andésites, dacites et rhyolites. La plupart des termes sont porphyriques et renferment une grande quantité de phénocristaux.

Les minéraux magmatiques sont représentés par l'olivine, le plagioclase, le clino- et orthopyroxène et les minéraux opaques (essentiellement la magnétite).

Toutefois, les roches volcaniques de la chaîne panafricaine ont subi des transformations dues au métamorphisme à haute T° et basse P et à l'altération hydrothermal qui les ont affectées . Celles-ci se traduit par l'existence d'assemblages minéralogiques secondaires composé principalement de chlorite, albite, épidote, séricite caractéristiques du faciès "schistes verts" , et d'une enrichissement en sodium et en potassium .

De point de vue géochimique , les teneurs absolues en terres rares ainsi les courbes de distribution de ces derniers indiquent que les séries ont dans l'ensemble, un caractère calco-alcalin.

Parmi les roches calco-alcalines, celles des zones de Tassendjanet-Ougda, de Gara Akofou et d'Oumassène rappellent les séries de marges continentale actives .

Les séries de zone de Ouarzazate, tant par les teneurs absolues en éléments en traces que par la relative abondance des termes basiques ($\text{SiO}_2 < 56 \%$), pourraient suggérer un contexte d'arc insulaire.

Le grand nombre de publications la multiplicité des hypothèses proposées prouvent la complexité des problèmes posés par l'origine des roches volcaniques dans les zones orogéniques.

Du point de vue genèse des magmas parentaux, les différents modèles proposés par M. Chikhaoui (1982) conduisent à proposer une source dans le manteau supérieur.

Parmi les hypothèses appliquées aux roches récentes, certaines suggèrent que l'enrichissement en terres rares s'effectue sous l'influence de l'eau libérée lors de la déshydratation de la plaque lithosphérique océanique en subduction (Mysen, 1978; Hawkesworth, 1979). D'autres hypothèses font appel à une contamination soit - de la source dans le manteau supérieur par les sédiments entraînés par la croûte océanique en subduction (Margaritz et al., 1978) soit - par des échanges dus à des phases fluidales, entre le magma calco-alcalin et la croûte continentale (Briquen et Lancelot, 1979).

Cependant, les considérations pétrogénétiques ne permettent pas, en elles mêmes, de proposer un contexte géodynamique très précis.

Caby (1970) avait déjà interprété les corps ultrabasiques et les essaims de dykes basiques et alcalins du Nord-Ouest du Hoggar comme les indices du fonctionnement d'un "paléo-riff" qui, vers 800 M.a., a conduit à une ouverture océanique (Caby, 1978; Bertrand et Caby, 1978; Dostal et al., 1979).

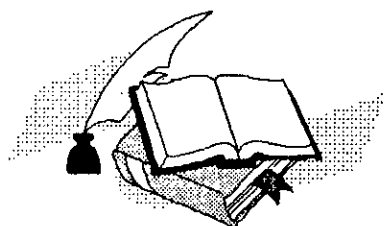
Dans l'Anti-Atlas, Leblanc (1975-1976) a montré que le complexe ophiolitique, témoin d'une lithosphère océanique d'âge vraisemblable protérozoïque supérieur (Leblanc et Lancelot, 1980).

Au cours de cet âge de l'événement pan-africain, la collision du bouclier Touareg avec le craton Ouest-Africain a entraîné une obduction des ophiolites sur la bordure septentrionale de ce dernier. Ce n'est que bien après la mise en place des plutons tardi-orogéniques panafricains (granodiorite de Bleida : ~615 M.a. ; Ducrot, 1979) que sont apparues les roches effusives de la formation de Ouarzazate.

Les travaux menés dans l'Adrar des Iforas (Caby, 1978; Black et al., 1980) ont conduit à proposer un modèle d'ouverture océanique (vers 800 M.a.) suivie d'une collision entre une marge continentale passive (craton Ouest-Africain) et une marge continentale active (Hoggar Occidental)

marquée par une structure le long de la bordure orientale du craton Ouest-Africain .

Les travaux récents ont montrés qu'au Hoggar plus particulièrement et en Afrique en général que les roches volcaniques de la série volcano-sédimentaire sont des coulées sous-marines , certaines structures en pillow-lavas , intercalées dans les sédiments de type plateau ou pente orientale . Ce volcanisme et de type spilite-Kératophyre à tendance alcaline et tholeito-calco-alcaline englobant des laves allant de la rhyolite aux basaltes à olivine . Ont notés l'absence de vestiges de la croûte océanique (complexe d'ophiolite) , de roches sédimentaires pélagiques et de schistes bleus , caractéristiques des zones de subduction . Il ont donc envisagé . Pour cet endroit une ouverture continentale large de type bassin ou un rift rapidement fermé suite à un serrage E W .



BIBLIOGRAPHIE

Abed (1983) :

Paleosuture à caractères ophiolitiques du Protérozoïque supérieur dans la région de Silet , Hoggar Occidental (Algérie) . Thèse 3^{eme} Cycle , Univer. Nancy-I, France .

Abouchamie W. (1990) :

Un événement volcanique majeur vers 2.1G.A. ,en Afrique de l'Ouest : un stade précoce d'accrétion crustale . Nancy . 155 P .

Allegre et Caby (1972) :

Chronologie absolue de l'Ahaggar occidental. C.R. Académie Sci. Paris , 275p.

Baja A. (1984).

Caractérisation pétrographique et géochimique des volcanismes pharusien I et II du Hoggar occidental (Algérie) : implication géodynamiques. DEA, université de Nancy; 26 p.

Bertrand J.M.L. (1986).

Nouvelles données de l'âge de la tectonique panafricaine dans le rameau oriental de la chaîne pharusienne (région de Timgaouine, Hoggar, Algérie). C.R. Académie des sciences, Paris II; 440 p.

Blaise (1967) :

Le précambrien de Tazat, Pub. Centr. Rech. Zone Arides . 8,pp/ 257-258.

Bonhome .M . (1962).

Contribution à l'étude géo-chronologique de la plate forme de l'Ouest Africain ; Ann. Fac, Sci, Univer. Clermont-Ferrand, N°5 , Fasc.5 .

Bouladon et jouravsky (1954).

Les ignimbrites de Précambrien III de Tionine et du Sud Marocain. Notes et Mém. Serv. Geol. Maroc, 120, 37-49.

Bouliers A.M.

L'unité granulitique des Iforas : une nappe de socle d'âge pan-africain précoce. *Bul. Serv. Géol. France*. 20, 877-882.

Boukhalfa L. (1987).

Diversité et signification géodynamique des complexes ultrabasiques et basiques d'âge protérozoïque supérieur du rameau pharusien de la chaîne panafricaine (Hoggar, Algérie). Thèse, Université de Nancy; 279 p.

Boullier A. et al. (1978).

L'unité granulitique des Iforas : une nappe de socle d'âge pan-africain , précoce . *Bull. Soc.Géol. France* 20 , 877-882 .

Chikhaoui M. (1981).

Les roches volcaniques du protérozoïque supérieur de la chaîne panafricaine (Hoggar, Anti-Atlas, Adrar des Iforas). Caractérisation géochimique et Minéralogique. Implications géodynamiques. Thèse d'état, Académie de Montpellier; 183 p.

Davisson .I . et Farbre .J . (1976).

La série volcanique d'Oumassène . (Adrar des Iforas , feuille Au NW) centre géologique et geophys. Montpellier , Rapport d'activité .1976. 50-51 .

Debon F. et Lefort P. (1983)

Classification chimico-minéralogique des roches plutoniques communes de leurs associations. Méthodes et Applications. C.R.P.G Nancy, 26 p.

Ferrara et Gravelle , (1969) :

Radiometric ages from Westen Ahaggar (Sahara) Suuggesting an eartern limit forthe west African craton - *Erth. Plan. Sci. Letters*, 1, 319-324.

Fouicault A. (1984).

Dictionnaire de géologie. Edition MASSON Paris, 347 p.

Gravelle M. (1969).

Recherches sur la géologie de l'Ahaggar centro-occidental dans la région de Silet-Tibéhaouine. Thèse d'état. Faculté des sciences de l'université de Paris; 298 p.

Recherche sur la géologie du socle précambrien de l'Ahaggar centro-occidental dans la région de Silet- Tibéhaouine, contribution à la reconnaissance géochronologique, géochimique et structurale des terrains cristallins du Sahara central. Thèse Sci ,Paris Vol 3.

Haddoum H. (1992).

Etude structurale des terrains archéens du Môle In Ouzal (Hoggar occidental, Algérie). USTBH Algérie. 214 p.

Kilian (1932).

reconnaissance géochronologique , géochimique et structurale des terrains cristallins du Sahara Centrale . Thèse Sci Paris . Vol 3 .

Lancelot I.R. et al. (1975).

Les systèmes U/Pb , chronomètres et traceurs de l'évolution des roches terrestres . Thèse , Paris VII 2809 .

Lancelot I.R. et al. (1975).

Les systèmes U/Pb , chronomètres et traceurs de l'évolution des roches terrestres . Thèse , Paris VII 2809 .

Lapique et al. (1986)

A major pan-African cristal decoupling zone in the Timgaouine area (Western Hoggar, Algeria), S. African Earth.Ser.

Leblanc .M . (1973).

Tectonique du précambrien II de Bou Azzer-ElGrara (Anti-ATLAS Central) . Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 249, 59-81.

Lelubre .M . (1952).

Recherches sur la géologie du socle précambrien de l'Ahaggar centra-Occidental dans la région de Silet-Tibéhaouine , contribution à la

Leyreloup (1977) :

Les enclaves catazonales granitique et charnockitiques du volcanisme alcalin neogène du bouclier Touareg (Idélés, n'Ajjer; Hoggar, Algérie). - Réun.ann. Sci : Terre. 319 p.

Lompo .M . (1991).

Etude géologique et structurale des séries Binimiennes de la région de Kwademen , Burkina-faso, Afrique de l'Ouest . Thèse de docteur : Clermont-Fernand II .

Lassel .K.F. (1990).

Les gneiss charnockitiques du socle archéen de l'In Ouzal (Hoggar , Algérie) , pétrologie , isotopes de l'oxygène , inclusions fluidales . Mein . D.E.A . 58 P ,4 PMC ,Paris .

Meriem D.E. (1987).

Données nouvelles sur les granitoïdes du pharusien de la région Timgaouine (Hoggar, Algérie). Pétrogenèse et évolution géodynamique. Thèse d'état, Université de Nancy I; 166 p.

Mossine pouchkine .A . Bertrand .S . (1958).

Les séries sédimentaires et volcaniques anorogéniques protérozoïques impliquées dans la chaîne pan-africaine , la région de l'Adrar Ahnet (NW , Hoggar , Algérie) , pour AFRIC . Ercth . Sci , 7.6.57-75 .

Triki M. (1995).

Caractérisation pétrographique et géochimique des roches magmatiques panafricaines de la zone de Silet-Timgaouine (Hoggar, Algérie). P.F.E. Alger, 68 p.

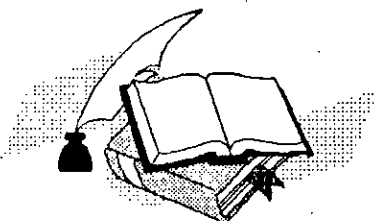
Violette .Y . et Vitel (1979).

Geochronological data on the Amsimassene-Tefedest block (Central Hoggar) and dence for polycyclic evolution . Precmb . Res ., 9.P .2416254 .

Vance (1965) :

Zoning in igneous plagioclase patchy zoning. S. Geol; 73 , 636-651.

ANNEXE



File Name	C:\DOS\TASSENDJ.ROC							
Sample	BASALTE.N?	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N
	2769	2716	2695	2679	2708	2661	2675	2686
SiO ₂	50.66	55.20	56.81	57.24	57.65	58.00	58.96	59.00
TiO ₂	2.89	0.84	0.82	0.92	0.84	0.71	0.81	0.87
Al ₂ O ₃	14.90	14.15	14.41	16.46	16.72	14.57	15.93	16.21
Fe ₂ O ₃	13.07	1.94	2.11	4.95	3.57	3.15	1.98	2.23
FeO	0.49	3.36	4.31	1.35	2.44	3.17	3.06	2.70
MnO	0.15	0.16	0.10	0.09	0.09	0.10	0.08	0.07
MgO	2.70	2.86	7.73	4.39	4.00	7.01	4.08	3.98
CaO	7.04	9.30	7.60	7.63	7.75	7.14	6.89	7.00
Na ₂ O	4.30	2.53	2.77	3.16	3.55	2.91	3.26	3.13
K ₂ O	1.28	2.45	0.90	1.04	0.98	1.48	1.12	1.20
P ₂ O ₅	0.70	0.46	0.23	0.23	0.26	0.20	0.24	0.24
Total	98.18	93.25	97.59	97.46	97.85	98.44	96.41	96.61
H ₂ O	1.48	2.88	2.74	2.84	2.44	1.84	2.86	3.17
CO ₂	0.94	3.90	-	-	-	-	-	-
Mg #	28.20	49.96	68.93	57.41	55.77	67.54	60.03	59.99
Cr	20	-	440	131	42	336	168	167
Ni	27	-	172	82	48	150	71	68
Co	40	-	35	24	25	34	22	17
Sc	21	-	21	16	18	19	14	-
V	243	-	146	147	140	141	135	130
Cu	40	-	59	66	59	65	53	56
Zn	123	-	67	58	60	62	55	45
K	10626	20338	7471	8633	8135	12286	9297	9962
Rb	22	66	28	26	17	26	30	32
Sr	481	782	900	1005	868	760	825	810
Li	14.00	23.00	10.00	10.00	12.00	11.00	11.00	10.00
Nb	20.0	12.0	13.0	13.0	12.0	13.0	15.0	13.0
Hf	-	-	3.40	4.30	-	3.50	-	-
Zr	234	187	168	191	161	162	204	192
Ti	17326	5036	4916	5515	5036	4256	4856	5216
Th	2.50	-	3.80	4.20	4.00	3.50	5.90	-
La	32.20	31.00	20.80	25.70	22.20	20.50	27.30	31.00
Ce	69.80	53.50	42.40	56.30	37.60	42.60	52.80	58.90
Sm	7.25	-	3.88	4.48	3.99	3.71	4.77	-
Eu	2.39	-	1.04	1.23	1.17	1.04	1.26	-
Tb	0.98	-	0.49	0.56	0.46	0.47	0.49	-
Yb	2.77	-	1.44	1.61	1.75	1.46	1.85	-
Lu	0.47	-	0.27	0.28	0.30	0.23	0.32	-
Density	2.53	2.51	2.55	2.49	2.50	2.52	2.49	2.48

File Name	C:\DOS\G-AKOFU.ROC									
Sample	BASALTE.??	BASALTE.N?	BASALTE.N?	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N	ANDESITE.N
	2987	2982	2981	2977	2992	2991	2974	2990	2972	2980
SiO ₂	49.57	52.32	53.43	53.57	54.85	54.84	55.00	55.04	55.20	55.20
TiO ₂	0.74	0.64	0.65	1.20	1.23	1.07	1.20	1.70	1.67	0.88
Al ₂ O ₃	12.26	14.40	14.24	17.16	17.15	18.31	17.15	15.10	15.08	17.43
Fe ₂ O ₃	3.71	7.66	6.30	5.63	4.07	2.96	4.58	5.59	6.29	3.26
FeO	5.55	0.57	2.07	2.70	3.36	3.70	3.48	4.28	3.42	3.45
MnO	0.17	0.13	0.14	0.13	0.16	0.10	0.12	0.14	0.12	0.10
MgO	13.70	9.00	9.06	3.26	2.56	2.97	3.07	2.97	3.04	3.10
CaO	8.55	8.01	7.52	6.17	7.75	7.70	7.05	6.24	5.97	6.23
Na ₂ O	1.87	2.35	2.42	3.84	2.96	3.27	3.23	2.85	2.76	4.23
K ₂ O	0.86	0.84	1.40	1.85	2.00	1.58	2.06	2.66	2.77	2.48
P ₂ O ₅	-	0.16	0.17	0.17	0.37	0.38	0.33	0.35	0.55	0.54
Total	96.98	96.08	97.40	95.68	96.26	96.86	97.27	96.92	96.87	98.90
H ₂ O	2.61	2.62	1.76	2.52	1.43	2.29	1.19	1.35	1.83	2.55
CO ₂	0.34	0.24	-	0.59	1.46	-	-	1.17	0.45	-
Mg #	73.31	68.25	67.60	42.79	39.38	45.41	41.85	36.24	37.37	46.39
Cr	1130	628	676	25	29	59	-	15	19	-
Ni	340	211	220	28	23	33	-	34	31	-
Co	55	40	42	26	23	20	-	32	26	-
Sc	31	-	28	-	-	18	-	-	-	-
V	201	140	153	202	224	175	-	244	258	-
Cu	65	38	34	112	76	43	-	221	175	-
Zn	74	63	65	80	86	68	-	94	95	-
K	7139	6973	11622	15357	16603	12950	17101	22081	22995	20587
Rb	15	10	19	23	19	22	28	42	50	71
Ba	460	1200	880	1435	1140	1175	1240	1230	1380	740
Sr	265	437	344	452	306	576	400	263	284	463
Li	10.00	9.00	9.00	14.00	10.00	13.00	7.00	16.00	12.00	7.00
Hf	7.0	10.0	13.0	14.0	-	13.0	-	18.0	-	-
Hf	1.60	-	3.30	-	-	4.60	-	-	-	-
Zr	90	147	142	193	-	193	-	282	-	-
Ti	4436	3837	3897	7194	7374	6415	7194	10192	10012	5276
Th	1.70	-	3.70	-	-	4.20	-	-	-	-
La	11.70	26.00	22.60	41.00	-	29.30	-	50.00	-	-
Ce	25.50	45.80	39.80	68.40	-	57.60	-	35.70	-	-
Sm	2.72	-	4.06	-	-	5.10	-	-	-	-
Eu	0.81	-	1.05	-	-	1.41	-	-	-	-
Tb	0.38	-	0.55	-	-	0.70	-	-	-	-
Yb	1.62	-	2.23	-	-	2.50	-	-	-	-
Lu	0.28	-	0.36	-	-	0.41	-	-	-	-
Density	2.66	2.55	2.55	2.51	2.51	2.52	2.51	2.52	2.51	2.49

File Name	C:\DOS\G-AKOFU.ROC									
Sample	ANDESITE.N 2979	ANDESITE.N 2976	ANDESITE.N 2973	ANDESITE.N 2979	ANDESITE.N 2978	ANDESITE.N 2974	ANDESITE.N 2973	ANDESITE.N 2975	ANDESITE.N 2986	ANDESITE.N 2975
SiO ₂	55.44	56.32	56.41	56.83	57.00	57.98	58.25	58.55	58.64	58.70
TiO ₂	1.72	1.24	0.98	0.87	0.93	1.04	0.99	0.99	0.95	1.30
Al ₂ O ₃	14.81	16.12	16.98	17.23	16.88	15.10	15.54	15.50	16.30	15.51
Fe ₂ O ₃	5.98	3.47	3.02	2.71	5.58	3.50	4.26	4.61	4.92	4.31
FeO	8.71	4.63	3.96	4.08	1.81	4.14	3.39	3.22	1.95	3.30
MnO	0.13	0.14	0.10	0.10	0.10	0.13	0.12	0.11	0.12	0.16
MgO	2.91	2.72	3.20	3.20	3.06	2.75	2.82	2.35	2.96	2.35
CaO	5.97	6.11	6.47	6.82	6.82	6.80	5.28	5.07	5.37	4.68
Na ₂ O	2.90	3.41	3.02	3.50	3.10	2.82	3.38	3.32	3.35	3.73
K ₂ O	2.72	2.52	2.27	2.01	2.60	1.07	2.51	2.63	2.55	2.94
P ₂ O ₅	0.24	0.55	0.42	0.27	0.24	0.26	0.28	0.28	0.28	0.29
Total	101.53	97.23	96.83	97.42	98.12	95.59	96.82	96.63	97.39	97.27
H ₂ O	2.25	1.93	2.17	1.66	0.97	2.34	1.72	1.93	1.73	1.66
CO ₂	-	-	0.17	-	-	1.22	-	-	-	-
Mg #	26.90	38.47	46.06	46.66	44.39	40.20	41.03	36.24	45.27	36.84
Cr	14	16	41	39	-	18	21	17	-	11
Ni	31	17	31	31	-	17	13	17	-	9
Co	29	24	21	23	-	23	19	23	-	18
Sc	21	-	-	-	-	-	20	21	-	-
V	250	196	179	159	-	202	198	202	-	173
Cu	167	113	59	65	-	62	60	113	-	67
Zn	92	84	73	64	-	75	76	73	-	88
K	22580	20919	18844	16686	21583	8882	20836	21832	21168	24406
Rb	46	38	67	50	59	24	48	50	56	59
Ba	1325	1320	960	895	300	1250	1185	1250	1250	1445
Sr	286	353	408	415	373	480	326	350	382	317
Li	12.00	10.00	12.00	10.00	8.00	6.00	9.00	12.00	14.00	9.00
Nb	17.0	13.0	13.0	11.0	13.0	14.0	16.0	13.0	-	16.0
Hf	6.70	-	-	-	-	-	4.80	4.90	-	-
Zr	276	224	184	162	165	207	201	196	-	239
Ti	10311	7434	5875	5216	5575	6235	5935	5935	5695	7793
Th	8.10	-	-	-	-	-	5.00	5.30	-	-
La	49.50	39.28	36.50	24.28	24.30	34.80	32.60	32.60	-	43.20
Ce	99.40	73.20	50.40	48.00	49.90	64.80	67.00	65.10	-	83.80
Sm	8.21	-	-	-	-	-	5.45	5.50	-	-
Eu	1.85	-	-	-	-	-	1.35	1.40	-	-
Tb	1.08	-	-	-	-	-	0.73	0.87	-	-
Yb	4.02	-	-	-	-	-	2.84	2.38	-	-
Lu	0.66	-	-	-	-	-	0.46	0.46	-	-
Density	2.58	2.51	2.50	2.50	2.48	2.50	2.48	2.47	2.46	2.47

File Name C:\DOS\G-AKOFU.ROC
Sample ANDESITE.N
1984

SiO ₂	60.20
TiO ₂	0.93
Al ₂ O ₃	14.76
Fe ₂ O ₃	5.48
FeO	2.13
MnO	0.11
MgO	2.36
CaO	5.08
Na ₂ O	2.70
K ₂ O	3.57
P ₂ O ₅	0.28
Total	97.60

H ₂ O	1.66
CO ₂	-

Mg #	37.33
------	-------

Cr	20
Ni	17
Co	21
Sc	22
V	174
Cu	65
Zn	68

K	29636
Rb	69
Ba	1140
Sr	283
Li	8.00

Nb	14.0
Hf	5.30
Zr	197
Ti	5575
Th	5.60

La	36.30
Ce	70.90
Sm	6.13
Eu	1.50
Tb	0.83
Yb	3.00
Lu	0.51

Density	2.45
---------	------

File Name	C:\DOS\OUARZAZA.ROC									
Sample	ANDBSITE.N 4276	ANDBSITE.N 4277	DACITB.N?4 4278	BRRCHB.N?4 4279	DACITB.N?4 4280	DACITB.N?4 4281	EPIDOTB.N? 4287	CHLORITB.N 4212	CHLORITB.N 4713	
SiO ₂	59.32	60.14	64.67	67.33	68.93	69.84	39.86	44.30	30.00	
TiO ₂	0.87	0.73	0.38	0.35	0.39	0.31	1.56	0.18	0.04	
Al ₂ O ₃	14.97	16.72	14.26	14.33	14.15	12.27	19.92	18.46	19.90	
Fe ₂ O ₃	9.64	5.30	4.45	3.21	3.95	5.11	13.34	12.37	19.50	
MnO	0.07	0.05	0.07	0.06	0.09	0.06	0.34	0.40	0.62	
MgO	0.43	1.66	1.05	1.56	0.55	0.13	1.77	12.65	20.00	
CaO	0.45	3.60	1.41	1.19	0.07	0.18	19.32	0.10	0.01	
Na ₂ O	0.15	4.16	1.72	4.09	4.03	0.12	0.02	2.18	0.37	
K ₂ O	11.80	3.20	8.58	3.96	5.51	9.81	0.83	2.40	0.57	
P ₂ O ₅	0.36	0.28	0.14	0.07	0.11	0.10	0.25	0.06	0.03	
Total	98.06	95.84	96.73	96.15	97.78	97.93	97.21	93.10	91.04	
H ₂ O	0.85	2.78	2.39	2.49	1.24	0.96	2.28	6.50	9.20	
CO ₂	-	1.02	-	-	-	-	-	-	-	
Hg #	8.12	38.28	31.85	49.04	21.61	4.80	20.81	66.94	67.01	
Cr	18	8	12	11	8	14	83	47	52	
Ni	16	7	6	7	3	3	63	19	27	
Co	14	7	6	6	5	3	41	46	70	
Sc	-	15	-	-	-	-	27	19	20	
V	61	134	50	50	50	70	287	132	175	
Cu	40	4	3	2	32	3	10	2600	1820	
Zn	25	22	46	38	47	9	-	480	660	
K	97955	26564	71225	32873	45740	81436	6890	19923	4732	
Rb	216	56	139	106	90	163	17	44	12	
Ba	877	645	1745	1169	941	8500	185	298	71	
Sr	10	246	79	162	68	255	1306	40	4	
Li	6.00	39.00	13.00	27.00	9.00	5.00	-	103.00	160.00	
Nb	2.0	9.0	10.0	12.0	14.0	10.0	7.0	-	-	
Hf	-	4.00	-	-	-	-	3.20	13.40	16.90	
Zr	106	157	134	120	265	114	173	-	-	
Ti	5216	4376	2278	2098	2338	1858	9352	1079	240	
Th	-	2.80	-	-	-	-	0.50	38.30	39.10	
La	20.60	17.00	27.00	28.00	28.00	97.20	21.80	21.40	5.20	
Ce	37.70	35.20	43.90	54.40	62.30	117.10	38.50	51.80	10.30	
Sm	-	4.00	-	-	-	-	8.67	25.40	8.45	
Eu	-	1.21	-	-	-	-	3.53	0.22	-	
Tb	-	0.61	-	-	-	-	1.51	6.00	2.61	
Yb	-	2.74	-	-	-	-	4.59	21.90	17.90	
Lu	-	0.46	-	-	-	-	0.68	3.31	2.90	
Density	2.37	2.40	2.35	2.35	2.33	2.32	2.67	2.56	2.74	

File Name C:\DOS\OUARZAZA.ROC

Sample	ANDBSITE.N 4264	ANDBSITE.N 4265	ANDBSITE.N 4266	ANDBSITE.N 4268	ANDBSITE.N 4270	ANDBSITE.N 4271	ANDBSITE.N 4272	ANDBSITE.N 4273	ANDBSITE.N 4274	ANDBSITE.N 4275
SiO ₂	54.55	54.83	55.90	55.16	55.90	56.28	56.96	57.29	57.46	59.12
TiO ₂	1.19	0.74	1.09	0.68	1.27	0.74	0.80	1.19	0.90	0.88
Al ₂ O ₃	14.94	17.40	17.14	17.30	16.43	16.01	16.63	16.99	15.66	16.02
Fe ₂ O ₃	11.44	7.52	9.03	7.20	8.53	8.45	7.19	8.34	6.94	8.18
MnO	0.19	0.22	0.13	0.16	0.13	0.15	0.14	0.07	0.23	0.08
MgO	0.54	3.91	2.84	2.17	2.57	2.41	3.81	1.55	4.07	2.39
CaO	1.87	1.13	2.94	3.11	1.26	2.26	6.08	0.96	3.75	0.44
Na ₂ O	0.13	3.40	4.87	5.56	4.64	5.04	3.82	4.91	4.38	2.36
K ₂ O	12.09	7.03	2.52	4.47	5.22	4.40	2.46	5.97	4.01	8.74
P ₂ O ₅	0.24	0.20	0.20	0.18	0.40	0.18	0.17	0.48	0.27	0.27
Total	97.18	96.38	96.66	95.99	96.35	95.92	98.06	97.75	97.67	98.48
H ₂ O	0.92	2.50	2.92	1.36	2.05	2.26	2.07	1.53	2.17	2.01
CO ₂	1.15	0.60	1.30	2.20	0.63	0.90	-	-	0.45	-
Mg #	8.55	50.73	38.38	37.38	37.37	36.10	51.21	26.90	53.73	36.65
Cr	120	16	14	10	20	10	59	10	52	15
Ni	23	10	19	9	10	10	29	12	50	10
Co	10	10	16	15	16	10	16	10	20	10
Sc	17	-	20	-	20	-	-	17	-	16
V	50	97	203	73	150	161	165	95	120	78
Cu	31	12	10	6	4	10	46	12	5	10
Zn	14	-	-	93	98	-	73	-	198	-
K	100363	58358	20919	37107	43333	36526	20421	49559	33288	72553
Rb	268	196	66	115	100	126	66	141	121	246
Ba	2189	2335	353	1383	1324	921	636	1065	1208	1500
Sr	110	254	216	156	86	136	459	70	313	57
Li	8.00	-	-	40.00	30.00	-	44.00	-	29.00	-
Nb	1.0	11.0	9.0	11.0	17.0	9.0	9.0	22.0	12.0	13.0
Hf	3.40	-	3.00	-	5.90	-	-	6.50	-	5.00
Zr	92	116	119	99	212	96	131	286	220	196
Ti	7134	4436	6535	4077	7614	4436	4796	7134	5396	5276
Th	1.50	-	2.70	-	7.80	-	-	8.70	-	7.40
La	42.80	30.60	25.20	17.80	22.00	18.80	20.00	25.30	26.40	27.90
Ce	39.20	45.80	39.10	34.30	38.40	33.30	37.50	56.60	48.20	54.50
Sm	7.00	-	4.72	-	4.99	-	-	8.21	-	4.89
Bu	1.47	-	3.26	-	1.44	-	-	2.41	-	1.04
Tb	1.31	-	0.74	-	0.74	-	-	1.44	-	0.67
Yb	3.77	-	3.26	-	3.66	-	-	4.85	-	2.94
Lu	0.56	-	0.53	-	0.60	-	-	0.71	-	0.47
Density	2.41	2.42	2.44	2.42	2.42	2.42	2.46	2.40	2.44	2.39

File Name C:\DOS\OUARZAZA.ROC

Sample	BASALTB.N? 4250	BASALTB.N? 4251	BASALTB.N? 4252	BASALTB.N? 4255	ANDBSITB.N 4256	ANDBSITB.N 4257	ANDBSITB.N 4259	ANDBSITB.N 4260	ANDBSITB.N 4261	ANDBSITB.N 4263
SiO ₂	51.50	52.09	52.22	52.71	53.34	53.53	53.72	53.82	53.83	54.10
TiO ₂	0.97	2.42	1.01	1.30	0.99	1.37	0.64	1.27	1.50	1.64
Al ₂ O ₃	16.92	15.15	18.35	16.59	16.75	17.14	16.46	17.43	17.24	16.75
Fe ₂ O ₃	8.25	11.75	8.77	8.77	8.40	8.94	9.12	9.16	8.32	8.60
MnO	0.16	0.12	0.16	0.25	0.15	0.19	0.17	0.14	0.18	0.22
MgO	4.81	1.81	4.09	5.14	2.39	3.31	3.75	3.33	3.44	4.07
CaO	6.81	8.75	6.01	2.48	4.44	6.46	1.76	1.93	5.71	1.75
Na ₂ O	3.83	4.33	4.32	3.49	3.77	3.31	4.01	3.44	3.48	4.92
K ₂ O	3.17	0.99	1.58	5.01	3.32	3.36	6.31	2.23	3.75	3.71
P ₂ O ₅	0.23	0.72	0.23	0.34	0.22	0.40	0.17	0.40	0.39	0.43
Total	96.65	98.13	96.74	96.08	93.77	98.01	96.11	93.15	97.84	96.19
H ₂ O	2.68	2.00	3.06	2.63	3.54	1.92	2.38	1.29	1.68	2.58
CO ₂	-	-	0.61	1.02	2.15	-	1.10	-	0.90	0.75
Hg #	53.59	23.38	48.01	53.72	36.04	42.30	44.88	41.86	45.02	48.38
Cr	78	97	40	9	47	35	19	39	30	10
Ni	72	22	24	18	28	33	13	34	24	10
Co	29	5	15	24	15	19	21	21	19	13
Sc	20	22	-	25	-	25	20	-	-	-
V	190	175	180	182	149	230	111	217	188	189
Cu	9	8	16	52	10	107	5	115	83	17
Zn	86	34	168	207	-	161	142	86	100	-
K	26315	8218	13116	41590	27560	27892	52381	18512	31130	30798
Rb	106	12	28	134	87	87	143	59	107	84
Ba	755	209	493	1148	281	895	1360	622	913	1202
Sr	665	1680	446	946	143	467	80	359	416	110
Li	37.00	41.00	37.00	90.00	-	30.00	48.00	19.00	39.00	-
Nb	11.0	16.0	9.0	17.0	7.0	11.0	8.0	12.0	18.0	19.0
Hf	3.30	5.60	-	4.70	-	5.20	2.80	-	-	-
Zr	155	287	131	215	134	194	96	198	231	218
Ti	5815	14508	6055	7793	5935	8213	3837	7614	8993	9832
Th	2.60	2.60	-	6.60	-	6.50	3.30	-	-	-
La	18.80	42.40	18.00	32.90	22.00	27.20	16.20	22.40	28.80	28.00
Ce	37.80	88.80	35.30	69.40	44.00	53.40	32.50	50.30	58.60	51.00
Sm	4.78	7.98	-	5.67	-	6.30	2.50	-	-	-
Bu	1.25	2.60	-	1.73	-	1.60	0.70	-	-	-
Tb	0.58	0.97	-	0.78	-	1.01	0.47	-	-	-
Yb	2.40	2.49	-	3.15	-	3.62	2.36	-	-	-
Lu	0.39	0.38	-	0.48	-	0.57	0.36	-	-	-
Density	2.49	2.52	2.49	2.46	2.45	2.48	2.43	2.45	2.47	2.45

File Name	C:\DOS\QUARZAZA.ROC									
Sample	BASALTB.N? 4240	BASALTB.N? 4241	BASALTB.N? 4242	BASALTB.N? 4243	BASALTB.N? 4244	BASALTB.N? 4245	BASALTB.N? 4246	BASALTB.N? 4247	BASALTB.N? 4248	BASALTB.N? 4249
SiO ₂	48.69	48.72	48.88	49.31	49.45	49.49	49.85	50.25	50.40	50.63
TiO ₂	1.60	1.66	2.36	1.59	0.71	1.71	1.12	2.41	1.75	0.72
Al ₂ O ₃	16.14	16.84	15.89	16.62	15.38	16.93	14.99	13.96	15.64	12.65
Fe ₂ O ₃	10.79	11.69	10.75	10.68	9.87	10.52	8.23	13.93	11.15	8.52
MnO	0.28	0.27	0.22	0.27	0.29	0.19	0.11	0.18	0.20	0.38
MgO	5.61	6.89	6.22	5.94	2.53	4.79	2.69	4.46	4.92	3.65
CaO	5.92	1.27	3.05	5.31	10.02	4.02	7.69	3.51	4.22	10.30
Na ₂ O	4.07	5.05	3.37	4.29	5.91	3.55	5.41	3.47	4.60	6.09
K ₂ O	2.32	2.45	4.49	2.34	0.18	3.88	2.88	4.05	2.53	0.10
P ₂ O ₅	0.43	0.46	0.68	0.41	0.13	0.45	0.29	0.80	0.49	0.14
Total	95.85	95.30	95.91	96.76	94.47	95.53	93.26	97.02	95.90	93.18
H ₂ O	3.36	3.34	3.92	1.90	2.67	3.10	1.77	2.45	2.99	2.69
CO ₂	-	0.47	-	1.52	2.53	0.93	4.76	0.81	0.42	2.54
Mg #	50.73	53.86	53.40	52.41	33.67	47.42	39.29	38.80	46.63	45.90
Cr	99	79	5	108	130	38	158	13	47	185
Ni	61	61	5	75	25	52	386	22	49	25
Co	32	21	19	26	11	22	29	29	27	13
Sc	-	27	-	-	-	-	24	-	-	-
V	230	186	192	230	207	230	134	261	242	161
Cu	17	10	528	10	10	16	34	25	25	10
Zn	311	-	389	-	84	-	-	327	191	51
K	19259	20338	37273	19425	1494	32209	23908	33620	21002	830
Rb	65	61	79	65	4	106	74	89	68	1
Ba	1166	919	867	1347	151	1252	518	779	839	39
Sr	472	258	361	504	1197	286	168	90	205	374
Li	72.00	-	43.00	-	17.00	-	-	32.00	48.00	9.00
Nb	13.0	15.0	15.0	14.0	2.0	13.0	14.0	20.0	11.0	3.0
Hf	-	5.10	-	-	-	-	5.60	-	-	-
Zr	219	213	195	211	102	219	214	403	248	73
Ti	9592	9952	14148	9532	4256	10251	6714	14448	10491	4316
Th	-	2.30	-	-	-	-	3.00	-	-	-
La	30.00	24.90	22.00	31.00	8.40	32.00	55.10	33.00	25.00	8.00
Ce	57.90	54.70	52.70	61.80	21.60	62.30	113.00	79.00	57.70	19.70
Sm	-	6.93	-	-	-	-	7.91	-	-	-
Nu	-	1.81	-	-	-	-	1.90	-	-	-
Tb	-	0.91	-	-	-	-	0.96	-	-	-
Yb	-	3.62	-	-	-	-	4.00	-	-	-
Lu	-	0.57	-	-	-	-	0.59	-	-	-
Density	2.52	2.50	2.50	2.52	2.52	2.49	2.48	2.50	2.50	2.51

File Name C:\DOS\OUARZAZA.ROC

Sample	BASALTE.N? 4230	BASALTE.N? 4231	BASALTE.N? 4232	BASALTE.N? 4233	BASALTE.N? 4234	BASALTE.N? 4235	BASALTE.N? 4236	BASALTE.N? 4237	BASALTE.N? 4238	BASALTE.N? 4239
SiO ₂	45.47	45.85	46.23	46.59	46.74	47.77	48.30	48.45	48.66	48.67
TiO ₂	1.91	1.83	2.61	1.76	1.75	1.67	1.88	1.62	2.51	1.81
Al ₂ O ₃	14.29	17.08	15.50	17.25	16.72	17.07	16.83	16.50	14.20	15.92
Fe ₂ O ₃	12.74	9.63	12.79	13.76	11.57	11.85	9.94	10.75	13.87	12.46
MnO	0.16	0.21	0.19	0.10	0.16	0.19	0.16	0.22	0.20	0.19
MgO	4.95	11.45	5.91	6.60	9.61	8.06	9.59	5.27	4.62	4.73
CaO	7.16	2.05	6.98	2.54	2.52	3.31	2.45	6.42	4.27	5.54
Na ₂ O	4.76	3.98	4.99	3.22	5.16	5.09	5.42	3.77	3.73	3.35
K ₂ O	2.01	2.13	0.24	2.84	0.59	1.00	0.61	2.77	3.69	4.14
P ₂ O ₅	0.56	0.25	0.56	1.02	0.26	0.22	0.27	0.46	0.76	0.53
Total	94.01	94.46	96.00	95.68	95.08	96.23	95.45	96.23	96.51	97.34
H ₂ O	3.95	4.16	3.24	4.68	4.21	3.11	3.85	3.31	3.05	2.38
CO ₂	2.51	1.34	-	-	0.32	0.93	0.70	-	0.67	-
Hg #	43.49	70.19	47.78	48.72	62.19	57.39	65.64	49.26	39.75	42.92
Cr	68	64	200	85	65	58	63	98	17	71
Ni	45	22	128	40	81	16	21	63	28	65
Co	25	61	31	13	41	46	48	33	29	32
Sc	31	-	34	-	-	-	26	30	-	-
V	251	147	282	191	161	160	147	230	235	244
Cu	31	4	5	11	10	8	4	28	15	70
Zn	147	169	171	-	-	137	131	258	335	100
K	16686	17682	1992	23576	4898	8301	5064	22995	30632	34367
Rb	37	38	3	118	12	21	11	86	89	136
Ba	328	658	69	243	133	326	169	1057	949	2415
Sr	185	186	363	45	183	332	195	624	101	792
Li	39.00	219.00	48.00	-	-	105.00	126.00	58.00	30.00	30.00
Nb	13.0	9.0	13.0	13.0	10.0	11.0	10.0	16.0	19.0	13.0
Hf	7.10	-	6.20	-	-	-	3.60	5.80	-	-
Zr	255	153	247	293	145	144	156	229	374	265
Ti	11450	10971	15647	10551	10491	10012	11271	9712	15047	10851
Th	5.60	-	0.90	-	-	-	0.80	4.50	-	-
La	33.00	11.60	9.50	23.00	7.40	13.50	6.50	28.20	39.00	44.00
Ce	79.40	23.60	27.90	57.20	15.30	29.20	17.30	66.00	85.20	78.70
Sm	11.16	-	6.17	-	-	-	3.33	9.37	-	-
Bu	2.47	-	1.83	-	-	-	1.20	2.16	-	-
Tb	1.58	-	1.14	-	-	-	0.70	1.28	-	-
Yb	5.12	-	4.84	-	-	-	3.15	4.21	-	-
Lu	0.77	-	0.73	-	-	-	0.49	0.64	-	-
Density	2.54	2.55	2.56	2.53	2.55	2.53	2.53	2.52	2.52	2.52

File Name C:\DOS\TESSALIT.ROC

Sample	ANDESITE.N 4572	DACITE.N?4 4570	DACITE.N?4 4569	DACITE.N?4 4571	TUF.N?4574 4574	DACITE.N?4 4573	DACITE.N?4 4567	DACITE.N?4 4568	RHYOLITE.N 4575
SiO ₂	59.80	61.34	62.40	62.50	63.40	65.00	65.40	66.69	75.60
TiO ₂	1.16	1.03	1.07	0.96	1.13	1.08	0.90	0.80	0.08
Al ₂ O ₃	14.20	14.30	14.95	15.66	15.35	14.40	14.87	14.33	13.22
Fe ₂ O ₃	4.84	4.51	5.32	4.04	4.75	5.19	4.35	4.00	1.60
MnO	0.08	0.08	0.06	0.08	0.05	0.10	0.09	0.05	0.34
MgO	1.48	2.26	1.09	1.91	1.39	2.03	1.38	0.59	0.30
CaO	5.34	3.97	2.94	2.68	2.92	1.60	2.06	2.07	0.63
Na ₂ O	3.50	3.18	6.06	5.30	5.85	4.45	5.70	5.44	3.76
K ₂ O	3.50	3.73	2.42	4.73	3.72	2.24	2.00	3.57	2.58
P ₂ O ₅	0.47	0.42	0.40	0.42	0.54	0.40	0.35	0.34	0.03
Total	94.37	94.82	96.71	98.28	99.10	96.47	97.10	97.88	98.14
H ₂ O	3.52	3.74	1.92	0.78	0.57	1.79	1.69	0.91	1.49
CO ₂	1.58	0.70	0.45	-	-	0.40	0.25	0.25	-
Mg #	37.72	49.81	28.86	48.35	36.69	43.65	38.59	22.61	27.08
Cr	51	38	42	33	50	43	37	35	6
Ni	36	32	29	26	30	40	30	22	4
Co	15	15	13	13	13	18	18	10	3
Sc	8	-	-	5	6	-	5	-	-
V	88	86	84	79	54	83	58	41	10
Cu	74	54	7	41	5	152	42	5	3
Zn	83	95	57	98	51	120	78	44	125
K	29055	30964	20089	39265	30881	18595	16603	29636	21417
Rb	77	82	35	48	43	73	54	48	132
Ba	1090	1100	1235	2285	1865	860	910	1550	120
Sr	575	550	810	1100	1160	490	700	1240	70
Li	17.00	23.00	9.00	5.00	5.00	18.00	10.00	9.00	8.00
Hf	6.00	-	-	5.20	5.50	-	5.70	-	-
Ti	6954	6175	6415	5755	6774	6355	5396	4796	480
Th	4.80	-	-	4.50	4.40	-	5.20	-	-
La	43.30	-	-	41.80	45.40	-	42.10	-	-
Ce	89.80	-	-	89.70	92.30	-	90.20	-	-
Sm	7.03	-	-	6.07	5.96	-	5.16	-	-
Eu	1.95	-	-	1.74	1.79	-	1.50	-	-
Tb	0.61	-	-	0.51	0.55	-	0.51	-	-
Yb	1.23	-	-	0.89	0.89	-	1.13	-	-
Lu	0.20	-	-	0.14	0.15	-	0.18	-	-
Density	2.41	2.40	2.39	2.38	2.38	2.38	2.37	2.36	2.32

File Name	C:\DOS\OUMASSEW.ROC					
Sample	TUP.N?4562	BASALTB.N?	BASALTB.N?	ANDRSITB.N	ANDRSITB.N	ANDRSITB.N
	4562	4565	4564	4561	4566	4563
SiO ₂	48.80	49.84	51.52	53.12	54.06	62.30
TiO ₂	1.04	1.45	1.17	0.99	1.18	0.62
Al ₂ O ₃	18.10	17.70	15.86	18.75	17.95	15.80
Fe ₂ O ₃	10.87	11.76	10.21	8.68	8.60	5.40
MnO	0.19	0.19	0.30	0.13	0.12	0.09
MgO	5.73	4.45	2.38	2.60	3.93	2.60
CaO	8.50	7.77	10.30	8.30	7.30	4.65
Na ₂ O	3.14	3.32	4.52	3.82	3.38	3.70
K ₂ O	0.86	0.95	1.77	0.90	1.91	3.15
P ₂ O ₅	0.45	0.48	0.43	0.39	0.50	0.19
Total	97.68	97.91	98.46	97.68	98.93	98.50
H ₂ O	1.94	1.18	1.21	1.41	1.07	0.61
CO ₂	-	-	0.51	-	-	-
Hg f	51.08	42.84	31.58	37.23	47.51	48.81
Cr	21	17	33	7	19	18
Ni	18	22	23	9	22	18
Co	32	36	27	22	27	17
Sc	18	20	15	17	-	-
V	200	238	140	144	167	114
Cu	38	21	5	67	52	58
Zn	106	112	88	98	100	76
K	7139	7886	14693	7471	15855	26149
Rb	21	24	20	27	45	113
Ba	395	430	980	475	865	810
Sr	810	640	705	800	890	525
Li	10.00	10.00	4.00	13.00	13.00	25.00
Hf	2.40	3.20	2.50	2.60	-	-
Ti	6235	8693	7014	5935	7074	3717
Th	1.50	2.70	2.50	2.00	-	-
La	20.40	24.70	20.20	22.10	-	-
Ce	45.00	56.40	42.40	49.50	-	-
Sm	4.33	5.39	4.04	4.13	-	-
Bu	1.61	1.64	1.24	1.38	-	-
Tb	0.59	0.69	0.44	0.58	-	-
Yb	1.91	1.98	1.45	1.84	-	-
Lu	0.30	0.33	0.23	0.29	-	-
Density	2.55	2.54	2.51	2.50	2.49	2.41

File Name	C:\TABL-N*7.ROC		
Sample	sample N*1	sample N*2	sample N*3
SiO ₂	50.60	69.70	60.40
TiO ₂	4.20	0.50	0.80
Al ₂ O ₃	14.90	15.80	17.10
FeO	12.90	3.10	9.50
MnO	0.20	0.15	0.10
MgO	8.10	1.40	4.30
CaO	9.50	2.90	3.20
Na ₂ O	2.30	4.30	2.10
K ₂ O	0.30	2.20	2.30
Total	103.00	100.05	99.80

Mg # 52.81 44.59 44.65

Cr	350	30	205
Ni	185	20	100
Co	40	10	40
Sc	40	5	20
V	345	45	135
Cu	-	-	150
Pb	-	-	20
Bi	-	-	0.10
Sn	-	-	5.50
W	-	-	1.00
Mo	-	-	1.00

K	2490	18263	19093
Rb	10	65	60
Cs	-	-	6.00
Ba	130	400	575
Sr	175	300	180
Ga	-	-	15

Nb	-	-	9.0
Hf	2.00	4.00	3.50
Zr	50	200	120
Ti	25179	2998	4796
Y	21	14	18
Th	0.80	6.80	6.30
U	0.20	1.80	1.60

La	3.70	37.00	20.00
Ce	9.60	75.00	42.00
Sm	2.30	5.70	4.00
Bu	0.87	1.60	1.20
Tb	0.58	0.60	0.57
Yb	2.50	1.50	2.00
Lu	0.38	0.22	0.31

B - - 65.00

Density 2.74 2.39 2.54

File Name	C:\TABL6N15.ROC				
Sample	SAMPLE N*1	sample N*2	sample N*3	sample N*4	sample N*5
SiO ₂	65.80	67.79	69.76	67.50	69.31
TiO ₂	0.52	0.56	0.52	0.42	0.59
Al ₂ O ₃	15.90	15.44	13.79	11.80	14.98
FeO	5.36	5.94	7.79	4.72	4.52
MnO	0.07	0.07	0.02	0.14	0.05
MgO	3.56	2.54	2.91	4.90	1.89
CaO	2.87	1.90	1.27	5.54	2.13
Na ₂ O	3.65	4.26	1.78	2.75	4.26
K ₂ O	2.17	1.40	2.11	2.22	2.24
P ₂ O ₅	0.11	0.09	0.05	-	-
Total	100.01	99.99	100.00	99.99	99.97

Mg # 54.20 43.25 39.96 64.91 42.70

Cr	-	145	110	-	-
Ni	-	59	95	234	64
Co	-	-	30	-	-
Sc	-	-	16	10	-
V	-	116	72	-	-
Cu	-	46	680	-	-
Zn	-	72	-	-	-

K	18014	11622	17516	18429	18595
Rb	-	50	52	81	73
Cs	-	-	1.30	-	-
Ba	566	418	790	489	-
Sr	457	257	93	318	324
Ga	-	20	19	-	-

Nb	-	7.0	6.0	-	-
Hf	-	-	2.80	-	-
Zr	-	130	113	153	171
Ti	3117	3357	3117	2518	3537
Y	-	17	12	-	15
Th	-	9.60	6.30	-	-
U	-	-	1.00	-	-

La	-	18.00	17.00	22.00	25.00
Ce	32.60	41.00	33.00	45.00	41.00
Sm	2.68	3.90	3.10	3.10	4.40
Bu	0.79	1.10	1.10	0.80	1.28
Tb	-	-	0.49	0.40	0.54
Yb	0.85	1.00	1.60	1.27	1.40
Lu	0.14	-	-	0.19	0.28

B - - 38.00 - -

Density 2.45 2.44 2.46 2.46 2.41

File Name C:\TABL-N10.ROC
Sample SAMPLE N*1 SAMPLE N*2 SAMPLE N*3

La	38.00	32.00	41.10
Ce	80.00	73.00	81.30
Sm	5.60	5.70	7.30
Bu	1.10	1.24	1.52
Tb	0.77	0.85	1.05
Yb	2.80	3.10	3.29
Lu	0.43	0.48	0.58