

8/95

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MINIER

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

*Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état*

SUJET :

**CARACTERISATION PETROGRAPHIQUE ET GEOCHIMIQUE DES  
ROCHES MAGMATIQUES PAN-AFRICAINES DE LA ZONE DE SILET-  
TIMGAOUINE ( Hoggar, Algérie ).**

Proposé par :  
*Dr. MERIEM D.E*

Etudié par :  
*TRIKI Moussa*

Dirigé par :  
*Dr. MERIEM D.E*

*PROMOTION : Septembre 1995*

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

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : *GENIE MINIER*

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

*Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état*

SUJET :

**CARACTERISATION PETROGRAPHIQUE ET GEOCHIMIQUE DES  
ROCHES MAGMATIQUES PAN-AFRICAINES DE LA ZONE DE SILET-  
TIMGAOUINE ( Hoggar, Algérie ).**

Proposé par :  
*Dr. MERIEM D.E*

Etudié par :  
*TRIKI Moussa*

Dirigé par :  
*Dr. MERIEM D.E*

*PROMOTION : Septembre 1995*

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

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

- \* à ma mère,*
- \* à mon père,*
- \* à mon oncle Ahmed,*
- \* à la mémoire de mon oncle Othmane,*
- \* à ma grande mère Daloula,*
- \* à mes chères soeurs, spécialement Louiza et Khadra,*
- \* à mes petits frères,*
- \* à mes amis de la CUBA ( Alger ),*
- \* à mes amis d'enfance,*
- \* Enfin, à tous ceux et celles qui me sont chers.*

*Fiki*



### *Remerciements*

*Je remercie tout d'abord mon promoteur monsieur Meriem D. E qui m'a soutenu et m'a énormément aidé à l'élaboration de ce projet.*

*Je tiens à remercier madame N. Chabou et, monsieur Ait Yahiatane d'avoir accepté de juger mon travail. Ainsi que tous les enseignants et enseignantes qui ont contribué à ma formation.*

*Mes remerciements vont spécialement à monsieur B. Ezzedine de l'ORQM pour son aide précieuse.*

*Friké*

## SOMMAIRE



**Introduction**.....01

### **Première partie : Géologie**

**I - Géologie du Hoggar**..... 03

A. Le Hoggar occidental.....04 - 07

B. Le Hoggar central.....08

C. Le Hoggar oriental.....09

**II - Géologie du rameau oriental**.....10 - 14

**III - Géologie de la région** .....16 - 29

### **Deuxième partie : Pétrographie**

1 - Les volcanites .....31 - 39

2 - Les plutonites .....40 - 41

### **Troisième partie : Géochimie**

1 - Les volcanites .....46 - 60

2 - Les plutonites .....60 - 65

**Conclusion générale**.....66 - 68

**Annexe :** Tableaux des analyses chimiques

**Bibliographie .**

## Introduction

L'association étroite qui existe entre le magmatisme et les différentes phases tectoniques (distension, subduction et collision ) peut nous aider à expliquer l'évolution géodynamique de la croûte continentale. De ce fait, l'étude concernant les roches magmatiques de la zone Silet-Timgaouine est basée sur des données récoltées des travaux antérieurs.

C'est ainsi que nous sommes intéressés sur les séries magmatiques appartenant à la chaîne panafricaine ( ~ 600 M.a.) qui a affecté le Hoggar.

L'objectif de ce travail, dont l'intérêt est varié, est :

- Caractérisation des volcanites et comparaison avec leurs équivalentes plutoniques;
- Détermination géodynamique de leur mise en place durant l'orogénèse panafricaine;
- Compréhension de l'évolution géologique ( pétrographique et géochimique) de la zone d'étude durant cette orogénèse.

Cette étude a été donc menée sur deux axes; qui, bien que présentés séparément restent indissociables et étroitement liés l'un à l'autre : Pétrographie et Géochimie, des éléments majeurs accompagnés parfois d'une étude basée sur les éléments en traces et les terres rares ( pour quelques échantillons ) dans le but de bien caractériser la tendance géochimique des séries magmatiques.

*Première partie : GEOLOGIE*

## I- Géologie du Hoggar

L'Afrique est subdivisée en plusieurs cratons, séparés par des zones mobiles. Entre le craton Ouest Africain et le bouclier Touareg, nous avons la zone mobile panafricaine dite pharusienne dont fait partie le Hoggar. (Fig. 1)

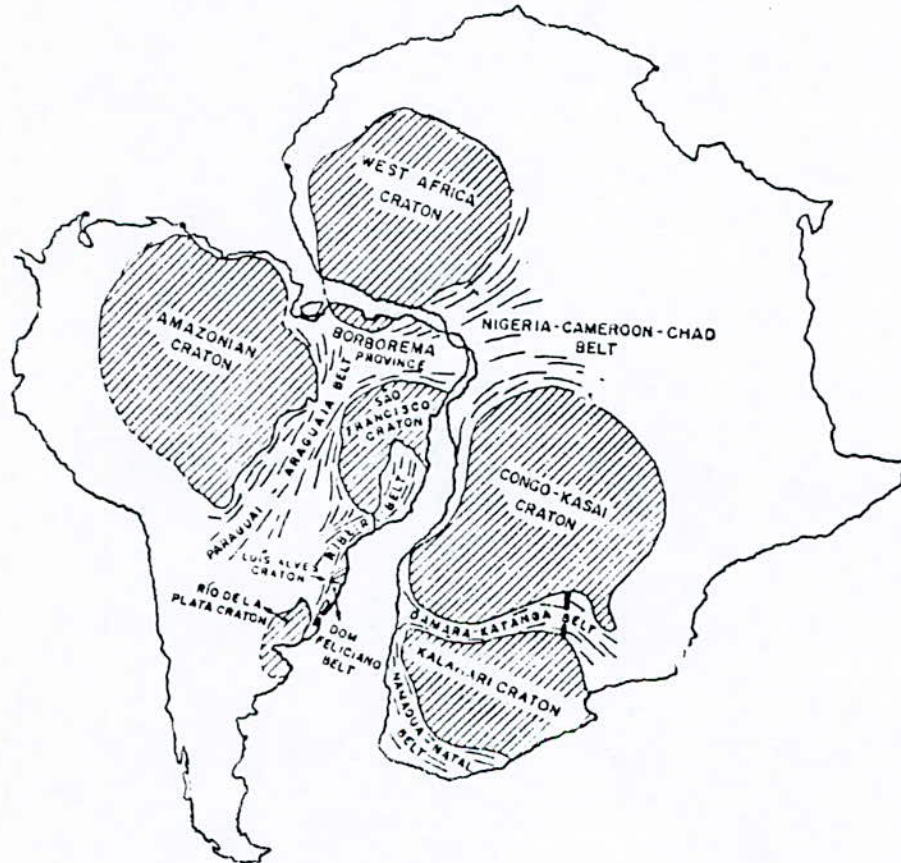


Fig. 1 : Carte des différents cratons de l'Afrique et de l'Amerique Latine.  
D'après T.N Clifford, 1970.

L'événement thermo-tectonique panafricain a été défini par W. Kennedy (1964), pour opposer les zones mobiles d'âge protérozoïque supérieur à cambrien (700M.a.-500M.a.) aux cratons stables depuis l'orogénèse éburnéenne (=2000 M.a.) et, recouverts par une couverture de plate-forme d'âge probablement protérozoïque supérieur ? ( Fig.2 ).



Depuis les travaux de Kilian (1932) et Lelubre (1952), le Hoggar est globalement subdivisé en trois domaines différents du point de vue structural et lithologique, délimités par des accidents majeurs submeridiens. Ces domaines sont d'Ouest en Est ( Fig. 2 ).

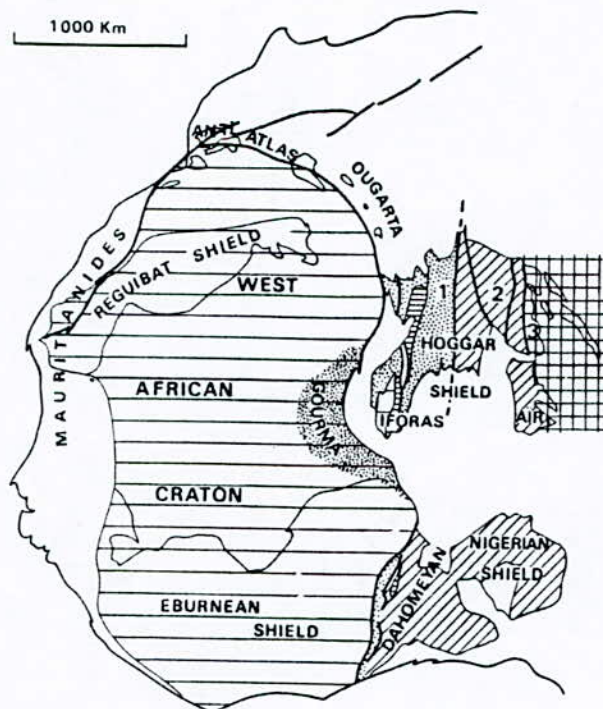


Fig. 2 : Carte de situation générale : Craton West Africain, bouclier Touarg ( Hoggar, Iforas, Air ). ( D'après Bertrand et Caby, 1978 ).

- Domaine occidental ( Hoggar occidental ou chaîne pharusienne ).
- Domaine central ( Hoggar central polycyclique ).
- Domaine oriental ( Hoggar oriental ou chaîne Tirinienne ).

**A. Le Hoggar occidental ( chaîne pharusienne = panafricaine ) (Fig: 3)**

Il est limité à l'ouest W par la suture Est du craton ouest Africain et à l'E par l'accident majeur 4°50'. Ce domaine est essentiellement composé d'une superposition de différentes séries volcano-sédimentaires et détritiques (d'âge protérozoïque supérieur ) avec lesquelles sont associées des corps de roches basiques et ultrabasiques et des batholites de granitoïdes, de nature tholeïto-calco-alcaline à subalcaline. Il comporte également par endroits des lambeaux de roches

métamorphiques du socle anté-panafricain d'âge protérozoïque inférieur probable. Ce domaine est lui même subdivisé en deux rameaux occidental et oriental, séparés par le môle granulitique d'In Ouzzal d'âge probablement archéen (Lelubre.,1966 ).

### 1- Le rameau occidental

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

#### a .La série à stramatolite ( PR<sub>3</sub> )

Elle est constituée d'une alternance de quartzites, de métapélites et de marbres à stramatolites. Des sills et des coulées basaltiques et amphibolitiques s'intercalent souvent dans cette série .

#### b .La série verte ( Ec<sub>inf</sub> )

Elle repose en discordance structurale sur la précédente et elle est composée essentiellement de grauwackes, de métapélites et de conglomérats polygéniques. Des coulées de laves essentiellement andésitiques type Gara Akfou et Mondrart s'intercalent au sommet de la série.

#### c .La série pourprée ( Ec<sub>sup</sub> - C )

Cette série est composée de conglomérats polygéniques et poudings à cachet fluvio - glacière (tillite?) et d'arkoses rouges pourpres.

Ces formations reposent en discordance stratigraphique sur les formations de la série verte et, recouverte en discordance par grès ordovicien du Tassili. De ce fait la subdivision stratigraphique ainsi que le contexte géodynamique des formations volcanique et plutonique pharusiennes de ce domaine reste à résoudre.

Dans la région de Tassendjanet se développe un magmatisme fissural (des dykes à dominante acide alcaline et hyperalcaline avec syénites et laves sous-

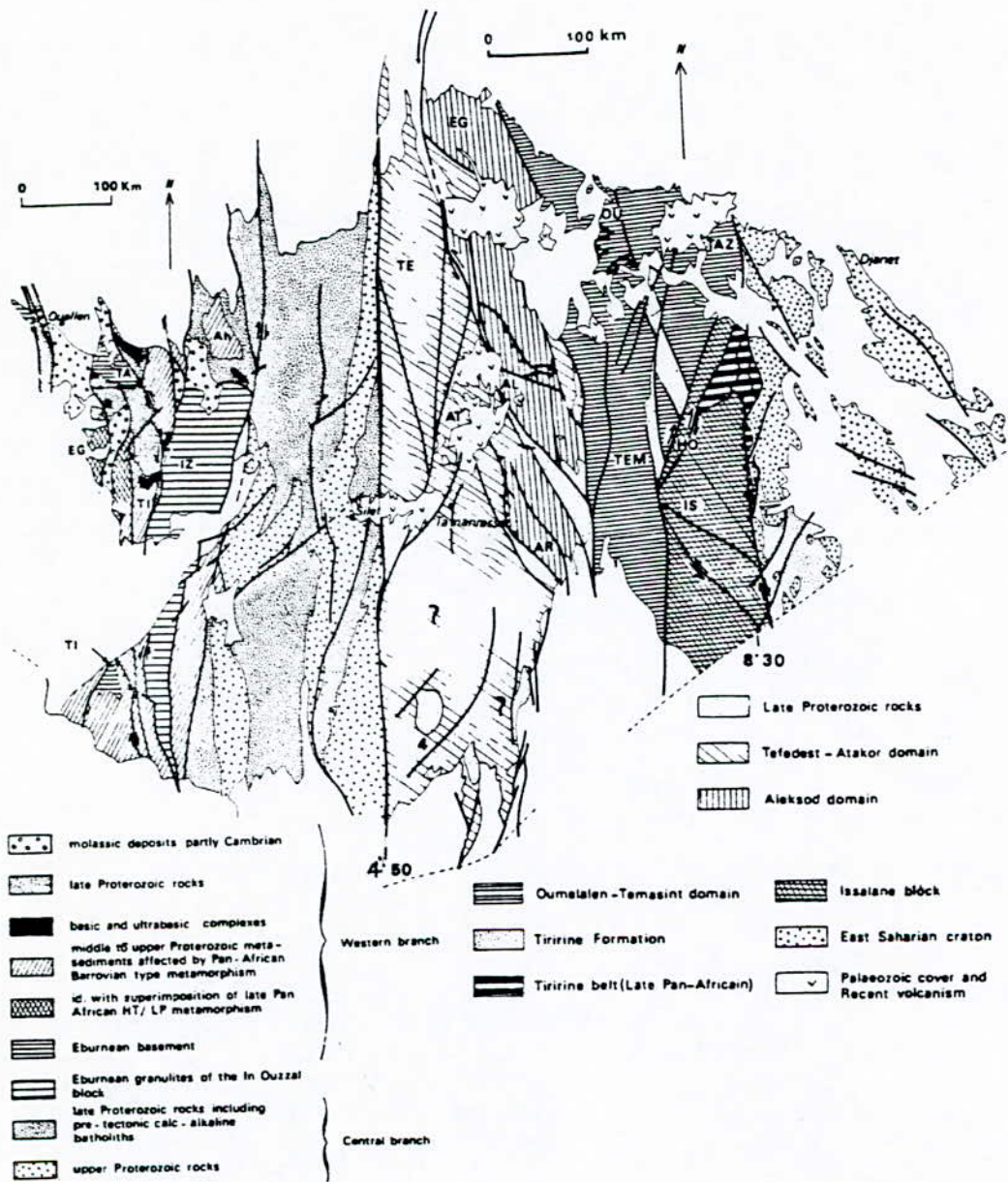


Fig. 3 : Carte de la subdivision du Hoggar en trois domaines : occidental, central et oriental.

( D'apres Bertrand et Caby, 1978 ).

-saturées ), qui pourrait traduire un phénomène de distension et un amincissement crustal pré-panafricain, et préluder à l'ouverture par rifting d'un domaine océanique et, la mise en place des grandes intrusions basiques et ultrabasiques du type ophiolitique, ressemblant aux ophiolites de Bouazzar (Maroc), et de Timitrine (Mali), situées le long de la bordure du craton laquelle peut être considérée comme une paléosuture océanique.

A cette phase d'ouverture a succédé une phase de mise en place des roches plutoniques et volcaniques calco-alcalines correspondant selon les endroits à un paléo-arc insulaire ou à une cordillère. Le stade suivant de collision a donné naissance à la chaîne panafricaine. Cette dernière s'est terminée suivant des étapes différentes et successives affectées par des phases tectono-métamorphiques très variables selon les domaines.

## 2- Le rameau oriental ( ou fossé pharusien )

Le magmatisme de ce rameau est très varié avec de nombreux batholites de granitoïdes calco-alcalins associés aux formations du pharusien I et du pharusien II. Certains de ces batholites comme ceux de Tin Tekadeouit et Taklet dans la région de Silet ont été datés respectivement à 879 et 840 M.A. (Caby R.,1982), d'autres dans la région de Timgaouine ont donné un âge de 630 M.a. La géologie de ce rameau sera développée en détail plus loin.

## 3- Le môle d'In ouzzal

Il est constitué par des roches archéennes à faciès granulite d'âge éburnéen, par des gneiss à pyroxène, des marbres, des charnockites, d'amphibolites et par des leptynites. Ce môle sépare tectoniquement les deux rameaux .

La conservation d'un graben de basaltes et d'andésites peu métamorphique 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 que, au Sud, le môle sur

lequel repose en discordance la formation sédimentaire de la série à stramatolites du PR<sub>3</sub>, 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-Malienne une grande nappe de charriage d'âge panafricain précoce.

## **B. Le Hoggar central**

Il est limité par deux accidents majeurs : 4° 50' à l'Ouest et 8° 30' à l'Est. Ce domaine est constitué de roches éburnéennes réactivées pendant le panafricain et recoupées par des granitoïdes panafricains. Les roches éburnéennes sont constituées de deux séries superposées:

1. A la base, un ensemble essentiellement gneissiques, 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 du PR<sub>1</sub>.

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

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 d'âge probablement PR<sub>1</sub>.

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 à peu partout au Hoggar, sous forme de grands blocs et en cuillères au sein des batholites granitiques panafricains.

### C. Le Hoggar oriental

Ce domaine est situé au delà de la faille 8°30' Est et, est caractérisé par l'opposition de deux socles séparés par un rameau linéaire très étroit. Il est subdivisé en trois domaines:

1. La zone de Taffassasset-Ddjanet, diffère du môle d'Issalène par l'abondance de termes volcano-détritiques et, un énorme développement de granodiorites tardi-téctoniques.

2. Le môle d'Issalène est formé de métasédiments, quartzites, marbres, pélites, leptynites rubanées et, d'orthogneiss alcalin d'âge inconnu.

3. La chaîne Tiririnienne, qui se développe au long de l'accident 8°30', la sédimentation de cette série combine des caractères molassiques (grande part d'arkoses, de conglomérats ). Elle est recoupée par des sills de dolérites (ou diabases ), de micro-granodiorites et, de microgranites.

Dans le domaine oriental on distingue globalement trois séries panafricaines séparées par des discordances stratigraphique et structurale qui se succèdent de bas en haut:

1. 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.

2. La série volcanique est essentiellement une accumulation de laves de rhyodacites, rhyolites et leurs divers pyroclastites. Les rhyolites passent par endroits aux granodiorites porphyriques calco-alcalines, ce qui indique que cette série est composée de formations volcano-plutoniques type cordillère.

3. La série molassique de Tiririne repose en transgression sur les formations précédentes, elle est composée de conglomérats polygéniques et poudings et d'une alternance de grès, de pélites et d'arkoses avec des niveaux de marbres.

## *II- Géologie du rameau oriental ( Fig. 4 )*

Le rameau oriental est dans l'ensemble moins bien connu, vu sa très grande superficie. Il comprend principalement des formations méta-sédimentaires et méta-volcaniques épizonales, et un grand volume de granites (>50%). M.Lelubre considérait cette zone comme appartenant au cycle pharusien correspondant au remplissage volcano-sédimentaire d'une fosse, avec discordance de base conservée à ses bordures et au voisinage de quelques horsts, et à son évolution tectono-métamorphique.

Ses limites occidentale et orientale sont en fait deux fractures majeures multiples qui les séparent du môle In Ouzzal à l'Ouest et du Hoggar central polycyclique à l'Est .

Dans le rameau oriental on distingue les formations suivantes:

### 1. Le socle éburnéen ( PR<sub>1</sub> )

Le socle éburnéen est probablement représenté sous la forme de gneiss remobilisés dans le faciès amphibolites. Cependant il n'a été caractérisé que dans la région de Timgaouine. Dans cette région, il forme le soubassement de la série carbonatée à stromatolites qui est localement conservée et comprend des gneiss, quartzites, marbres et, des amphibolites affectés par un métamorphisme ancien, probablement éburnéen.

### 2. La série du pharusien I ( PR<sub>3</sub> )

Elle est composée d'une alternance de quartzites, de métapélites alumineux et de marbres à stromatolites. Des niveaux de basaltes parfois en pillow-lavas et d'andésites s'intercalent dans la série. Les termes inférieures de cette série ont été considérés comme équivalents de la série à stromatolites du NW du Hoggar.

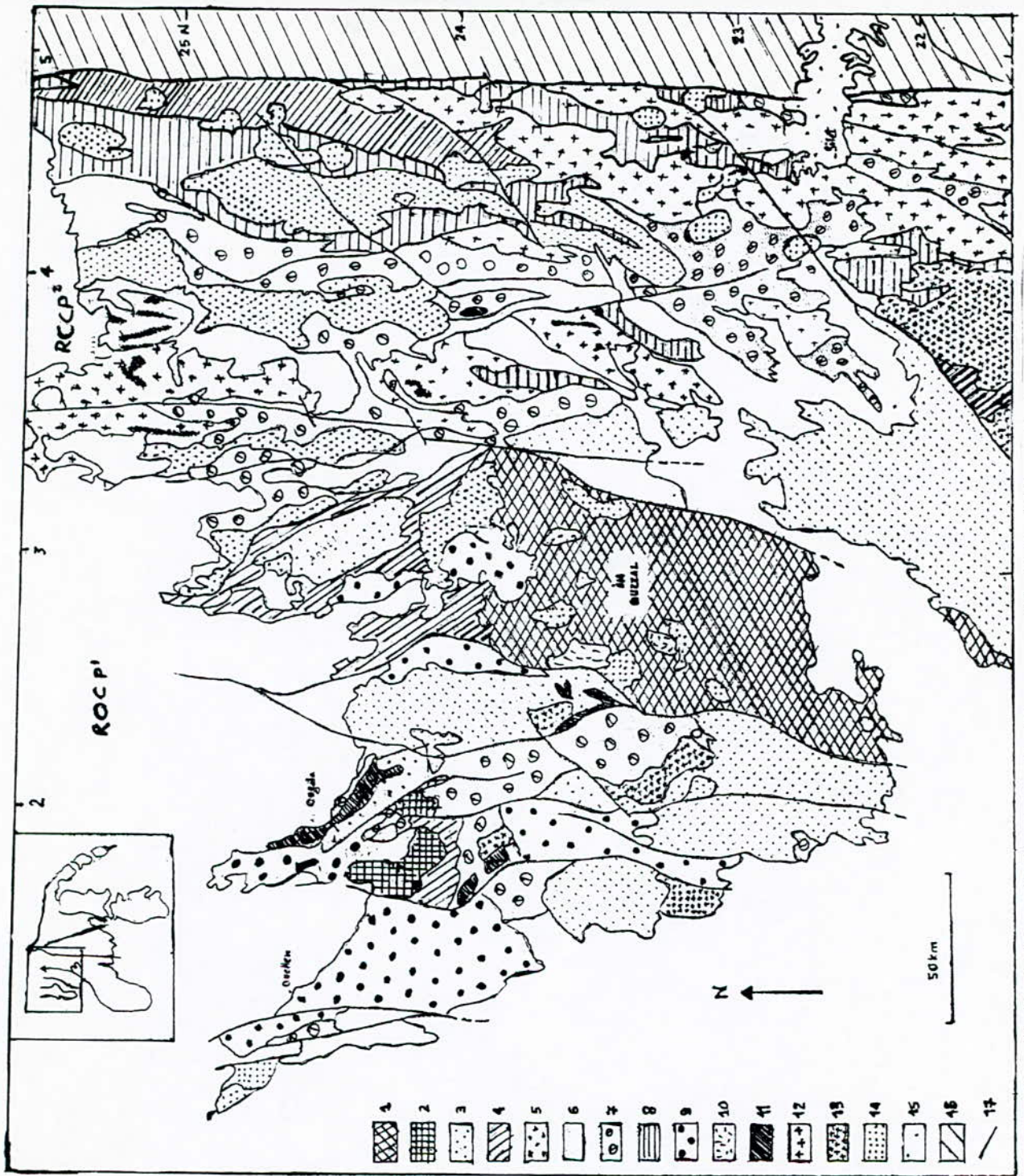


Fig. 4 = Schéma géologique du Hoggar occidental (D'après Bertrand et Colby, 1977)

**LEGENDE**

- Socle Pré-pan-africain (> 2000 M.a. : Archéen et Protérozoïque inférieur).
- (10) Roches à faciès granulite du môle In Ouzal (Archéen : 2880-3240 M.a.).
- (12) Protérozoïque inférieur indifférencié "Nappe du Tassendjonek" (2050 M.a.).
- Protérozoïque moyen (1000-1000 M.a.)
- (3) Formations sédimentaires et métasédimentaires et métabasolites, gneiss alcalins.
- Protérozoïque supérieur (1000-800 M.a.)
- (4) Formations de plate-forme ("Série à stratonolites") et métasédiments indifférenciés.
- (11) Roches intrusives basiques et ultrabasiques (dont l'opiolite d'ouada : 730 M.a.).
- Protérozoïque terminal (800-560 M.a.)
- (5) Formations volcaniques à dominante d'andésites.
- (6) Formations volcaniques à dominante d'andésites et dacites.
- (7) Formations volcano-détritiques (essentiellement greywackes = "Série verte")
- (8) Formations détritiques ferrugineuses du R.C.C.P.
- Focambrien - Cambrien (560-470 M.a.)
- (9) Formations molassique
- (10) Rhyolites et ignimbrites.
- Roches platoniques granitiques
- (12) Batholites pré-tectoniques de granites calco-alcalins et granodiorites (860-830 M.a.).
- (13) Granites syn- à tardi-orogéniques (640-525 M.a.).
- (14) Granites post-tectoniques (610-570 M.a.).
- Volcanisme récent
- (15) Basaltes quaternaires.
- (16) Hoggar central polycyclique.
- (17) Accidents majeurs.
- R.C.C.P. = Rameau Occidental de la Chaîne Pharusienne.
- R.C.C.P. = Rameau Central de la chaîne Pharusienne.



Il convient de souligner la présence d'une série grésopélitique, composée de conglomérats, de grés, de pélites et de grauwackes.

### 3. La série du pharusien II ( Ec<sub>inf.</sub> )

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 de niveaux de marbres surmontés par des coulées de laves essentiellement dacitiques et rhyolitiques avec leurs termes pyroclastiques.

Les deux séries pharusiennes 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 ont abouti à des idées nouvelles, et 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).

### 4. La série intermédiaire ( Ec<sub>sup.</sub> )

Dans le rameau oriental il existe de nombreux lambeaux de formations détritiques à caractère molassique, composés de conglomérats polygéniques, d'arkoses, de brèches et tufs, des laves ignimbritiques puis des arkoses et des poudings de couleur pourpre. Les lambeaux sont attribués aux formations de la série pourprée. Néanmoins il existe des formations volcano-sédimentaires attribuées aux pharusiens qui peuvent être considérées comme des formations des molasses inférieures.

Enfin, *les dykes et les filons* recoupent l'ensemble des séries précédemment décrites. Ainsi, les zones de mylonites sont développées au Hoggar et, recoupées par les granites post-tectoniques type Taourirt. Ces zones sont aussi recoupées par un ensemble de réseaux de dykes et de filons. Il n'est pas possible encore de distinguer ceux qui sont anciens de ceux qui sont plus récents. Cependant un grand nombre d'entre eux sont certainement récents, parce qu'ils traversent des zones mylonitiques sans être affectés par l'écrasement. Leur âge précambrien est cependant bien établi par le fait que les grès tassiliens les recouvrent toujours en discordance.

Les réseaux sont composés de pegmatites, de lamprophyres, de microgranites et de filons de quartz. Ces derniers apparaissent postérieurs à toutes les venues magmatiques et accompagnent des solutions hydrothermales de la fin des phénomènes magmatiques du précambrien.

Dans l'ensemble, la disposition des filons, rectilignes sur des dizaines de kilomètres, rappelle curieusement le réseau de cassures des glaces tordues de Daubrée. Aussi peut-on supposer que les venues hydrothermales ont envahi un immense système de fractures, dû à des déformations cassantes, avec gauchissement et torsion, ayant affecté le socle éburnien; ces mouvements datent de la fin du cycle pharusien; peut-être sont-ils nigritiens.

### *Conclusion :*

L'évolution pétrogénétique et géodynamique du magmatisme pharusien ( panafricain ) du rameau oriental se caractérise par la mise en place des différentes séries magmatiques. A l'issue des études de terrain, des études pétrogénétiques, géochimiques, minéralogiques et géochronologiques six séries magmatiques ont été individualisées :

1- La série alcaline à transitionnelle composée de basaltes, de pillow-lavas et de brèches. Elle succède aux dépôts de la série carbonatée du PR<sub>3</sub>, et traduit un contexte de rift intracontinental.

2- La série tholeitique est représentée par des lambeaux de roches mantelliques associées à des gabbros, des laves mafiques tholeitiques abyssales. Elle traduirait une phase de distension pré-tectonique.

3- La série calco-alcaline, constituée de gabbros, de diorites quartzites, de tonalites et de granodiorites, elle souligne une phase pré-tectonique de subsidence, et serait cogénétique avec les sills et les laves andésitiques et rhyolitiques ainsi que leurs dérivés pyroclastiques. Elle appartient à un type intermédiaire entre arc insulaire et cordillère.

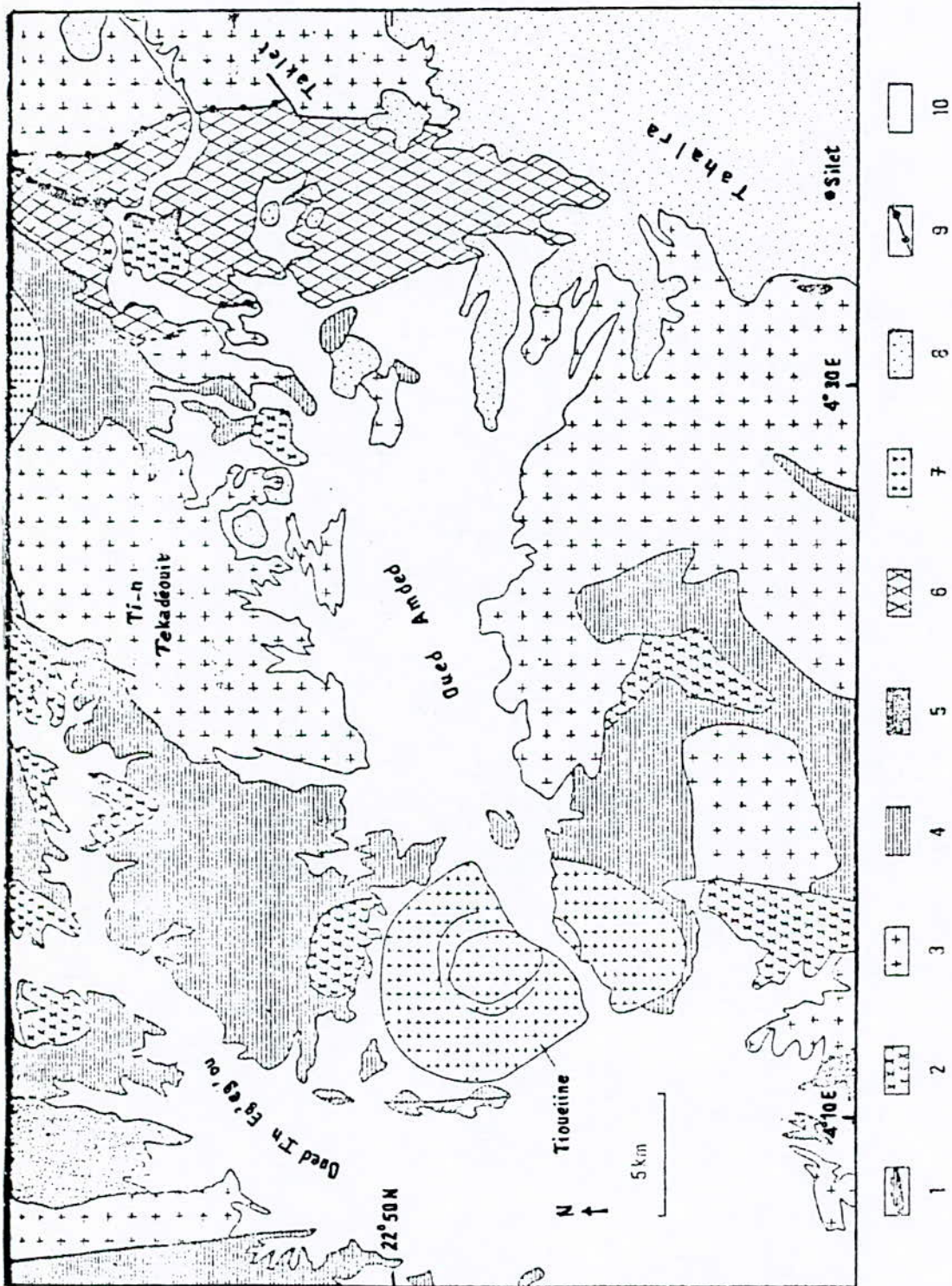
4- La série subalcaline est présentée par des adamellites et des granites porphyroïdes à biotite ou/et à hornblende. Ces derniers sont syn à tardi-tectoniques ( 620-580 Ma ).

5- La série alumineuse est composée de granites à muscovite primaire ou/et à biotite. Elle est due à une fusion crustale.

6- La série alcaline est constituée par des gabbros, de syénites, d'adamellites à aegyrine et riébeckite, de granites à biotites et d'albites. Cette série accompagne une phase de distension crustale qui a provoqué la mise en place des roches volcaniques et subvolcaniques. Elle recoupe toutes celles qui la précèdent en y provoquant un métamorphisme de contact de B.P.

Les granitoïdes du rameau oriental sont de nature et de forme variées, et leur mise en place s'est effectuée en plusieurs épisodes.

Enfin, le magmatisme pharusien est caractérisé par un hétérochronisme et un décalage d'âges, qui paraissent apporter un argument supplémentaire à l'idée qu'il n'y a pas eu dans certaines zones une homogénéisation ou remobilisation parfaite, alors qu'en d'autres points cette homogénéisation a été atteinte.



**Fig. 5 = Carte géologique de la zone de Sillet** (D'après Gravelle, 1960).

1 : roches ultrabasiques serpentinisées ; 2 : gabbros et diorites rétrotransformés ; 3 : granitoïdes calco-alcalins anté-pharusien supérieur ; 4 : formations volcaniques et volcano-détritiques du pharusien inférieur ; 5 et 6 : formations du pharusien supérieur (5 : saria grésopélique ; 6 : complexe d'Irellouhem) ; 7 : granites post-tectoniques ; 8 : basaltes récents ; 9 : discordance ; 10 : alluvions.

### ***III- Géologie de la région ( Fig. 5; 7 )***

#### **A - Stratigraphie**

Dans la région de Silet ( Fig. 5 ), le pharusien inférieur et le pharusien supérieur ont été définis dans la zone de l'oued Amded (Bertrand et al., 1966; Gravelle, 1969). ( Fig. 6 ).

##### **1. Le pharusien inférieur ( Ph I )**

Le pharusien inférieur est représenté par la série de Timesslarsine et le complexe de l'oued In Eggegou, recoupés par les diorites quartziques et granodiorites de Tin Tekadeouit par le granite à chlorite et le granite de Taklet.

La série de Timesslarssine est formée de métasédiments: marbres dolomitiques, jaspes, quartzites, schistes chloriteux, silicoides rubanés, volcanites et des restes de roches basiques, ultrabasiqes d'origine mantellique.

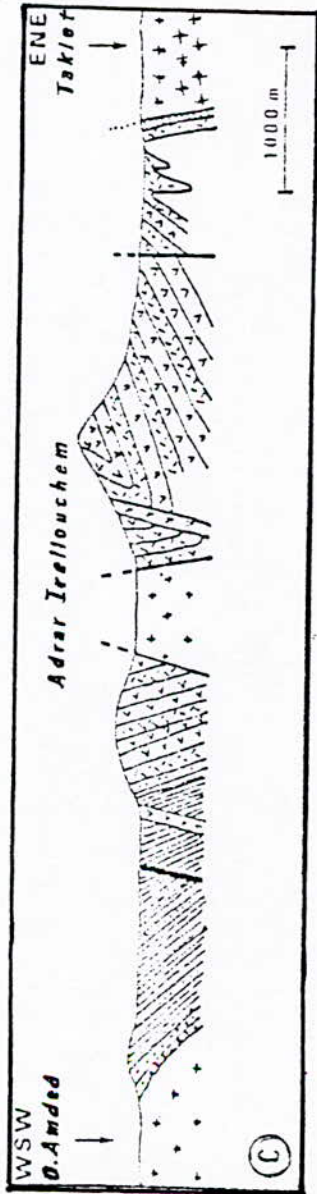
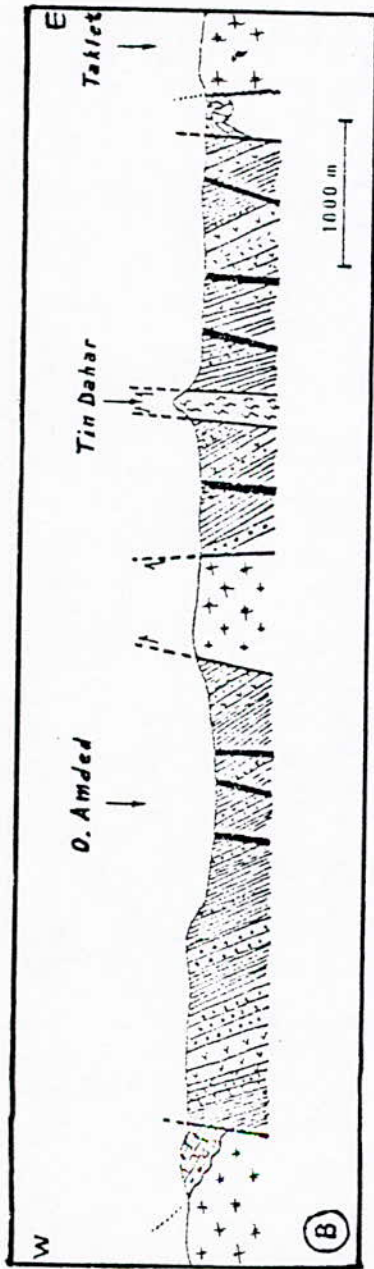
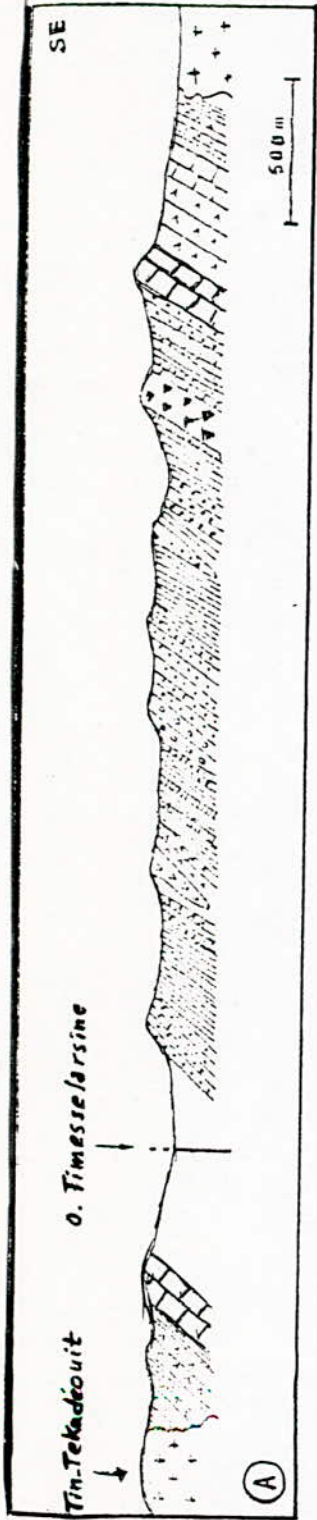
##### **2. Le pharusien supérieur (Ph II )**

Le pharusien II comporte deux séries superposées : la formation pélitique d'Amded, et la formation de l'Adrar Irellouchem essentiellement volcanique (Gravelle, 1969).

Les deux séries reposent en discordance, soit sur les deux familles de granitoïdes calco-alcalins de TinTekadeouit et de Taklet, soit directement sur des schistes du Ph I (Rocci et Abed, 1981).

La formation d'Amded débute dans la région de l'oued Amded par des poudings à ciment carbonaté et des arkoses grossières suivies par un horizon lenticulaire de calcaire, puis par un ensemble pélitique monotone épais d'un millier de mètres.

La formation supérieure constitue les reliefs de l'Adrar Irellouchem, composée essentiellement des coulées, tufs et brèches, andésitiques à rhyodacitiques. Ces laves et les pyroclastites appartiennent également à une série -



**Figure-6 = Coupes des formations de La zone de Silet**

- A : coupe de la série de Timesselarsine
- B : coupe de la série d'Amded
- C : coupe de l'Adrar Irelouchem
- 1 : roches ultra-basiques serpentinisées
- 2 : granitoïdes intrusifs anlé-pharusien supérieur
- 3 : niveaux détritiques (conglomérats, arkoses, grès ...)
- 4 : schistes, pélites et juspes
- 5 : calcaires et marbres
- 6 : basalte en "pillows"
- 7 : coulées et sills d'andésites et dacites
- 8 : rhyolites
- 9 : dykes d'andésites porphyriques
- 10 : filons de microdiorites et diabases
- 11 : discordances
- 12 : failles

Remarque : pour raison de clarté, les structures ont été volontairement simplifiées, notamment pour la coupe A.

( D'après Gravelle, 1969 ).

calco-alcaline et traduiraient un environnement de type arc insulaire (Fabries et Gravelle, 1977; Chikhaoui, 1981).

La série grésopélitique (Gravelle, 1969) est développée au Sud de la grande faille de l'oued Amded. Elle repose en transgression sur les granites de l'oued Tamtog et la bordure occidentale de l'oued de Tin Tekadeouit, qui représente un substratum rétro-morphosé. Cette série débute par des termes détritiques plus ou moins grossiers. Elle représente probablement l'équivalent latéral de la série de l'Amded Irellouchem (Gravelle, 1969).

La zone de **Timgaouine** (Fig. 7) est localisée juste au Sud de la zone de Silet. A l'Est elle longe le grand accident 4°50', limite occidentale du Hoggar centrale polycyclique, tandis qu'à l'Ouest elle est limitée par l'immense pluton d'Imézzarène. Au Nord elle constitue le prolongement de Silet. (Fig. 8).

Dans cette zone sont distingués :

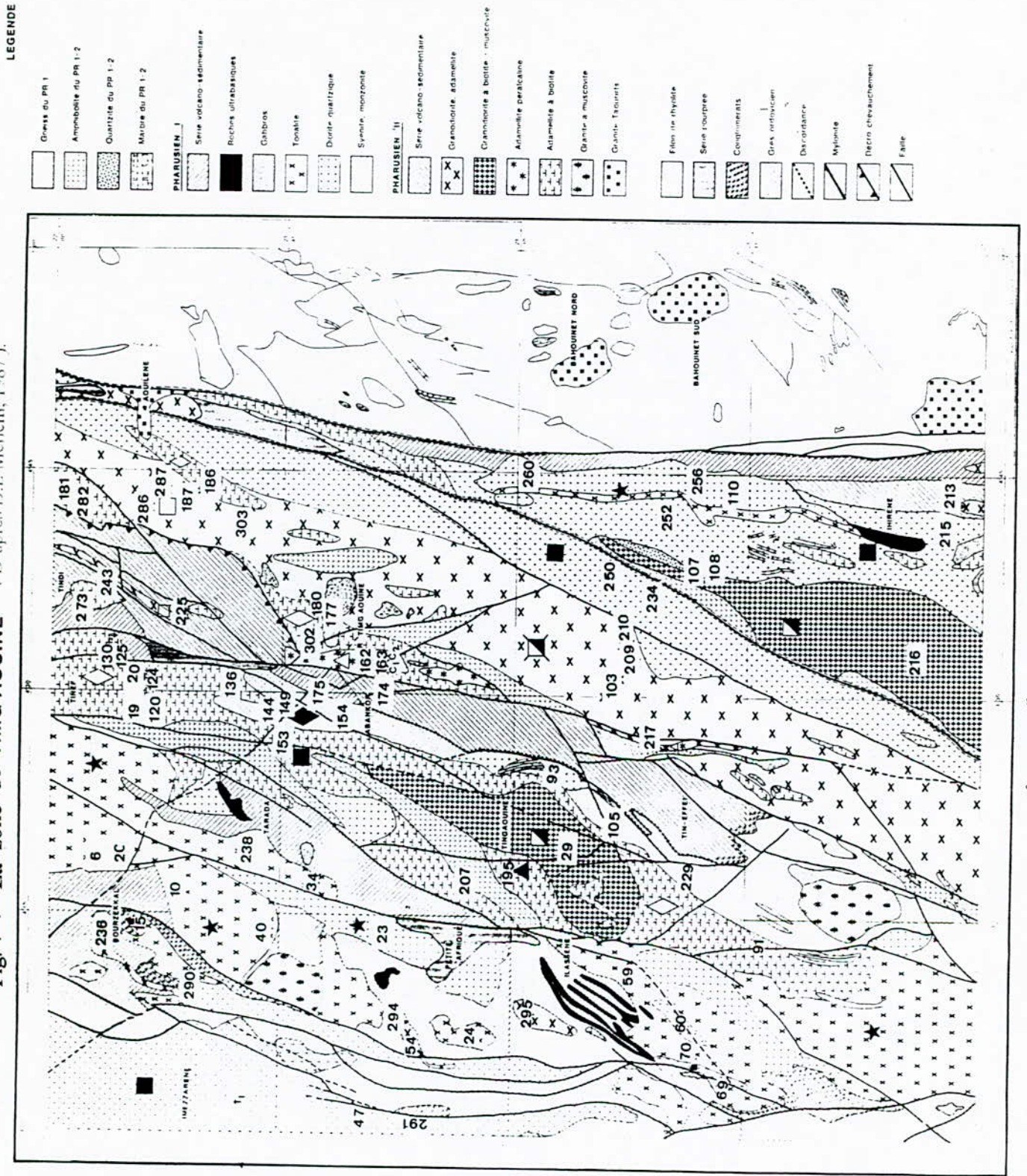
#### 1. Le socle ancien PR<sub>1</sub>

Le seul affleurement du socle "sur" est celui situé à l'Ouest de la discordance pharusienne, non loin de la base d'Abankor. Il est composé de gneiss remobilisés et affecté par un métamorphisme ancien d'âge probablement éburnéen.

#### 2. Le pharusien inférieur Ph I

Il représente une série volcano-sédimentaire équivalente à celle de Timesselarsine. Dans cette région comme à Silet, cette série de type plateforme est formée de marbres surmontant un horizon quartzique, reposant sur un socle gneissique. Elle comporte aussi des méta-andésites et des metabasaltes. Les nombreuses intrusions de roches basiques et ultrabasiques, souvent concordants, qui recourent ce pharusien inférieur, sont interprétées comme des sills injectant les sédiments à l'échelle régionale, tout comme dans le NW du Hoggar (Caby, 1982). Ces intrusions d'origine mantellique probable sont antérieures à tout plissement, elles prédatent les diorites quartziques et les granodiorites du type Tin

Fig. 7 : La zone de TIMG'AOUINE ( D'après D.E. Menem, 1987 ).





- Tekadeouit et les diorites quarziques, les tonalites de cette région. Il faut souligner la présence de laves en général basiques.

### 3. Le pharusien supérieur Ph II

Il repose en discordance sur les plutonites monzonitiques et syénitiques et des granodiorites type Aouilène datés à 629 M.a. Cette discordance débute par un niveau de conglomérats monogéniques et/ou polygéniques. Une formation essentiellement volcanique leur succède; elle est représentée par des coulées d'andésites, des basaltes, des rhyolites, des rhyodacites et des pyroclastites. L'ensemble sédimentaire volcanique et plutonique est ensuite affecté par des plis droits NS associés à un métamorphisme schiste-vert.

Les conglomérats qui affleurent en divers points représentent parfois un remaniement local. Le pharusien est à son tour recoupé par des granites alcalins et des granites subalcalins.

### 4. La série intermédiaire (série pourprée) Ec

Cette série se présente en forme de plusieurs lambeaux et bassins résiduels. Elle consiste en des formations essentiellement détritiques de couleur rouge, grisâtre, parfois verdâtre, composées de conglomérats, de grès, d'arkoses et de poudings. Dans la région de l'Adrar Bourzzekal, cette série comprend deux unités lithologiques et structurales superposées et séparées par une faible discordance :

- L'unité inférieure ou « série inférieure de Bourzzekal », comporte essentiellement des schistes, pélites gréseuses et microgrès.

- L'unité supérieure ou « série supérieure de Bourzzekal » est constituée de matériaux détritiques plus grossiers : brèches et surtout grès fins à moyens avec nombreuses lentilles de conglomérats.

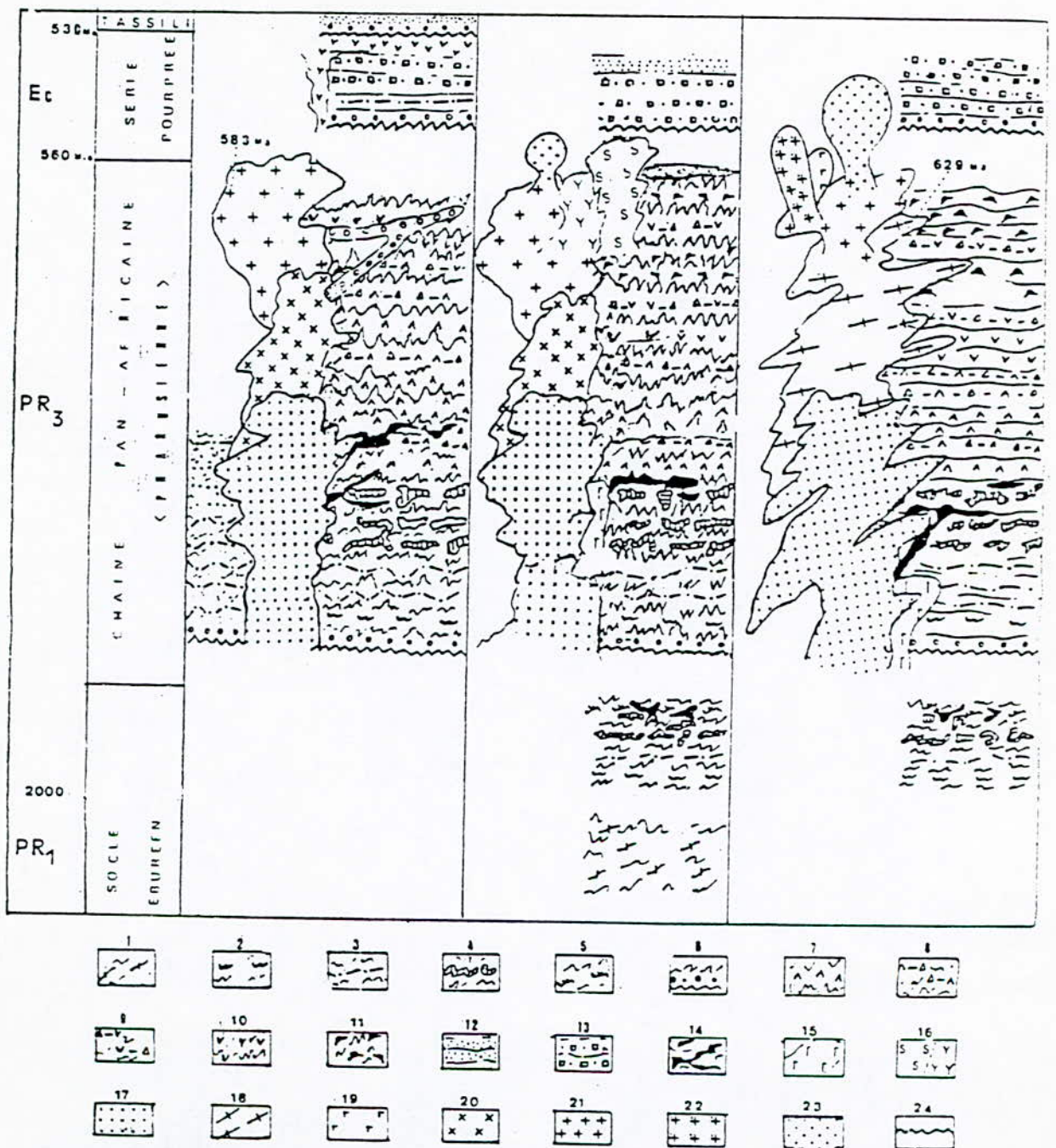


Figure 8 : Tableau synoptique de la région de Timgaouine (D'après D.E Meriem, 1987).

1. Gneiss ; 2. Quartzites ; 3. Pelites ; 4. Marbres ;
5. Amphibole ; 6. Conglomérats ; 7. Andésites ; 8. Tufs basiques ;
9. Tufs acides ; 10. Rhyolites ; 11. Ignimbrites ; 12. Grés ;
13. Arkose ; 14. Ultrabasique ; 15. Gabbro ; 16. Syénite/monzonite ;
17. Diorites quartziques + tonalites ; 18. Granodiorite - adamellite datée à 630 M.a. ;
19. Gabbro tardif ; 20. Granodiorite ; 21. Adamellite à biotite ; 22. Adamellite hyperalcaline ;
23. Adamellite post-tectonique ; 24. Discordance.

## **B - Tectonique et métamorphisme**

Enfin, dans les deux zones, Silet et Timgaouine, Les terrains pharusiens portent l'empreinte de deux épisodes tectono-métamorphiques :

- Le premier (F1) réalisé dans les conditions du faciès schiste-vert ou du faciès amphibolite, selon les régions, a développé une schistosité (S1) et fréquemment une linéation d'étirement.

- Le deuxième (F2), en condition épizonale appartient au cycle pharusien II et replisse la schistosité (S1) et la lineation (L1).

## **C - Magmatisme**

La région d'étude (Silet et Timgaouine) est caractérisée par le développement d'un magmatisme très varié dans le temps et dans l'espace, qui s'est mis en place durant l'orogénèse panafricaine. Ce magmatisme est subdivisé en roches volcaniques et en roches plutoniques. L'étude pétrographique et géochimique de ces roches nous permet de comprendre l'évolution géodynamique de cette région, par rapport à d'autres régions au Hoggar et en Afrique.

### **C.I- Les volcanites**

Les volcanites de Silet sont représentées par les séries de Timesselarsine et d'In Eggégou du pharusien inférieur, et par les séries d'Amded et d'Irellouchem du pharusien supérieur.

#### **1- Les séries volcaniques du pharusien I**

Le pharusien I est bien représenté dans les parties centrale et septentrionale du rameau oriental du Hoggar occidental par la série de Timesselarsine et la série d'In Egéggou.

### **a - La série de Timesselarsine**

La série de Timesselarsine s'étend sur la marge orientale du môle de Tin Tékadeout. Il s'agit d'une série volcano-sédimentaire qui associe des laves et pyroclastites à des termes sédimentaires. Les sédiments sont représentés par des calcaires et marbres dolomitiques, des jaspes, des qartzites conglomératiques intercalés de schistes chlorito-sériciteux et de silexoïdes rubanés d'origine probablement volcanique et sont intrudés par des sills gabbroïques et ultrabasiqes.

### **b - La série d'In Eggégou**

La série d'In Eggégou est une association volcanique et volcano-clastique où abondent des pyroclastites ( brèches, cinérites) intercalées de coulées ou sills de basaltes, andésites et dacites. L'ensemble est intrudé par des roches grenues acides et basiques (diorites quartziques, gabbros, hornblendites).

## **2. Les séries volcaniques du pharusien II**

Les volcanites du pharusien supérieur sont discordantes sur les massifs plutoniques calco-alcalins préalablement érodées recoupant la série de Timesselarsine. Elles sont constituées par deux séries :

### **a - La série d'Amded**

Au dessus des arkoses conglomératiques et des lentilles dolomitiques soulignant la discordance de base, la série d'Amded est lithologiquement comparable à la série de Timesselarsine. Elle comporte un ensemble sédimentaire et volcano-sédimentaire de silexoïdes rubanés, jaspes, pelites et de grauwackes surmontés par une série de grésopélites. Cet ensemble est recoupé par des sills de dolérites, basaltes et andésites.

### **b - La série d'Irellouchem**

La série d'Irellouchem comprend un puissant ensemble (épais de plus de 2000 m ) de matériaux volcaniques. Cette accumulation volcanique, qui surmonte vraisemblablement en continuité stratigraphique la série pélitique de l'Amded,

comporte des coulées de laves andésitiques et dacitiques séparées par des niveaux pyroclatiques ( cinérites, brèches volcaniques). L'ensemble est recoupé par de gros dykes d'andésites porphyriques sombres au contact desquels les pélites sous-jacentes d'Amded sont transformées en cornéennes.

Dans la zone de **Timgaouine** les volcanites se localisent plus particulièrement dans le bassin d'Abankor. Ce dernier est caractérisé par un volcanisme très varié par sa nature pétrologique et minéralogique et par sa mise en place. Les roches volcaniques sont associées dans la plupart du temps à leurs équivalents plutoniques; et composé par :

**- Les metabasaltes.**

Dans la partie centrale du bassin d'Abankor, un important épisode volcanique effusif de nature basique surmonte les sédiments carbonatés (marbres) de la série de plate-forme. Ce complexe basaltique affleure à l'Ouest de la bande des mylonites qui longe le linéament de Timgaouine. Il est constitué de coulées de laves basaltiques peu évoluées et de filons sub-doléritiques associés.

**- Les basaltes et les andésites basaltiques spilitisés**

De couleur vert sombre, ces roches sont les témoins d'importants épanchements sous-marins de laves andésito-basaltiques. Ces laves sont communément porphyriques et plus ou moins amygdalaires.

**- Les sills andésito- basaltiques**

Ces roches volcaniques allant de sills doléritiques à des andésites porphyriques, ont généralement une couleur verte parfois très sombre.

**- Les andésites acides**

Ces roches se présentent sous-forme d'extrusions de laves andésitiques à dacitiques formant d'importantes masses homogènes. Les

andésites-dacites paraissent relayer plus au Nord, les roches spilitisées décrites précédemment.

#### - Les laves dacitiques

Elles apparaissent sous-forme de coulées correspondant probablement à un épanchement extrusif sous-marin. De couleur gris verdâtre, cette roche a l'aspect d'une porphyrite altérée et cataclasée.

#### - Les pyroclastites

Le volcanisme pyroclastique est beaucoup plus développé par rapport au volcanisme effusif (coulées). Ces pyroclastites rassemblent des termes très variés par leur granulométrie, depuis des tufs et des cinérites dont les éléments ne dépassent pas le millimètre, jusqu'à les brèches à tendance conglomératique, dont les plus gros éléments peuvent atteindre 1 m<sup>3</sup>. On peut distinguer trois faciès principaux : les brèches, les tufs, les lapillis et les cinérites.

\* Les brèches. Ces roches de teinte gris sombre à rosâtre, présentent de véritables agglomérats hétérogènes de fragments basiques ou intermédiaires et acides. On distingue deux variétés :

La première variété de brèche paraît relayer immédiatement les coulées de laves andésitiques. Elles constituent une sorte de brèche d'intrusion autoclastique intermédiaire entre les laves et les pyroclastites.

La deuxième variété, plus abondante, est une brèche d'explosion très hétérogène accompagnant les coulées andésitiques précédentes.

\* Les tufs sont de teinte gris verdâtre, sombre et rosâtre, constituent le faciès le plus dominant. Ces produits de projection résultant des explosions volcaniques sont intercalés de différentes épaisseurs dans les brèches, les coulées et les cinérites.

\* Les cinérites constituent le faciès, relativement le moins répandu, s'intercalant en fines strates avec les tufs.

#### - Les tufs et les brèches spilitiques

Les brèches constituent une bande de mêmes dimensions que les coulées de laves spilitisées auxquelles elles font relais immédiatement, à l'Est.

Les tufs sombres constituent le faciès le plus commun, intercalés dans les brèches et les coulées. Ce sont des roches basiques à intermédiaires, renfermant des fragments hétérogènes allant de la taille des cendres grossières jusqu'à des lapites.

#### - Les pyroclastites acides

Ces produits pyroclastiques peuvent être subdivisés en trois faciès principaux. Les tufs et les brèches représentent les faciès prédominants alors que les ignimbrites sont particulièrement développés vers la partie Sud de Tin-Effeï.

#### - Les tufs rhyolitiques

La roche est de couleur gris clair, massive et homogène, comportant de gros cristaux de quartz mis en relief par l'érosion.

#### - Les filons sub-doléritiques

Ces roches se rencontrent dans la partie centrale du bassin où elles transpercent la série de plate-forme. Elles constituent d'importants filons hypovolcaniques associés, vers l'Ouest, à des basaltes vacuolaires.

#### - Les microgabbros

L'affleurement des microgabbros apparaît dans le prolongement Nord du granite de l'Adrar Timgaouine avec lequel il est en contact. Ce massif à aspect d'écaille est délimité par des contacts faillés avec les granito-gneiss d'Aouilène et les granites à deux micas.

### - Les sills métadoléritiques

Ils affleurent à proximité d'Abankor-base et au NW du coude de l'Oued Tamanrasset, où ils constituent des corps stratiformes (sills) allant des microgabbros à des amphibolites fines.

## **C.II- Les plutonites**

Dans la zone de Silet les formations sédimentaires et volcaniques du Ph I, sont recoupées par un important complexe calco-alcalin, représenté par le batholite de Tin Tékadeouit auquel sont rattachés le granite à chlorite et le batholite granitique de Taklet plus tardif (Caby et al;1982).

a - Le batholite de Tin Tékadeouit est constitué par une bande N-S à N20°E, large de 15 à 30Km; il ne comprend au Nord de Silet que des faciès calco-alcalins à amphibole, biotites, allant des diorites aux granodiorites. La partie centrale du corps plutonique est constituée par des granodiorites à grain grossier, riches en sphène et en allanite mais pauvre en zircon.

b - Le batholite de Taklet : à l'Est du puits de Tin-Dahar à Silet, le batholite est représenté par un granite riche en feldspath potassique. Le granite renferme des xénolites de diorites et de diorites quartziques orientés et des gneiss amphibolitiques. Le granite est porphyroïde rose peu orienté à quartz déformé mais non cristallisé à orthose perthitique, oligoclase altéré, biotite cristallisée et envahie d'épidote secondaire, sphène, apatite, allanite et, zircon.

La région de Timgaouine est recouverte par différents types de roches intrusives, qui appartiennent au cycle pan-africain. Parmi elles: les granodiorites, les adaméllites, les syénites et les granites.

- Les granodiorites font suite à l'Ouest aux syénites. Leur relation est difficile à observer sur le terrain. Elles sont caractérisées par des variations dans la composition minéralogique et dans la taille des grains.

La granodiorite est en général à gros grain, de couleur rose-blanchâtre, parfois rose-rouge formant de petits massifs allongés parfois



mylonitisés. Elle évolue d'une part vers une granodiorite à biotite sans amphibole non foliée, de couleur blanche qui forme le plateau de Timgaouine et, d'autre part vers une adaméllite porphyroïde pauvre en amphibole ou à biotite de couleur rosâtre. Elle affleure par endroits en grosses boules émergeant du plateau de sable de la région.

- *Les adaméllites* se subdivisent en adaméllites à hornblende et/ou à biotite, en adaméllites à riebeckite et aegyrine de texture hypersolvus et à méso-perthites, et en adaméllites à muscovite primaire (alumineuse) à texture subsolvus.

L'*adaméllite à amphibole* affleure en grands blocs et en dalles en mélange avec l'*adaméllite à biotite*. Elle peut acquérir un aspect de gneiss oillé. C'est une adaméllite qui probablement a subi une déformation pan-africaine.

L'*adaméllite à biotite* est de couleur rougeâtre, elle est très grossière, porphyroïde et passe à des granites à petits grains blancs, riches en biotite qui forment le relief du plateau granitique d'Imézzarène. Elle occupe toute la grande surface de ce plateau, recoupé par des filons de quartz, de pegmatite et d'aprites. Ce granite est surtout en bordure Est où il acquiert une foliation plus accusée. Des filonnets aplo-pegmatitiques et des veines granitiques recourent l'encaissant en formant des plis ptygmatisés.

Elle forme aussi des massifs allongés de direction NS ou NE-SW. Elle est associée à des granites alcalins. Cette adaméllite, déformée en gneiss oillé et en blastomylonites, est recoupée par des filons d'aprites.

L'*adaméllite à biotite et à muscovite* se divise en deux faciès: le premier est à biotite dominante avec peu ou pas de muscovite; le second est à muscovite. L'*adaméllite à biotite dominante* est en général à gros grain, parfois porphyroïde souvent de couleur blanche ou rose; il est orienté et cataclasé. Son contact avec la granodiorite et l'*adaméllite à muscovite* est difficile à observer.

L'*adaméllite à aegyrine et riebeckite* forme une bande allongée qui suit le décro-chauvauchement (linéament) de Timgaouine. Elle est peralcaline, en général de couleur grise-blanc, peu altérée et se présente sous forme de grosses boules métriques passant au Sud et à l'Est de la zone de Tin-Effeï, à un granite

rouge altéré, dont on remarque l'absence de l'amphibole-sodique et de l'aegyrine, la présence de beaucoup d'opacités. Les oxydes de fer sont disséminés dans tous les minéraux de cette adamellite et surtout le feldspath, ce qui donne à l'adamellite la couleur rouge.

- *Les syénites* forment un massif allongé, qui jalonne la bordure Ouest du bassin d'Abankor. Au Sud, elles passent graduellement aux monzonites et monzodiorites quartziques. Au Nord et à l'Ouest, les syénites sont recoupées par les adamellites à biotite et muscovite.

De couleur rouge à blanche, la roche est grenue, cataclásée et recoupée par de nombreux filons de diabase et de rhyolites de direction NS et NS-SW, apparemment antérieures aux premiers bancs de lave du pharusien II.

- *Les granites* sont alcalins et affleurent sous forme de petits massifs. Cependant, ils sont plus déformés et plus mylonitisés. Ceci a probablement favorisé la disparition d'amphibole et son remplacement par le sphène et l'épidote. Par ailleurs, on remarque que le plagioclase est très rare.

*Deuxième partie : PETROGRAPHIE*

## PETROGRAPHIE

Les différents types de roches qui ont été définis sur la base de l'aspect macroscopique sur le terrain sont toutes analysées à l'aide du microscope pour déterminer les différentes compositions minéralogiques.

Dans cette région, les roches ont subi, plus ou moins intensément, un métamorphisme de bas degré de type basse pression. Celui-ci se traduit par des recristallisations des verres volcaniques et par l'existence, dans la plupart des échantillons, de deux assemblages minéralogiques superposés :

- Un assemblage primaire magmatique (assemblage I) : plagioclase, pyroxènes, olivine, quartz, feldspaths potassiques ( orthose et microcline ) amphibole, biotite, muscovite et minéraux opaques;

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

### *1 - Les volcanites*

Les basaltes de Silet ont une texture microlitique porphyrique. On observe des phénocristaux d'olivine, de clinopyroxène, de plagioclase et des minéraux opaques; dans une mésostase recristallisée composée de plagioclase abondant, de clinopyroxène et de granules opaques.

Les andésites se caractérisent par une texture microlitique porphyrique parfois microlitique à phénocristaux de grande taille(>1 cm.). Au microscope, on observe des phénocristaux de plagioclase, de clino et orthopyroxène et des minéraux opaques; emballés dans une mésostase recristallisée constituée de plagioclase, de pyroxène, de granules opaques et d'apatite.

Les dacites ont texture microlitique porphyrique parfois bréchique et même ignimbritique. Les phénocristaux de plagioclase altéré, de clinopyroxène,

d'orthopyroxène transformée en chlorite, de quartz (rare), de minéraux opaques et d'apatite emballés dans une mésostase recristallisée constituée de plagioclase, de grains opaques et de zircon.

Les rhyolites ont la même texture que les dacites. Les phénocristaux de biotite, de pyroxène altéré, de feldspath alcalin, de quartz peu abondant et d'apatite baignent dans une mésostase recristallisée constituée de plagioclase, de grains opaques, d'apatite, de zircon et de sphène.

Enfin, le tableau n°1., resume la composition minéralogique (minéraux primaires et secondaires ) détaillée pour chaque échantillon des volcanites de Silet.

#### Liste des abréviations utilisées dans le tableau n°1

Pl alt.....plagioclase altéré	Ep.....épidote
Cpx.....clinopyroxène	Chl.....chlorite
Op.....orthopyroxène	Carb.....carbonatite
Amp.....amphibole	Act.....actinote
H.....hornblende	Sph.....sphène
B.....biotite	Pren.....prethite
Q.....quartz	Ab.....albite
Felds alt...feldspath altéré	Zeol.....zeolite
Ol alt.....oligoclase altéré	Ser.....séricite
Phyl.....phylade	Pump....pumpérite

TABLEAU 1: REGION DE SILET

N° Ech	Lieu de prélèvement	Type de roche	Minéralogie
4558	Timess.	basalte alt. en "pillow"	Pl alt., reliques de Cpx, Op. (Ep, Chl, Carb, Act)
4559	Timess.	basalte alt. en "pillow"	Pl alt., reliques de Cpx, Op. (Ep, Chl, Carb, Act)
4557	Timess.	basalte alt. en "pillow"	Pl alt., reliques de Cpx, Op. (Ep, Chl, Carb, Act)
4556	Timess.	basalte métamorphisé	Pl alt., (Ep, Sph, Q, Pren, Act, Op)
SN28	Timess.	basalte doléritique	Pl alt., Op. (Amp, Phyl, Ab, Ep)
SN15	Irell.	basalte tuffacé	Pl alt., H+B, Op. (Ep, Act, Chl, Op, Ab)
3368	In'Eg'eg'ou	basalte doléritique	Pl, Cpx, Op. (Act, Zeol, Ep)
4553	Timess.	basalte porph.	Pl alt., H+B, Op. (Chl, Ep)
3351	Amded	basalte porph. alt.	Pl alt. H+B, Op. (Ab, Ser, Carb, Chl, Ep)
3352	Amded	basalte peu porph.	Pl alt., Cpx ouratilisé, Op. (Phyl, chl, Act, Ep, Ab, Q, Op)
4552	Timess.	basalte peu porph. alt.	Pl alt., Cpx, Ol alt., Op. (Ser, Ep, Chl, Act)
3353	Timess.	basalte porph. alt.	Pl alt., H+B., Op. (Ser, Ep, Chl, Pump)
3354	In'Eg'eg'ou	basalte porph. alt.	Pl alt., H+B., Op. (Phyl, Chl, Ab)
4551	Timess.	andésite rufacée alt.	Pl alt., reliques Cpx, Op. (Ep, Chl, Ser)
4548	Irell.	basalte vacuolaire alt.	Pl alt., reliques Cpx, Op. (Chl, Ep, Q)
4554	Timess.	basalte aphan. alt.	(Chl, Ep, Op, Ser)
4710	Timess.	basalte porph. alt.	Pl alt., H+B, Op. (Chl, Ep, Ab, Q)
3355	Irell.	andésite peu porph. alt.	Pl, H+B, Op. (Chl, Ep, Ser)
3356	Irell.	andésite porph.	Pl, H+B, Op. (Chl, Ep, Ab, Q, Op)
3357	Amded	andésite porph. bréchifiée	Pl, Cpx, H+B, Op. (Ab, Chl, Ep, Ser, Op)
3369	Timess.	andésite porph. bréchifiée	Pl alt., reliques Cpx, Op. (Ser, Chl, Carb, Ep, Q, Op)
3358	Irell.	andésite porph. bréchifiée	Pl, reliques Cpx, H+B, Op. (Ser, Chl, Act, Ep, Zeol, Q, Op)
4543	Timess.	andésite porph. bréchifiée	Pl alt., H+B, Op. (Ser, Carb, Ep, Chl, Ab, Op)
4549	Irell.	basalte vacuolaire	Pl alt., reliques Cpx, Op. (Chl, Ep, Q)
3367	Amded	andésite aphan. alt.	(Chl, Ab, Ep, Phyl)
4711	Amded	andésite porph. alt.	Pl alt., H+B, Op. (Phyl, Carb, Chl, Ab, Op)
3359	In'Eg'eg'ou	andésite porph. cataclasée	Pl alt., H+B, Op. (Ep, Chl, Phyl, Ab, Q)
3361	Timess.	andésite porph. déformée	Felds alt., H+B, Op. (Phyl, Ab, Ep, Chl, Q, Op)
SN22	Irell.	andésite porph. alt.	Pl alt., reliques Cpx, H+B, Op. (Chl, Ep, Phyl, Carb, Op)
4555	Timess.	andésite porph. alt.	Pl alt., H+B, Op. (Act, Chl, Ab, Op, Q)
4544	Amded	andésite porph. déformée	Pl alt., H+B, Op. Q. (Carb, Chl, Ab, Phyl, Zeol, Op)
SN02	Timess.	andésite porph. fluidale	Felds alt., H+B, Op. (Ep, Ser, Chl, B, Sph, Op)
3363	Timess.	dacite porph. alt.	Pl alt., H+B, Op. (Carb, Chl, Act, Ab, Q, Op)
3366	Amded	cinérite dacitique recristal.	(Act, Ep, Chl, Ab, Op, Q, Sph)
4547	Irell.	dacite peu porph. alt.	Pl alt., Op. (Chl, Ep, Ab, Op)
3364	Timess.	dacite porph. alt.	Pl alt. H+B, Op. (Ep, Ser, Act, Chl, Op, Sph)
4560	Timess.	dacite porph. alt.	Pl alt., H+B., Op. (Act, Chl, Ser)
SN21	Irell.	rhyolite porph. alt.	Felds alt., H+B, Op. (Q, Chl, Phyl, Ab)
4550	Irell.	rhyolite porph. alt.	Pl, H+B, Op. (Phyl, Chl, Ab, Q)
4545	Timess.	rhyolite porph. alt.	Felds alt., Op. (Phyl, Chl, Ep, Ab, Q)
4546	Irell.	rhyolite porph. alt.	Felds alt., Op, Q. (Phyl, Chl, Ab, Q)

Timess. . . . . Timesslarssine.

Irell. . . . . Irellouchem.

Le volcanisme de Timgaouine dans le bassin d'Abankor est très varié par sa nature pétrologique et minéralogique, et est composé par :

- Les metabasaltes (Ech.n° 419, B5, 527, B1, B6, B7)

Au microscope, ces roches présentent quelques variations de faciès. Globalement, on peut distinguer deux variétés pétrographiques :

\* *des basaltes aphyriques*, constitués principalement de fantômes d'anciens ferromagnésiens altérés et retromorphosés en amphiboles (actinote abondante), épidote et plagioclases albitisés. Ces minéraux baignent dans une mésostase cryptocristalline fortement recristallisée constituée d'actinote, de chlorite, de calcite et d'épidote. Ce basalte à texture métadoléritique est particulièrement riche en opaque (magnétite).

\* *des basaltes vacuolaires*, relativement peu altérés. On y observe de nombreuses vacuoles recristallisées et remplies de quartz secondaire polycristallin. L'examen microscopique montre une transposition de la fluidalité magmatique dans une schistosité de flux soulignée par des baguettes d'actinote secondaire orientée.

- Les basaltes et les andésites basaltiques spilitisés

Ces laves sont communément porphyriques et plus ou moins amygdalaires. Elles présentent une texture microlitique porphyrique. La paragenèse métamorphique la plus commune est : albite, chlorite, calcite, leucoxène, épidote (zoïsite) et éventuellement oxydes de fer (hématite). Cette association est caractéristique des transformations de basse température (métamorphisme épizonal panafricain).

- Les sills andésito-basaltiques

(Ech.n ° 815, 612, 609, 607, 413, 412, 917, 312, 24, 48)

La minéralogie de ces roches est pratiquement toute secondaire et caractérisée du faciès schiste vert. Elle est formée d'albite, chlorite, actinote vert-

pâle, séricite associée quelquefois à l'épidote, sphène (leucoxène), calcite et parfois quartz. La texture magmatique de ces roches est souvent conservée.

**- Les andésites acides**

(Ech.n° S8, 920, 911, 925, S1, S3, S4, 910, S5, S6, S7, S9, S10, 17)

Ces roches présentent généralement une texture porphyrique avec un fond microlitique auto-bréchique; elles sont aussi quelquefois amygdalaires.

*Au microscope*, la texture est porphyrique intersertale et microlitique. La roche est envahie de calcite qu'on retrouve surtout dans la mésostase. Les phénocristaux de plagioclases albitisés sont fracturés et souvent altérés en micas blancs. Ces fractures sont scellées de la séricite soulignant la schistosité. La mésostase, très recristallisée et altérée, montre une association de microlites de feldspaths séricitisés, de chlorite, d'opagues (cubes de pyrite) et de plages de calcite moulant des phénocristaux altérés.

**- Les laves dacitiques** (Ech.n° D1, D2, D3, D4, D5)

En lame mince, la texture est microlitique porphyrique, sans aucune fluidalité magmatique apparente. L'assemblage minéralogique comprend une association de phénocristaux automorphes de plagioclases albitiques souvent altérés en micas blancs et de feldspaths potassiques maclés (orthose) accompagnés de quelques cristaux de quartz. La mésostase, finement recristallisée, montre une multitude de produits secondaires (chlorite, séricite, calcite, quartz) et des opagues.

**- Les rhyolites** (Ech.n° 921, 107, 908, 20)

L'examen pétrographique des lames minces, a permis de distinguer deux principaux faciès : les rhyolites gris-blanchâtres et les rhyolites rose-brunâtres.

\* *Les rhyolites gris-blanchâtres.* Les phénocristaux sont représentés par de l'albite entièrement ou partiellement altérée en micas blancs et renfermant des inclusions cristallines (apatite, zircon), plus rarement du quartz et



quelques grains d'opakes. Ces éléments baignent dans une matrice recristallisée riche en séricite, fins agrégats de quartz et calcite; la calcite secondaire comble aussi les cavités des feldspaths.

\* *Les rhyolites rose brunâtre.* Microscopiquement, ces roches présentent une texture porphyrique. On distingue dans une mésostase quartzo-feldspathique finement recristallisée et transformée, des phénocristaux peu abondants. Ceux-ci sont essentiellement des plagioclases albitisés, des quartz, des fantômes d'anciens ferro-magnésiens (biotite, amphiboles).

#### - Les tufs

*Au microscope,* cette roche montre de nombreux débris de laves, de cristaux de plagioclases (essentiellement albitiques) fracturés et altérés en micas blancs et de grains de quartz. Ces éléments sont agglomérés dans une matrice, souvent sombre, micro à cryptocristalline schistosée et constituée d'une poussière d'éclats et de verre recristallisé puis altéré. Cette matrice est riche en calcite, séricite, chlorite et quelquefois épidote, souvent en veinules.

#### - Les tufs et les brèches spilitiques

Dans ces brèches remaniées, les fragments de roches volcaniques basiques sont emballés dans une matrice tuffacée de même nature, à cristaux de plagioclase (albite, oligoclase); le tout est pris dans un ciment chlorito-sériciteux. D'une manière générale, les fragments de laves gris sombres présentent une texture fluidale.

Les tufs sombres constituent le faciès le plus commun, intercalés dans les brèches et les coulées. Ce sont des roches basiques à intermédiaires, renfermant des fragments hétérogènes allant de la taille de cendres grossières jusqu'à des lapites.

*Au microscope,* ce faciès plus ou moins lité montre, dans une matrice sombre constituée de chlorite (dominante) accompagnée d'épidote, un assemblage de cristaux entiers et d'éclats de plagioclases, principalement albitiques

(kératophyre) et de fragments lithiques accompagnés quelquefois, de quartz détritique fin.

#### - Les pyroclastites acides

Ces produits pyroclastiques peuvent être subdivisés en trois faciès principaux. Les tufs et les brèches représentent les faciès prédominants alors que les ignimbrites sont particulièrement développés vers la partie Sud de Tin-Effeï.

En lame mince, ces roches présentent un aspect finement feuilleté évoquant une texture fluidale. La texture magmatique vitroclastique est complètement oblitérée par l'altération. Les phénocristaux sont surtout des plagioclases albitisés et rarement du quartz, emballés dans une mésostase cryptocristalline riche en quartz, séricite, calcite et quelques minéraux opaques.

#### - Les tufs rhyolitiques (Ech.n° 604, 309, 45, 2004)

La roche est de couleur gris clair, massive et homogène, comportant de gros cristaux de quartz mis en relief par l'érosion.

*Microscopiquement*, cette roche a l'aspect d'une lave à texture porphyrique. Les cristaux entiers ou éclatés qui représentent 20-30% du volume sont essentiellement du quartz, des feldspaths alcalins et des minéraux ferromagnésiens destabilisés (biotite, chlorite).

Les feldspaths sont généralement des orthoses. Ils sont deux fois plus abondants que le quartz. Souvent, ils sont altérés en séricite. Le quartz forme 5 à 10% de la roche totale. Ce sont généralement des cristaux parfaitement automorphes et limpides. La biotite se présente en paillettes vert-brunâtre. Elle est altérée en chlorites accompagnant des plages de calcite.

Tous ces minéraux sont agglomérés dans une matrice constituée d'une très fine poussière volcanique (cendres) recristallisée, riche en séricite, quartz, feldspath potassique et calcite.

#### - Les filons sub-doléritiques

Ces roches de couleur vert sombre, sont constituées principalement de microcristaux d'amphiboles vert pâle avec des nuances brunâtres (hornblende actinolitique). Ces assemblages proviennent de l'ouralitisaiton d'anciens pyroxènes. De belles sections fraîches de plagioclases (albite) poussent à l'intérieur d'anciens plages de minéraux reliques destabilisés. Les phases minérales accessoires sont représentées par des opaques (ilménites, magnétites...) qui pigmentent régulièrement la roche. Il s'agit d'une véritable roche cristallophylienne à texture granonématoblastique.

#### - Les microgabbros

En lame mince, dans ces roches déformées et recristallisées, il ne subsiste de la paragenèse magmatique que quelques reliques de cristaux de plagioclase. La chlorite et l'amphibole sont abondants. A la structure magmatique (microgrenue), partiellement conservée, se superpose une texture orientée nématoblastique d'origine métamorphique.

#### - Les sills métadoléritiques

Les pyroxènes et les plagioclases sont systématiquement altérés en amphibole et albite. L'amphibole s'observe souvent en petites plages ou en aiguilles avec des teintes variables (brune à vert-pâle). La matrice est très riche en agrégats actinote-chlorite qui comblent les espaces intergranulaires. Les minéraux opaques généralement pseudomorphosés en sphène et magnétite, sont très abondants.

Ces roches présentent une paragenèse minérale à hornblende brune à verte correspondant à un métamorphisme régional de bas à moyen degré et une paragenèse (albite-chlorite-épidote-sphène) semblable à celles des roches hydrothermalisées.

### CONCLUSION

L'étude des formations magmatiques a démontré l'existence d'un complexe volcanique basique à intermédiaire comprenant des épanchements volcaniques et des pyroclastites (brèches, tufs) remaniés. L'analyse pétrographique des principaux faciès met en évidence une paragenèse spilitique :

albite+chlorite+calcite+leucoxène+hématite+/-épidote+/-sphène (paragenèse du faciès schiste vert).

L'étude en lames minces de ces faciès révèle la préservation des textures magmatiques initiales au sein d'une roche fortement transformée où aucune phase minérale primaire ne subsiste. Les textures les plus fréquentes sont la texture porphyrique amygdalaire, vacuolaire et la texture microlitique tantôt fluidale, tantôt intersertale. Ces caractères sont caractéristiques de roches spilitisées.

Le rôle le plus déterminant, au cours des processus de spilitisation, a dû être joué par l'eau de mer piégée dans les vacuoles. A ce processus est venu se superposer le métamorphisme général lié à la phase tectonique majeure panafricaine.

L'étude pétrographique montre que les dernières manifestations volcaniques comportent des filons et des intrusions essentiellement rhyolitiques, non schistosées et peu transformées. Ces roches témoignent d'une activité magmatique post-orogénique marquant le début de la distension. Elles représenteraient probablement l'équivalent volcanique du granite d'Immezarène avec lequel elles seraient cogénitiques. A partir de ces considérations, on peut supposer que la région de Timgaouine-Abankor et ses environs ont été recouverts par un important volcanisme acide sous lequel se serait mis en place le grand batholite d'Immezarène. Fabre et al.(1988) ont estimé à 5000 m l'épaisseur des formations érodées depuis la mise en place du magmatisme post-tectonique jusqu'à la pénéplanation cambro-ordovicienne de l'ensemble du bouclier. Ces roches auraient donc été les principaux débiteurs des arkoses rouges de la série molassique, encore conservée contre le grand accident de Timgaouine.

## 2 - Les plutonites.

### - Les granodiorites ( Ech.n° 153, 54, 287, 187, 216, 286, 303)

La roche est composée de phénocristaux de microcline pouvant atteindre 4 à 5 centimètres, de quartz, d'amphibole et de biotite et parfois de muscovite; ce qui confère à la roche une légère tendance alumineuse. Le plagioclase est altéré en séricite, les accessoires sont présentés par le zircon, l'apatite, l'allanite, le sphène et les minéraux opaques.

- Les adamellites se divisent en adamellites à hornblende et/ou à biotite, en adamellites à riebeckite et aegyrine de texture hypersolvus et à méso-perthites, et en adamellites à muscovite primaire (alumineuse) à texture subsolvus.

#### \* L'adamellite à amphibole ( Ech.n° 47)

*Au microscope*, le microcline est subautomorphe perthitique, l'amphibole est ferro-hornblende, associée parfois au biotite en lamelles, le quartz est à extinction ondulante. Les minéraux accessoires y sont nombreux ( zircon, ilménite, apatite, allanite, hématite ).

#### \* L'adamellite à biotite ( Ech.n° 291B, T1, 215, 302)

*Au microscope*, elle a les mêmes texture et composition minéralogique que la précédente, à part que l'amphibole est absente.

#### \* L'adamellite à biotite et à muscovite ( Ech.n° 136) :

Cette roche se divise en deux faciès : le premier sera à biotite dominante avec peu ou pas de muscovite; le second est à muscovite. L'adamellite à biotite dominante est en général à microcline automorphe, à quartz recristallisé et à plagioclase .

#### \* L'adamellite à aegyrine et riebeckite (Ech.n° C2, 162, 163,217)

*Au microscope*, le microcline est maclé perthitique, l'amphibole est représentée par la riebeckite, l'aegyrine verte est probablement tardive et entoure

souvent la riebeckite en association avec le quartz et les minéraux opaques, la biotite est très rare et dans la plupart des cas transformée en chlorite.

- Les syénites ( Ech.n° 144, 149)

Les syénites ont une texture monzonitique et sont composées de pyroxène (salite-augite), d'amphibole calcique (hornblende magésienne), de biotite, de très peu de plagioclase, de mésoperthite et de beaucoup de microcline et d'orthose.

- Les granites

Le granite à biotite (Ech : 180, 186, 125) :

Ce granite alcalin a une texture hypersolvus. Cependant, il est plus déformé et plus mylonitisé. Ceci a probablement favorisé la disparition d'amphibole et son remplacement par le sphène et l'épidote. Par ailleurs, on remarque que le plagioclase est très rare. Le quartz est subautomorphe, le microcline est xénomorphe et perthitique, la biotite est en lamelles et qui se transforme parfois en chlorite. Les minéraux accessoires sont l'apatite, le zircon et les oxydes de fer.

*Troisième partie* : GEOCHIMIE

## Introduction

Une classification naturelle, cohérente et exhaustive des roches ignées et de leurs séries est un préalable indispensable à toute cartographie des domaines cristallins, à toute recherche sur la génèse et l'évolution des magmas, à tout essai de corrélation entre magmatisme et phénomènes géodynamiques ou potentialités métallifères et, d'une manière générale, à tout dialogue sur *le plutonisme ou le volcanisme*. Toutefois, il faut souligner la difficulté qu'il y a d'aboutir à une classification approuvée.

Pour pallier à cet obstacle, on a choisi la méthode proposée par Debon et Le Fort (1983), basée sur des données chimiques quantitatives (éléments majeurs), de l'ensemble des roches plutoniques et volcaniques communes.

Ce choix reste pertinent pour l'ensemble des roches sauf pour celles de Silet, dont on a constaté, qu'il est préférable de choisir la méthode proposée par Taylor (1969).

Nous disposons de plusieurs analyses chimiques sur roches (éléments majeurs et autres), pour l'ensemble des formations plutoniques et volcaniques des zones étudiées.

La définition chimico-minéralogique de chaque série (plutonique ou volcanique) sera basée sur les diagrammes suivants :

### - Pour les éléments majeurs

\* Le diagramme de nomenclature Q - P de Debon et Le Fort ( 1983 ), dont  $Q = [ Si / 3 - ( K + Na + 2 Ca / 3 ) ]$  fonction de  $P = [ K - ( Na + Ca ) ]$ . Son paramètre Q est proportionnel à la charge pondérale en quartz des roches ignées communes. Le quartz, le feldspath potassique et les plagioclases s'y distribuent aux trois sommets d'un triangle, ce diagramme apparaît bien adapté à l'établissement d'une nomenclature basée sur les éléments blancs. A ce diagramme a été superposée une grille de classification dont chaque case ( 1 à 12 ) correspond à un nom de roche volcanique ( ou plutonique). 1-rhyolite; 2- dacite;.....12- basalte. ( 1- granite; 2- granodiorite; .... 12- gabbro).



\* Le diagramme 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 et 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 présentés 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- par des demi-droites issues de l'origine. Ainsi on peut considérer que les roches localisées dans son secteur I sont à deux micas, avec muscovite > biotite; secteur II = roches à deux micas, avec biotite > muscovite; secteur III = roches à biotite; secteur IV = roches à biotite, amphibole +/- pyroxène; secteur V = roches à clinopyroxène, amphibole,...; secteur VI = seules des roches exceptionnelles (carbonatites par exemple) devraient s'y rencontrer.

\* Le diagramme rectangulaire d'Irvine et Bargar (1971) des alcalis ( $Na_2O + K_2O$ ) vs ( $SiO_2$ ). A l'aide d'une droite ne passant pas par l'origine mais par l'axe des abscisses (au point de coordonnées  $SiO_2 = 39\%$  et  $Na_2O + K_2O = 0\%$ ) et divisant le rectangle d'Irvine et Bargar en deux secteurs supérieur et inférieur, nous pouvons alors savoir qu'il s'agit respectivement d'une série alcaline ou subalcaline.

\* Le diagramme triangulaire d'Irvine et Bargar (1971) associe trois paramètres  $FeO^*$ ,  $MgO$  et  $Na_2O + K_2O$ . Ce diagramme marque la limite entre 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 calcoalcaline évolue directement en direction du pôle  $Na_2O + K_2O$  : enrichissement en alcalis (et  $SiO_2$ ) avec diminutions parallèles de  $FeO^*$  et  $MgO$ .

\* Le diagramme rectangulaire de Batchelor et Bowden (1985)  $R2 = 6 Ca + 2 Mg + Al$  en fonction de  $R1 = 4 Si - 11 (Na + K) - 2 (Fe + Ti)$ , comporte six domaines 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.

\* Le diagramme rectangulaire de Gill (1981) permet d'analyser la tendance potassique pour chaque roche; faible, moyenne ou forte en K (potassium). Ce diagramme a été modifié par Le Maître (1989), et peut servir comme appui pour

confirmer la classification des roches volcaniques, proposée par Taylor ou Debon et Le Fort.

- Pour les éléments en traces :

\* Le diagramme La/Ba de Gill (1981) est divisé en plusieurs secteurs, parmi eux : E-MORB ( Basaltes des rides médio-océaniques d'Island ), N-MORB (Basaltes des rides médio-océaniques normalisées ) et orogénic andesites. Ce dernier est lui même subdivisé en trois sous-secteurs suivant que la composition de la roche est faible, moyenne ou forte en K.

\* Le diagramme rectangulaire Ti/Cr de Pearce (1975). Le rectangle de Pearce est divisé par une droite inclinée vers la droite en deux domaines, LKT (Low Potassium Tholeiites) et OFB ( Ocean Floor Basalts ).

- Pour les terres rares:

Les terres rares sont des éléments peu sensibles à l'altération et au métamorphisme. Par contre, au cours de processus magmatiques, elles se fractionnent beaucoup et leurs spectres peuvent caractériser le mode de genèse et les matériaux sources des roches ignées. Théoriquement au cours des phénomènes de cristallisation magmatique, les terres rares s'enrichissent dans le liquide résiduel par rapport au solide. De plus, on observe souvent un fractionnement à l'intérieur de la série des terres rares, en particulier les légères se concentrent davantage que les lourdes dans le liquide.

L'étude des terres rares nous permet de préciser la typologie exacte des roches magmatiques dont la cristallisation lente et profonde implique qu'elle ne peut être considérée comme un système fermé.

Les éléments incompatibles ( terres rares légères, Thorium, Uranium, et à un degré moindre, terres rares lourdes, Rb ), doivent théoriquement se concentrer dans le liquide formé, lors d'une fusion partielle.

Le comportement théorique des terres rares peut être totalement modifié ou bien contrôlé par la présence de minéraux accessoires très riches en ces éléments (zircon, allanite. . .).

L'anomalie négative en europium est liée au fractionnement des feldspaths et plus particulièrement des plagioclases au cours de l'évolution de la cristallisation des magmas.

Les spectres des terres rares seront normalisés avec la norme PRIM, c'est-à-dire avec un magma primaire.

## 1 - Les volcanites

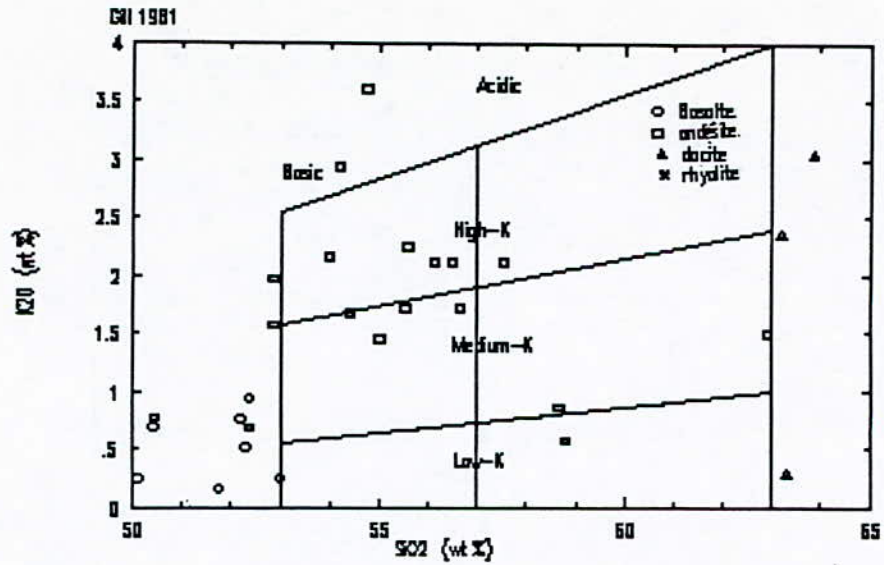
Selon Chikaoui ( 1981 ) les volcanites de Silet sont composées de deux formations, le pharusien I composé des séries de Timesselarsine et d'In Eggeggou, et le pharusien II composé des séries d'Amded et d'Irellouchème.

La série de Timesselarsine comprend des basaltes, des andésites, des dacites et des rhyolites, tandis que celle d'In Eggeggou est prédominée par des pyroclastites.

La série d'Amded comporte des basaltes, des andésites et des dacites, alors que la série d'Irellouchème comporte en plus des rhyolites.

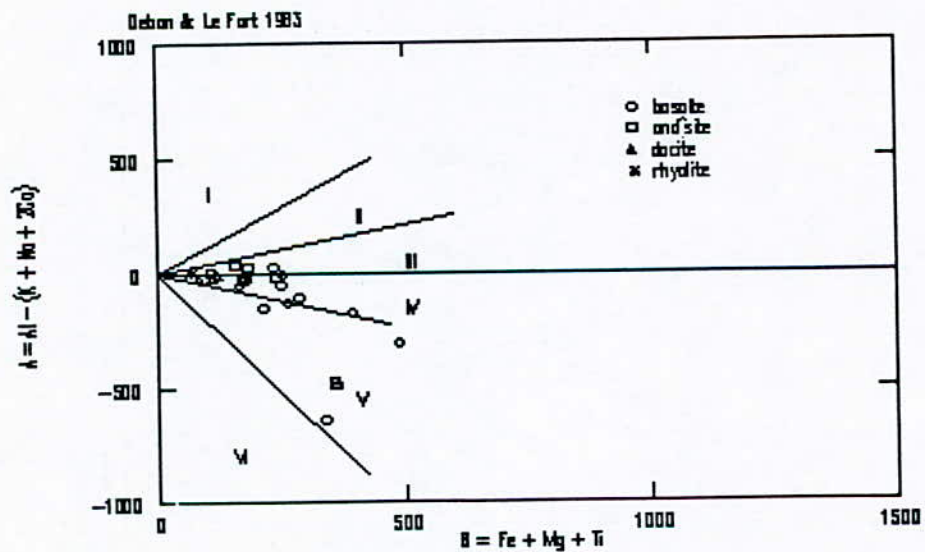
Selon la classification proposée par Taylor (1969), Dans cette région, les volcanites ont été subdivisés en basaltes ( $\text{SiO}_2 < 53\%$ ), andésites basaltiques ( $53 < \text{SiO}_2 < 56\%$ ), andésites ( $56 < \text{SiO}_2 < 62\%$ ), dacites ( $62 < \text{SiO}_2 < 68\%$ ) et rhyolites ( $\text{SiO}_2 < 68\%$ ). ( voir Annexe - pour Silet- ).

Cette subdivision s'accorde assez bien avec celle de Le Maître (1989) fondée sur la composition en  $\text{SiO}_2$  et en  $\text{K}_2\text{O}$ , et montre que la majorité des volcanites sont moyennement potassiques, exceptionnellement faite pour quelques échantillons (SN21, 4560, 4546, 4550 ) qui sont fortement potassiques. ( fig. 9 )



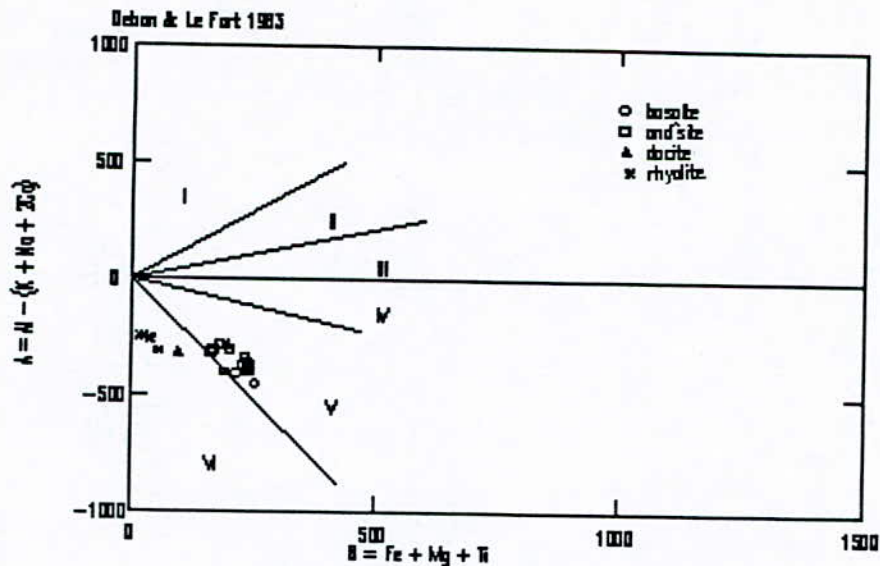
(fig. 9)

Les andésites ( 3361, SN02 et 3359 ) sont peralumineux, localisés dans le secteur III du diagramme de Debon et Lefort ( 1983 ). Les autres volcanites du pharusien I sont métalumineux et sont localisées dans les deux secteurs IV et V. (fig.10).



(fig.10).

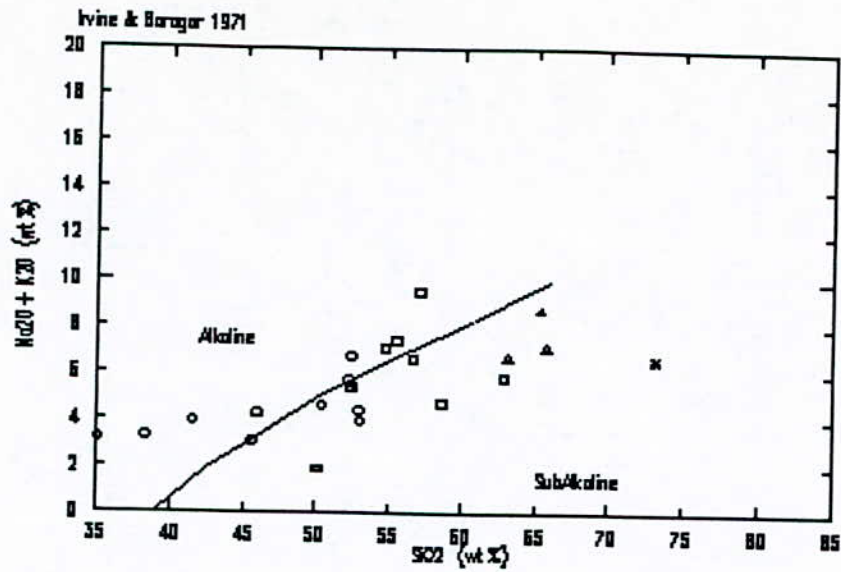
Les volcanites du pharusien II présentent les mêmes tendances que celles du pharusien I, sauf pour un échantillon rhyolitique qui se localise dans le secteur II (fig. 11)



(fig. 11)

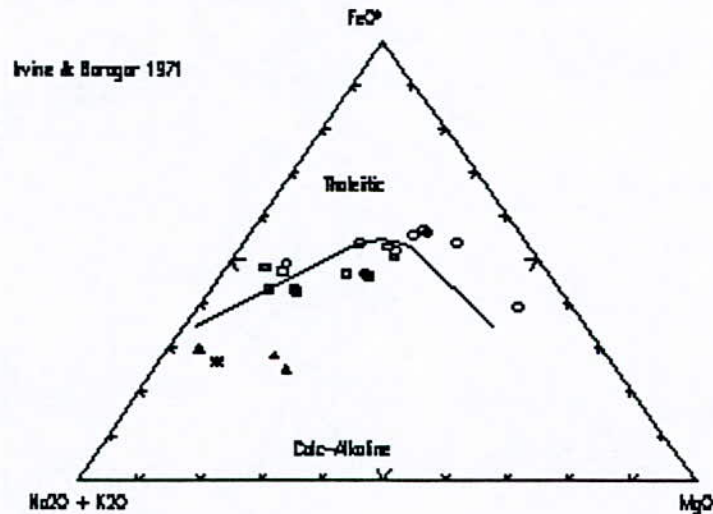
Toutefois on peut constater, d'après la distribution des échantillons sur le diagramme A-B, l'enrichissement en ferromagnésiens en allant des rhyolites aux basaltes. Ceci est évident puisqu'au cours de sa montée le magma basaltique s'appauvrit en Fe et Mg et s'accompagne de produits de sa différenciation. Ces produits sont plus acides, c'est-à-dire plus riches en silice, de composition andésitique, dacitique et rhyolitique.

Les basaltes et les andésites de Timesselsarsine et d'In Egéggou appartiennent à deux séries alcaline et subalcaline, mais les dacites et les rhyolites sont toutes subalcalines (fig. 12).



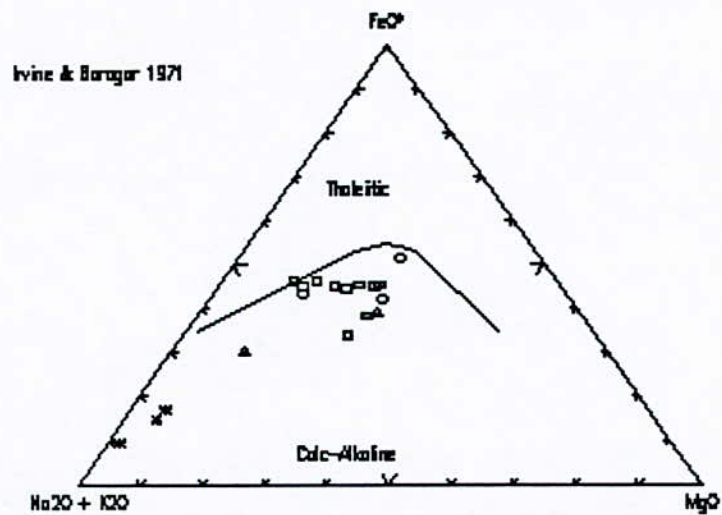
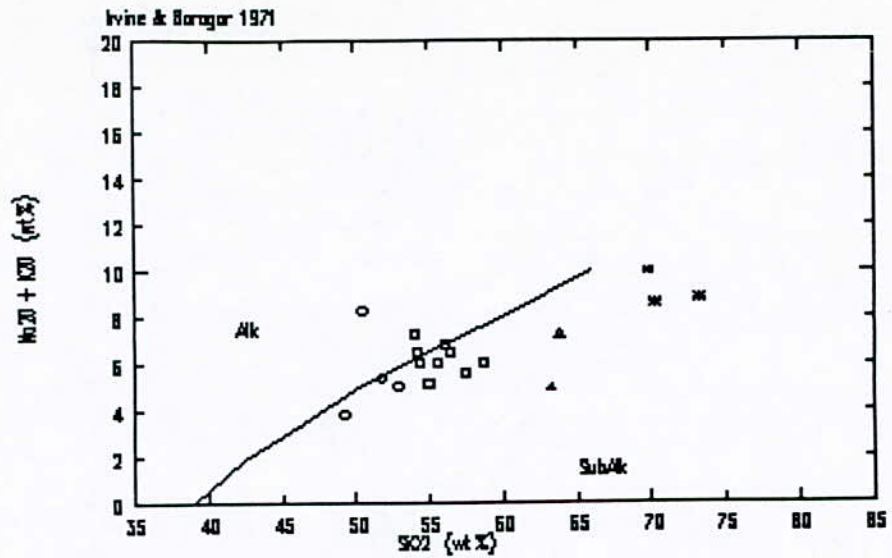
( fig 12 ).

les basaltes et les andésites subalcalines se concentrent sur la limite séparant le domaine calco-alcalin du domaine tholéitique, alors que les dacites et les rhyolites se situent nettement dans le domaine calco-alcalin ( fig. 13 ).



( fig. 13 ).

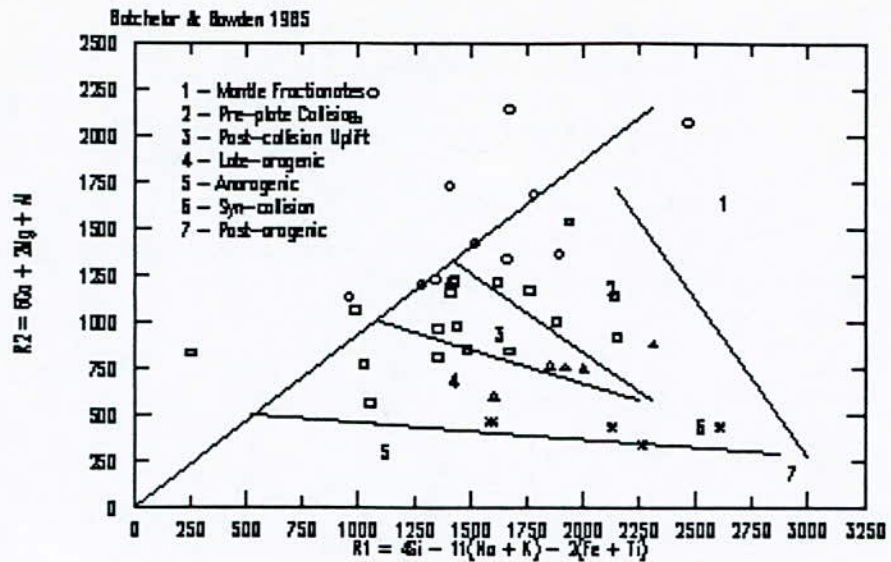
Les volcanites d'Amded et d'Irellouchem présentent les mêmes tendances que celles décrites précédemment; mais avec d'une part, moins d'enrichissement en fer pour l'ensemble des échantillons et, d'autre part un décalage remarquable des rhyolites ( Ech : SN21, 4550, 4546 ) vers le pôle des alcalis, probablement à cause de l'altération ( fig. 14 ). Ceci est confirmé par la pétrographie (voir tableau : 1 ).



( fig. 14 ).

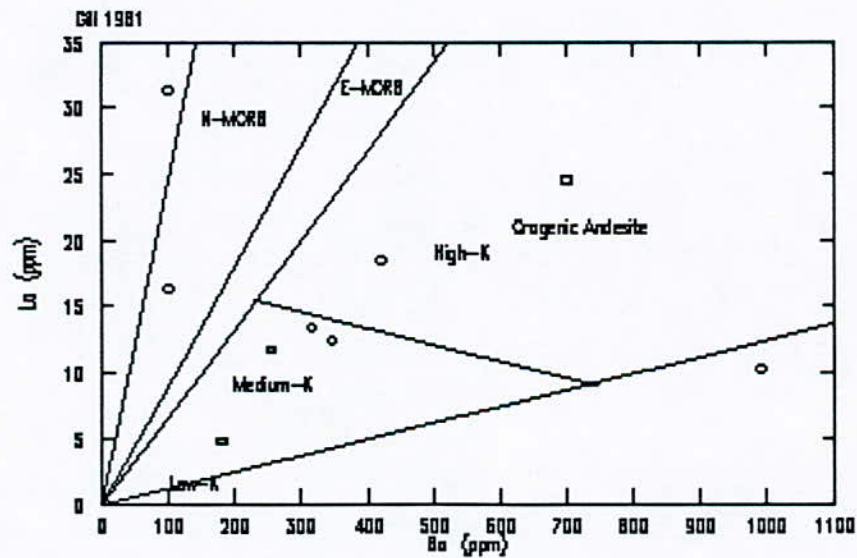
Les volcanites de Timesselarsine et d'In Egéggou sont en général moyennement potassiques, sauf les échantillons ( andésite N° 3369, dacite N° 4560 ) qui sont fortement potassiques. Celles d'Amded et d'Irellouhem ont aussi la même tendance, exception faite pour les rhyolites qui ont une teneur élevée en K ( fig. 9 ).

D'après le diagramme R<sub>1</sub>R<sub>2</sub> de Batchelor et Bowden ( 1985 ) les séries volcaniques de Silet sont orogéniques; elles débutent par des basaltes mantelliques, des andésites puis par des dacites et des rhyolites qui dessinent une lignée tholeito- calco- alcaline prè- à syn-collision ( fig. 15 ).



(fig. 15).

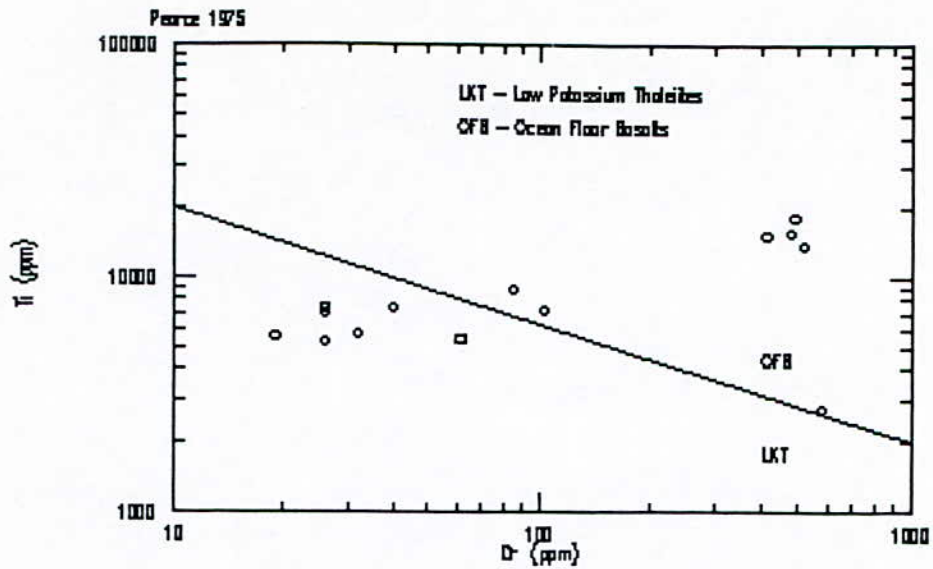
D'après le diagramme des éléments en traces de Gill ( 1981 ), les volcanites de Timesselarsine et d'In Egéggou se situent dans le domaine orogénique, à l'exception des basaltes : 4456, 4557 qui sont de type N-MORB. (fig. 16)



(fig. 16)

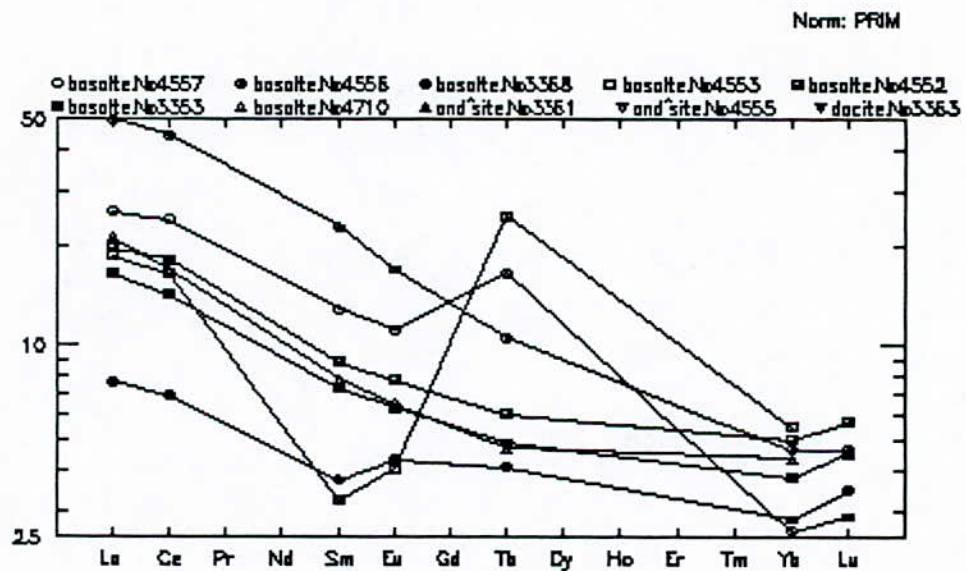
Le diagramme Ti vs Cr ( Pearce, 1975 ) montre que les volcanites de Silet se situent dans le secteur LKT, à part quelques volcanites de Timesselarsine et d'In Egéggou ( Ech. 4558, 4559, 4557, 4556, SN28, 3368, 3351, 3354 ) et les andésites ( 4549, 4711 ) d'Amded et d'Irellouchem qui occupent le domaine OFB (croûte océanique basaltique) ( fig. 17 ).





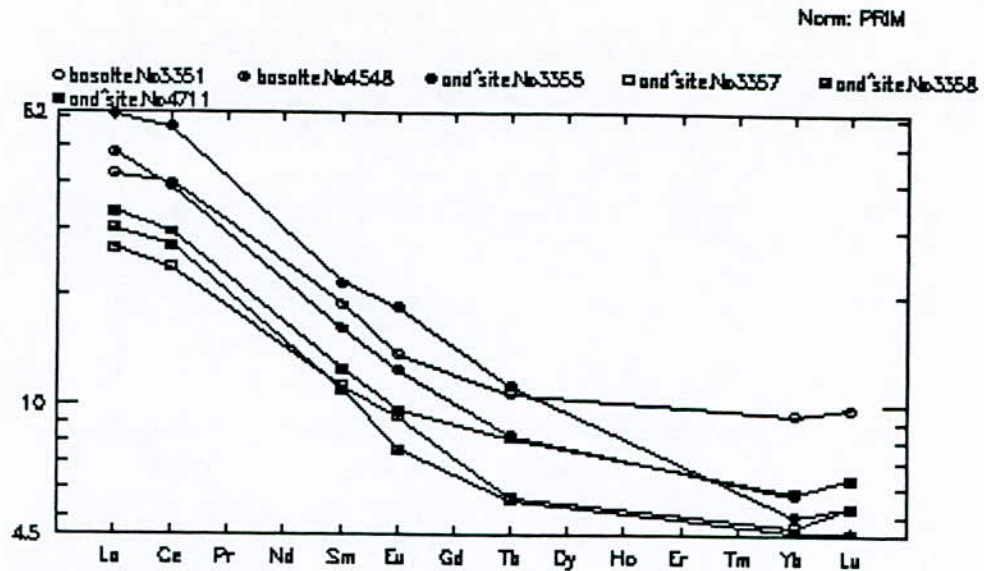
(fig. 17).

Les spectres des terres rares des volcanites du pharusien I sont les mêmes pour l'ensemble. Les échantillons 4553, 4557 ont des teneurs positives en Tb et les échantillons 3368, 4553 ont des teneurs relativement faibles en Sm (fig. 18).



(fig. 18).

Les volcanites du pharusien II ont les mêmes spectres. Ils ont des teneurs élevées en terres rares légères et faibles en lourdes. (fig. 19)



( fig. 19 )

On peut conclure en se basant sur le tableau n°1 qui résume les caractères pétrographiques des formations de Silet, que les minéraux magmatiques sont remplacés par un assemblage secondaire indicateur d'un métamorphisme de bas degré d'âge pan-africain. La plupart des échantillons contiennent des minéraux secondaires et, parfois même, la paragenèse primaire a presque totalement disparu (Ech. 4554 de Timesselarsine ). Les variations de teneurs ( enrichissement ou appauvrissement ) en éléments majeurs peuvent être reliées au minéral secondaire prédominant dans l'échantillon.

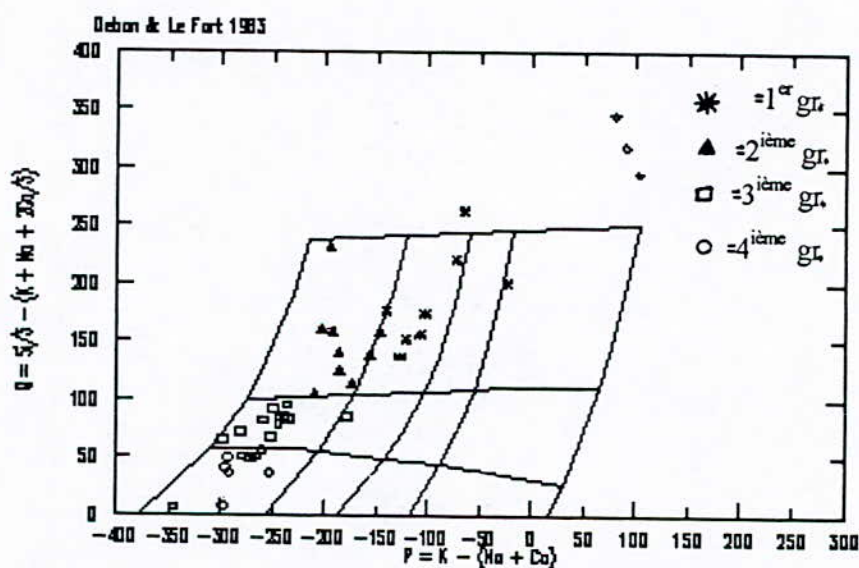
Le caractère généralement calco-alcalin de ces formations est confirmé par le diagramme d'Irvine et Baragar. L'évolution calco-alcaline est marquée au stade initial par des basaltes et des andésites et, au stade final par les dacites et les rhyolites. La série tholeitique renferme quelques basaltes et andésites.

L'allure générale des profils des terres rares n'est pas modifiée de façon importante par l'altération; car les rapports La/Yb sont à peu près constants.

D'après la grille de classification de debon et Le Fort, les volcanites de Timgaouine se subdivisent en cinq groupes ( fig. 20 ) :

- 1<sup>er</sup> groupe : rhyodacites;
- 2<sup>ème</sup> groupe : dacites;
- 3<sup>ème</sup> groupe : andesites quartziques;
- 4<sup>ème</sup> groupe : basalte ( andésite ).

Il convient de souligner la localisation de quelques échantillons hors de cette grille; une telle localisation suggère qu'ils sont très riches en quartz. Il s'agit là peut-être de filons altérés.



( fig. 20 )

1<sup>er</sup> groupe : rhyodacites

Les roches constituant ce groupe sont toutes peralumineuses localisées dans les secteurs II et III; à l'exception d'une seule qui est métalumineuse ( Ech , 908 ) localisée dans V. ( fig. 21 ). Localisé dans le domaine subalcalin, ce groupe est de nature calco-alcaline ( fig. 22; 23 ).

2<sup>ème</sup> groupe : dacite

Ce groupe est constitué de roches peralumineuses (Ech : D5, 48, 107) et métalumineuses ( Ech : 412, 910, S6, S4, 917, 413 ) localisées respectivement dans les secteurs II et IV. ( fig. 21 ). Les roches du groupe en question sont subalcalines et de nature calco-alcaline ( fig. 22; 23 ).

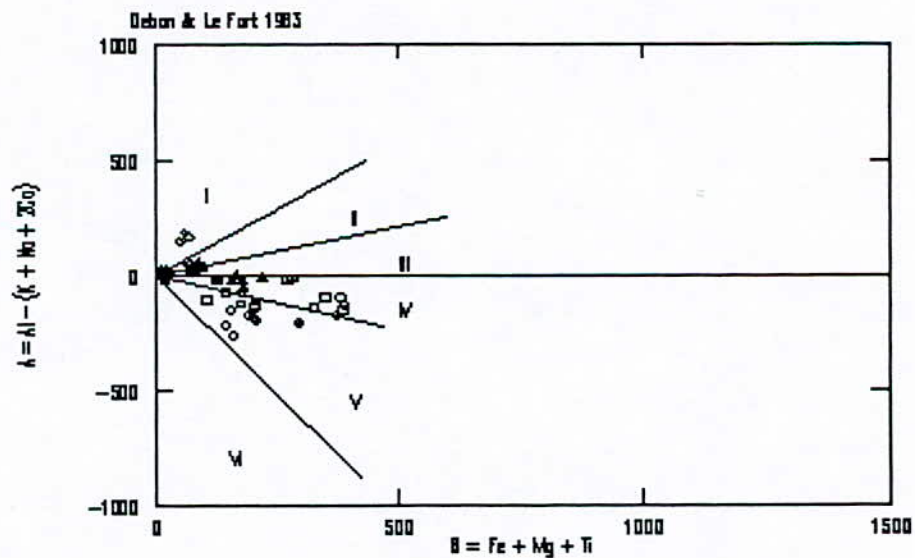
3<sup>ème</sup> groupe : andésites quartziques

Les roches de ce groupe, toutes métalumineuses, sont localisées dans les secteurs IV ( Ech : 24, 609, 612, 815, B7, 527 ) et V ( Ech : 312, 17, 607 ) ( fig. 21 ).

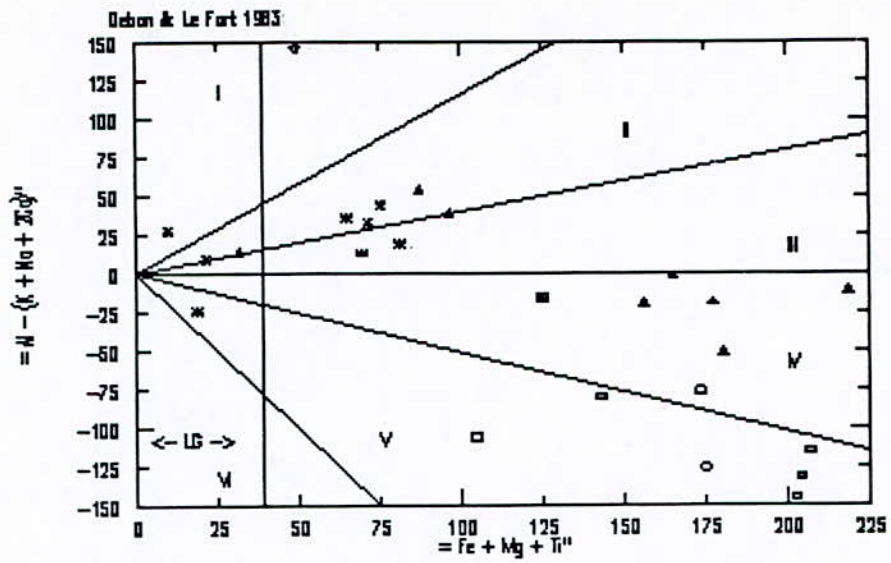
A part l'échantillon : S3 qui se situe dans le domaine alcalin, les autres sont subalcalins. Ces derniers sont de nature calco-alcaline et parfois tholeitique ( Ech : B5, 527, 815 ) ( fig. 22; 23 ).

4<sup>ème</sup> groupe : basalte ( andésite )

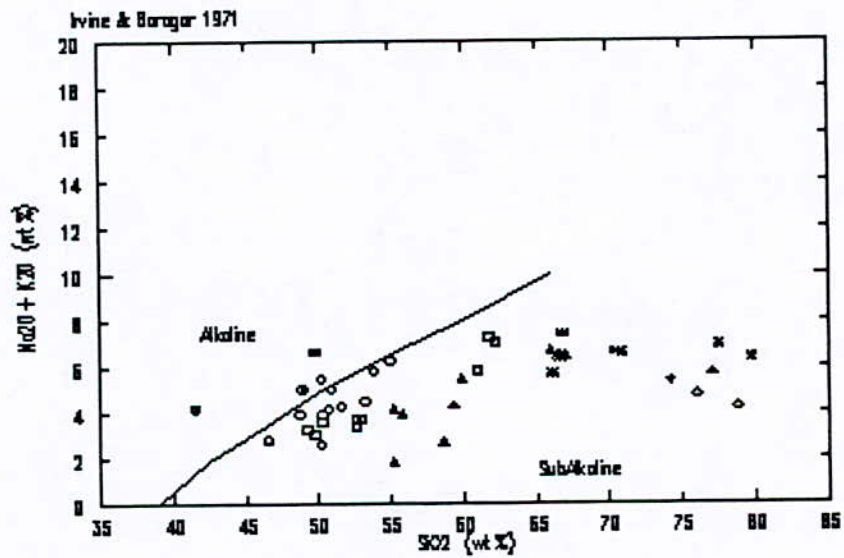
Ces roches sont toutes métalumineuses et se localisent dans deux secteurs IV et V. ( fig. 21 ).

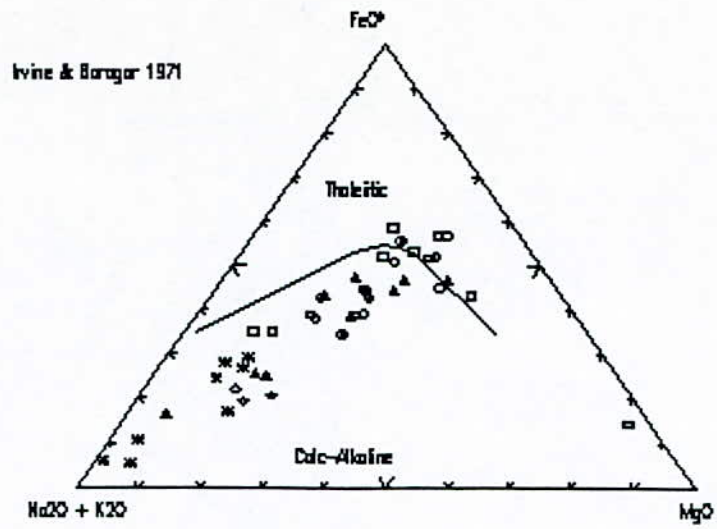


( fig. 21 ).



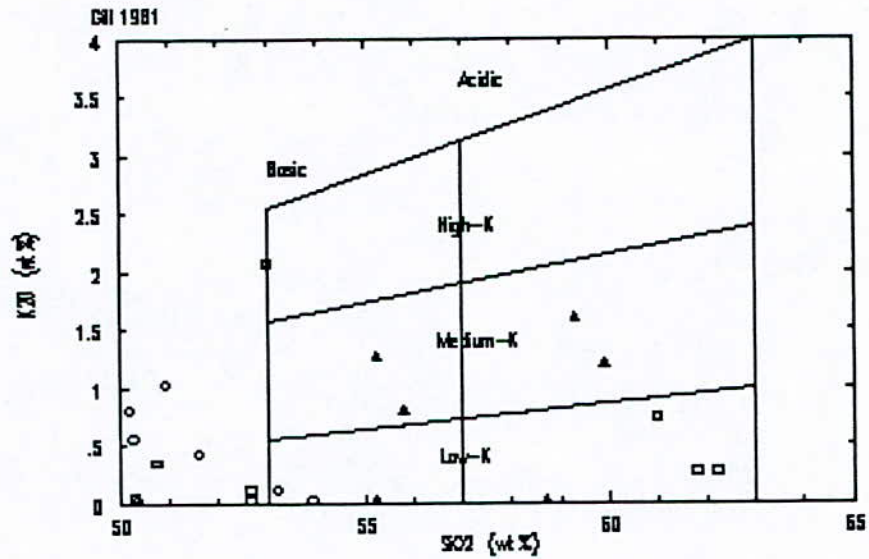
Le diagramme triangulaire d'Irvine et Bargar ( 1971 ) permet de distinguer les roches alcalines ( Ech: S7, S2, S10 ) de celles qui sont subalcalines. Ces dernières se rassemblent sur la limite séparant le domaine calco-alcalin du domaine tholeitique ( fig. 22; 23 ).





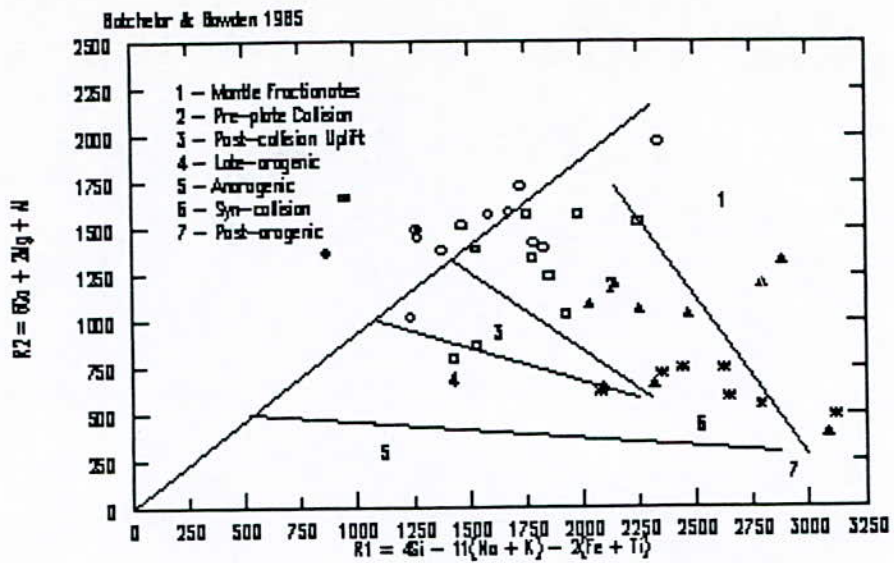
( fig. 23 ).

Selon le diagramme de Gill ( 1981 ), les formations volcaniques du bassin d'Abankor sont faibles à moyennes en potassium ( fig. 24 ).



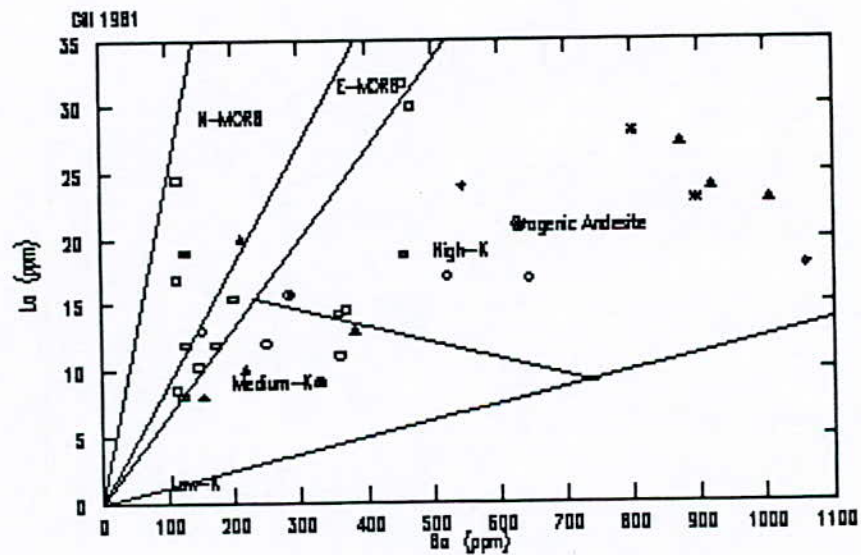
( fig. 24 ).

Enfin, d'après Batchelor et Bowden il semble que ces formations soient mises en place pendant l'orogénèse panafricaine, c'est-à-dire qu'elles sont orogéniques. ( fig. 24 ).



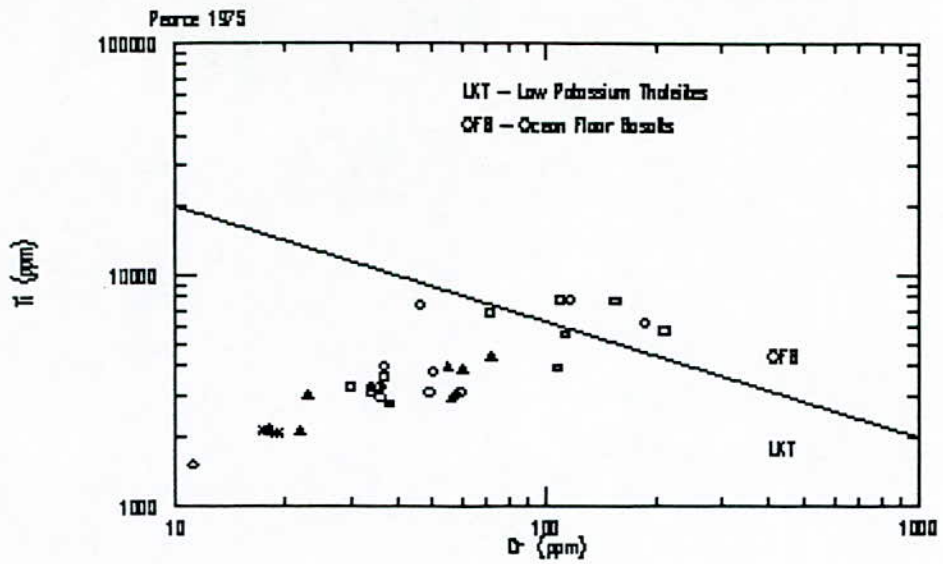
(fig. 24).

D'après le diagramme La vs Ba, les roches volcaniques de Timgaouine se situent dans le domaine orogénique, sauf certaines d'entre elles qui ont des tendances soit du type N-MORB ( Ech. S8, B7, 815, 612, 107 ) soit, du type E-MORB ( Ech. 925, S7, S9, 527, B6, 24 ) (fig. 25).



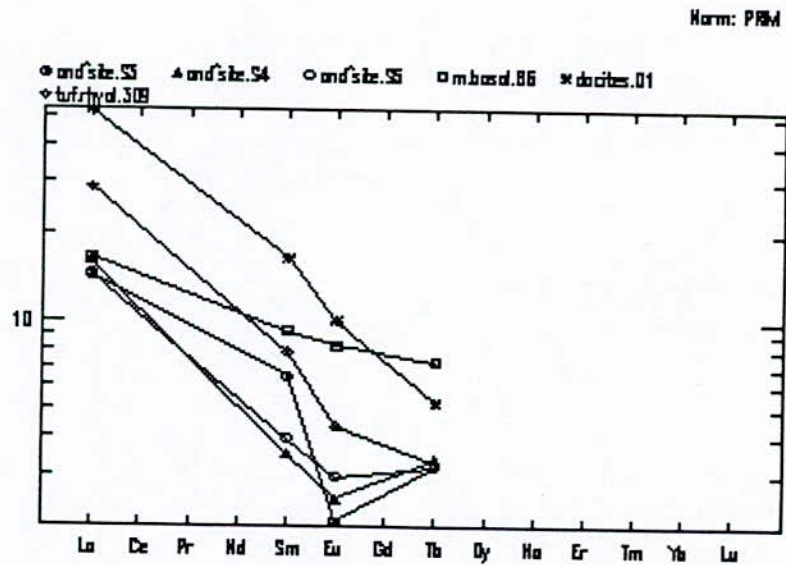
(fig. 25).

D'après le diagramme Ti vs Cr, les volcanites de Timgaouine sont des thoeilites faiblement potassiques (LKT), alors que les metabasaltes (419, B5, B7) et les sills andésitiques (815, 609) sont des basaltes océaniques (OFB) (fig. 26).



(fig. 26).

Les volcanites de la zone de Timgaouine ont des spectres qui sont fort inclinés vers la droite, c'est-à-dire un enrichissement en terres rares légères par rapport aux lourdes; sauf les andésites ( S3, S4, S5 ) qui présentent une teneur négative en Eu. Le spectre nettement à plat est celui des metabasaltes ( Ech. B6 ) ( fig. 27 ).



( fig.27 )

En résumé, la diversité dans le comportement des éléments chimiques reflète de nombreux processus post-magmatiques ayant affecté les différentes formations volcaniques de Timgaouine ( bassin d'Abankor). Les principaux processus sont : l'altération et le métamorphisme schiste-vert. Ceux-ci se traduisent par des



assemblages minéralogiques secondaires composés généralement d'actinote, chlorite, albite, épidote et séricite.

D'une manière générale, on constate une augmentation relative des teneurs en MgO, SiO<sub>2</sub>, MnO, Na<sub>2</sub>O, CaO, Sr et une légère décroissance de K<sub>2</sub>O, Rb, Ba. Ces variations s'accordent bien avec celles présentées par Chikhaoui ( 1981 ) pour les volcanites pan-africaines équivalentes ( Silet ).

Les spectres de normalisation aux PRIM des terres rares montrent des ressemblances avec certaines séries calco-alcalines de la zone de Silet.

## 2 - Les plutonites

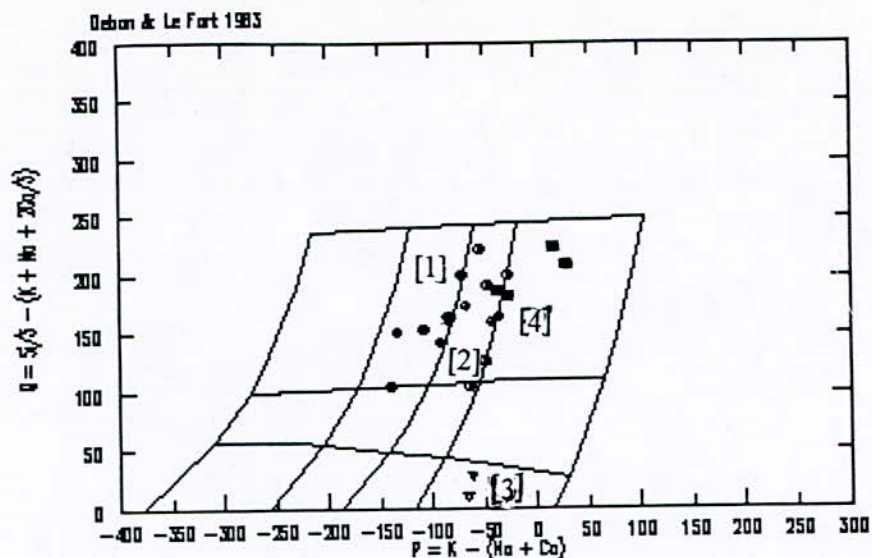
Selon le diagramme de nomenclature de Debon et Le Fort, Les roches plutoniques de la région de **Timgaouine** sont subdivisées en quatre groupes ( fig. 29 )

1- Groupe :granodiorites;

2- Groupe : adaméllites;

3- Groupe : syénites,

4- Groupe :granite.



( fig. 29 )

[1] Groupe des granodiorites

A l'exception d'une seule roche métalumineuse ( Ech. 303 ) localisée dans le secteur IV, les autres sont peralumineuses localisées dans les secteurs III (Ech. 153, 286 ), II ( Ech. 54, 216 ) et I ( Ech.125 ). Le secteur I est celui des roches à muscovite > biotite, trémolite et cordiérite (fig. 30 ).

[2] Groupe des adaméllites

Ce groupe est constitué de roches peralumineuses et de roches métalumineuses respectivement localisées dans le secteur III ( Ech,217, T1, 187, 47, 215 ) et le secteur IV ( Ech, 162, 163, C2, 287, 302 ). Ce dernier est celui des roches à biotite, hornblende, orthopyroxène, clinopyroxène, épidote primaire et sphène (fig. 30).

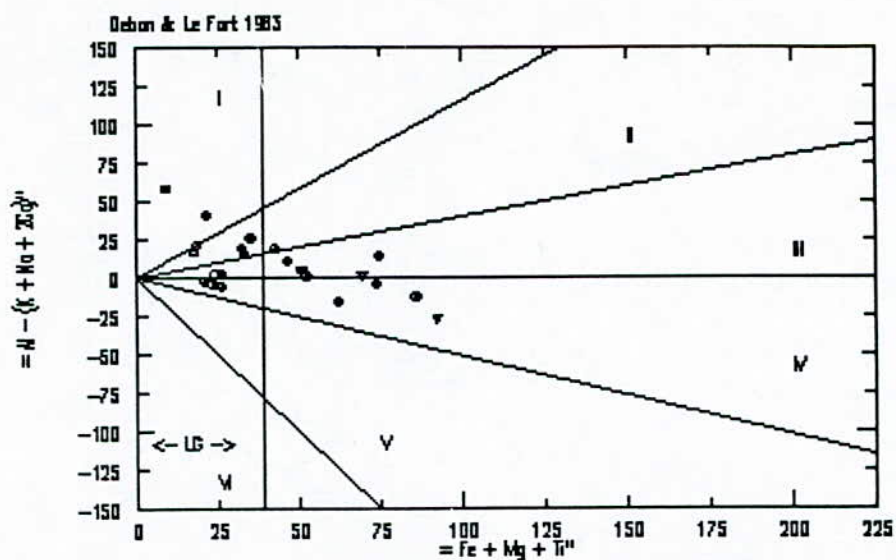
[3] Groupe des syénites

Ce groupe est constitué de roches métalumineuses qui sont localisées dans le secteur IV ( Ech : 144, 149 ) ( fig. 30 ).

[4] Groupe des granites

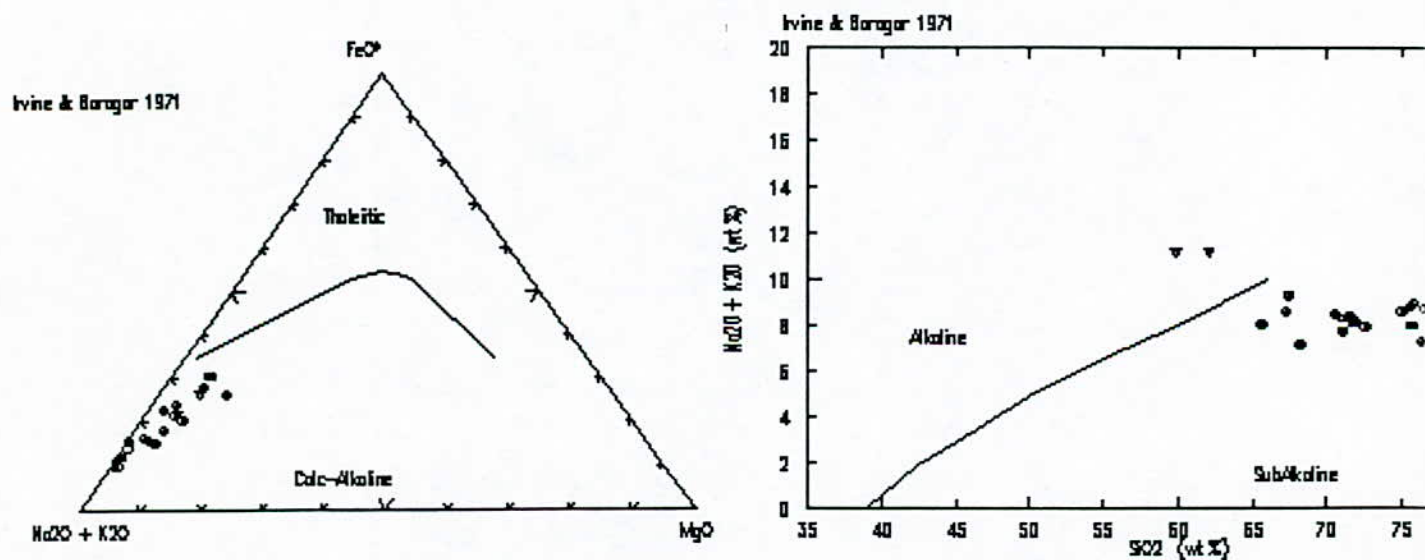
Les roches de ce groupe, toutes peralumineuses, sont localisées soit dans le secteur II ( Ech. 180, 186 ) c'est -à-dire celui des roches à deux micas avec biotite > muscovite soit, dans le secteur III ( Ech. 219B ) c'est- à-dire celui des roches à biotite. Effectivement nous remarquons, d'après la pétrographie, que ces granites sont

composés de quartz, de feldspaths ( microcline ou/et orthose ), de biotite, de l'amphibole ( Hb ) ( fig. 30 ).



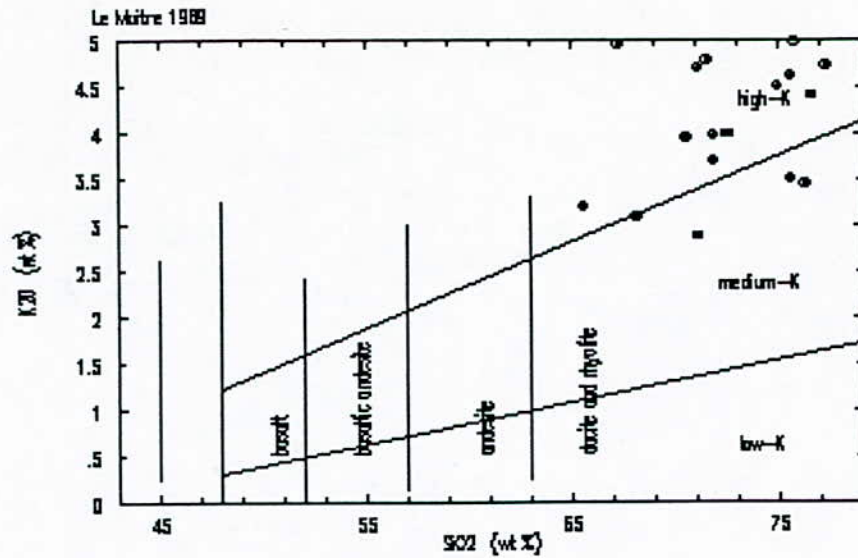
(fig. 30).

Les syénites du quatrième groupe se situent dans le domaine alcalin, contrairement aux autres roches localisées dans le subalcalin et dont la nature est calco-alcaline ( fig. 31 ).



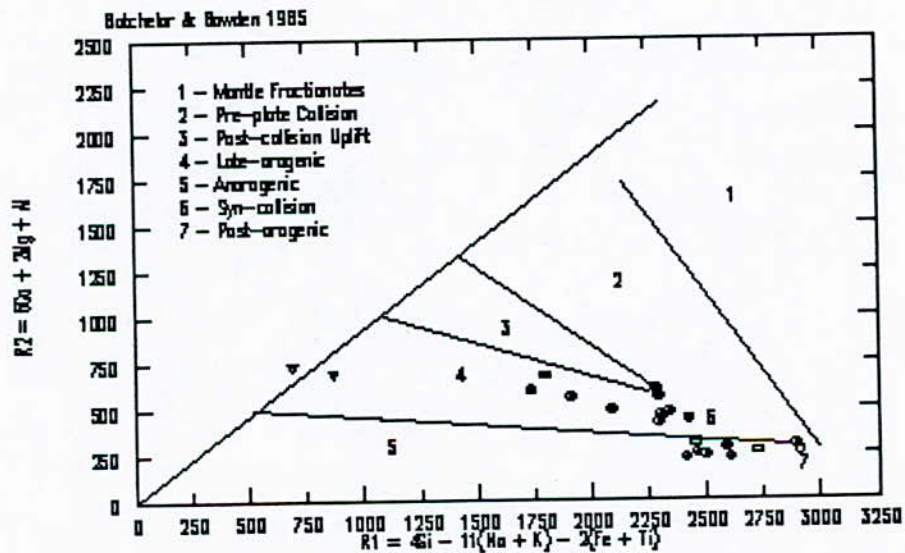
( fig. 31 ).

Le groupe des granodiorites est moyennement ( Ech., 153, 216, 125 ) à fortement potassique ( Ech, 303, 286, 54 ). Cependant, celui des adaméllites est fortement potassique ( fig. 32 ).



( fig. 32 ).

Sur le diagramme rectangulaire de Batchelor et Bowden ( 1985 ), les syénites sont formées probablement pendant l'orogénèse tardive. Cependant, la majorité des plutonites de Timgaouine a été mise en place pendant la phase de collision.( fig. 33 ).



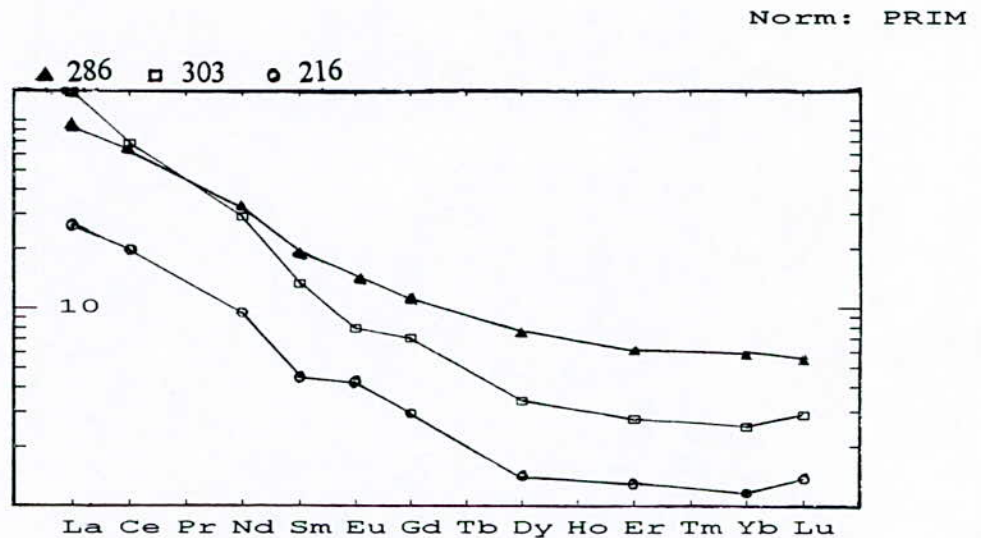
( fig. 33 ).

Pour l'étude des éléments en traces, il nous a été impossible de voir leur variations sur les diagrammes choisis ( La vs Ba et Ti vs Cr ) vu que les teneurs en Ba des plutonites de Timgaouine dépassent parfois 1100 ppm ( et que les valeurs de Ti, Cr et La sont inférieures à cette valeur, c'est pour ça que nous allons reproduire les résultats obtenus par Meriem.D.E ( 1987 ).

Les syénites du pharusien I ont des teneurs élevées en Ba et Sr. Les granodiorites sont riches en Ba et assez souvent aussi en Sr. Le Rb présente des

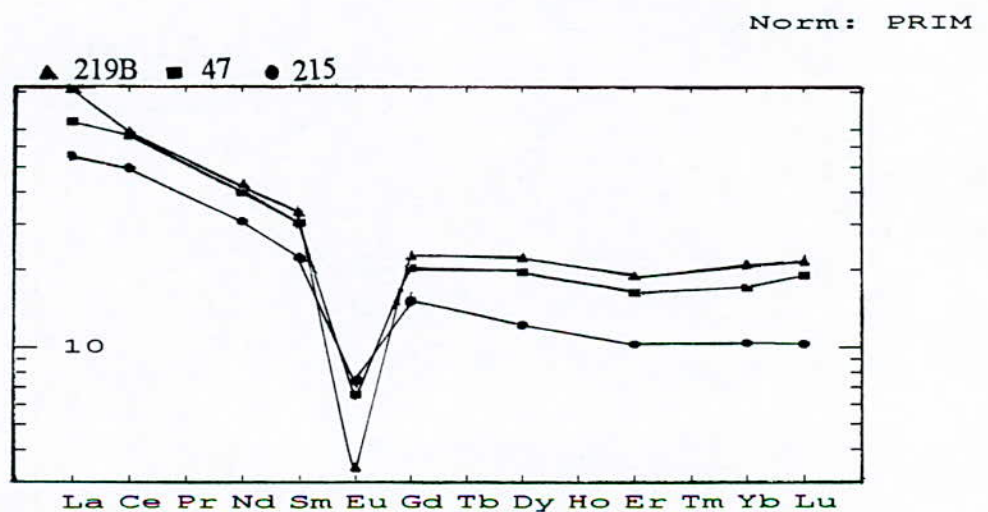
teneurs variables souvent inférieures à la normale. Les adamellites ont des teneurs en Rb les plus élevées des granites de la région en question.

Les profils des terres rares montrent que les échantillons 303, 286 et 216 ont pratiquement les mêmes spectres, ils sont donc très riches en terres rares légères mais relativement déprimés en lourdes ( fig. 34 ).



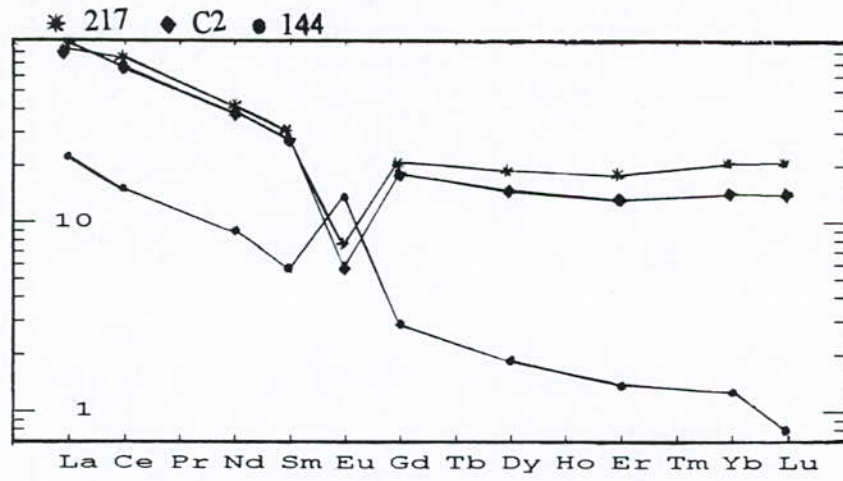
( fig. 34 ).

Les adamellites peralcalines ( 219B, 47 et 215 ) sont caractérisées par des spectres peu inclinés avec une forte teneur négative en Eu; et de même pour les adamellites peralcalines ( 217 et C2 ). Par contre les syénites ( 144 ) ont une forte teneur positive en Eu et un spectre très incliné vers la droite ( fig. 35 et 36 )



( fig. 35 ).

Norm: PRIM



(fig. 36).

## **CONCLUSION GENERALE**

Le magmatisme de la région étudiée est caractérisé par la mise en place de plusieurs séries magmatiques ( tholeitique, calcoalcaline et alcaline ). Ce magmatisme est en majorité acide. Les séries sont de nature et de forme variées, et leur mise en place s'est effectuée en plusieurs épisodes.

Les plutonites sont souvent co-génétiques à leurs équivalents volcaniques et se caractérisent par un hétérochronisme et un décalage dans le temps et dans l'espace.

### **Les volcanites**

Deux grandes phases magmatiques s'individualisent nettement dans la région d'étude.

- *La plus ancienne* ( alcaline transitionnelle et tholeitique-calcoalcaline ) a donné de puissants ensembles de laves interstratifiées dans les séries pharusiennes. Dès le début de la formation des bassins, d'importantes éruptions rhyolitiques ont procédé la discordance et ont 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 dominent, associées aussi à des rhyolites, dacites et basaltes.

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

La phase récente est indemne de tout écrasement, et serait postérieure au plissement et au mylonitisation, et regroupe les séries d'Amded, d'Irellouchem et d'Abankor.

Si l'on vient trouver de comparaison, c'est dans les laves de Gara Akofou du fin précambrien-cambrien de l'Anti-Atlas Marocain datées à 585 M.a (infracambrien inférieur) et 530 M.a (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.

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.

### **Les plutonites**

Il semble d'abord qu'on puisse distinguer plusieurs séries de granites, différents à la fois dans leur mode de gisement, leur mise en place et leur composition chimico-minéralogique.

L'étude géologique des massifs apporte des éléments précieux quant à leur âge. On peut souvent définir les rapports tectoniques du granite est antérieur ou postérieur à certains phases orogéniques.

On peut arriver ainsi à distinguer les granites antérieurs et postérieurs à l'orogénèse et parmi des derniers, ceux qui sont syn-tectoniques de ceux qui sont post-tectoniques.

C'est toujours par rapport aux phases principales de l'orogénèse pan-africaine qu'on peut essayer de dater les phases de mise en place du granite de la région d'étude. Parmi ces phases, les plus importantes ici, sont le métamorphisme général, la phase majeure de plissement et la mylonitisation.

Jusqu'à présent, on n'a pas observé de granites pan-africains anti-métamorphiques c'est-à-dire qui ont traversé les séries pan-africaines avant le métamorphisme général : on n'a pas vu d'orthogneiss pan-africain, tous les faciès gneissiques reconnus apparaissent liés à la migmatitisation, donc postérieurs au métamorphisme général.

Aucun granite nettement antérieur aux plissements principaux n'a été observé, exception faite pour les roches basiques et ultrabasiques, les diorites quartziques et les tonalites qui sont considérés comme étant des complexes



pré-tectoniques (Boukhalfa L., 1987). Les granitoïdes postérieurs aux plissements sont subdivisés en deux principaux groupes :

1- Les granitoïdes syn-tectoniques, sont les plus anciens qui semblent bien être en relation avec les migmatites. Ils apparaissent vers la fin des plissements majeurs, orientés et écrasés. En fait, ils recoupent nettement les grands plis pan-africains dans le détail, mais allongés suivant les mêmes directions. Ce sont les granodiorites de Tingaouine, avec des faciès extrêmement variables, migmatiques, se rapprochant tantôt des granites francs comme les granites d'Imézzarène, tantôt des diorites. Ils forment la série calco-alcaline et contiennent des microclines, des biotites et parfois des amphiboles.

Ces granites migmatiques syn-tectoniques concordants et remaniés par des conglomérats de base pan-africains, dont les galets sont souvent déformés et métamorphisés.

2- Les granitoïdes post-tectoniques, sont nettement discordants, recoupant les plis pan-africains, dont certains intrudent la discordance de base : c'est le cas des granites d'Abankor qui forment la série hyperalcaline et alcaline.

Les caractères chimiques de ces roches sont proches à la fois des séries orogéniques et des séries post-orogéniques. L'utilisation des différents diagrammes pétrologiques pour les roches de la région étudiée nous permet d'envisager :

- Soit un mélange de liquides mantéliques liés à un début de distension qui auraient injecté des magmas lithosphériques, évoluant ensuite par cristallisation fractionnée. Dans ce cas, l'hypothèse d'inférence en fin de cycle, entre un magma calco-alcalin tardi-tectonique et un magma alcalin post-orogénique.

- Soit liquides issus directement d'une source magmatique faiblement alcaline.

## ***ANNEXES***

TABLEAU DES ANALYSES CHIMIQUES (SILET)

Sample Name	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	H2O	CO2	Cr	Ni	Co	Sc	V	Cu
Basalte.N?4558	35.06	2.29	8.05	13.27	0.00	0.14	5.85	19.55	2.96	0.18	0.35	2.93	3.50	518	233	56	0	271	63
basalte.N?4559	38.34	2.53	9.30	13.62	0.00	0.17	6.33	16.15	2.72	0.51	0.51	3.17	5.20	410	246	80	0	284	94
basalte.N?4557	41.50	2.57	9.40	13.94	0.00	0.13	6.05	14.90	3.71	0.21	0.37	2.19	4.36	478	250	59	27	285	65
basalte.N?4556	45.60	3.00	12.44	16.71	0.00	0.18	9.67	13.30	1.30	1.75	0.53	3.71	0.00	492	210	38	29	210	4
basalte.N?SN28	45.97	1.46	18.87	4.97	5.29	0.08	4.43	10.64	3.00	1.20	0.88	1.96	0.00	85	50	44	0	318	0
basalte.N?SN15	49.30	1.45	19.70	3.50	5.75	0.00	4.50	10.05	2.70	1.10	0.25	1.50	0.00	0	0	0	0	0	0
basalte.N?3368	50.10	0.45	15.00	1.34	7.10	0.18	11.00	11.50	1.60	0.25	0.11	1.59	0.00	580	51	35	39	200	11
basalte.N?4553	50.41	1.23	15.81	11.20	0.00	0.19	5.24	7.96	3.84	0.70	0.25	2.16	0.00	40	21	37	36	277	70
basalte.N?3351	50.45	2.00	7.16	5.57	3.50	0.13	2.86	5.10	7.44	0.77	0.51	1.86	2.77	55	27	23	22	205	108
basalte.N?3352	51.75	0.75	19.53	2.28	5.45	0.17	5.00	5.57	5.18	0.15	0.32	3.04	0.00	14	6	21	0	122	30
basalte.N?4552	52.18	0.94	17.18	10.05	0.00	0.19	4.50	6.00	4.90	0.76	0.25	2.70	0.00	19	20	31	26	204	32
basalte.N?3353	52.30	0.88	19.72	4.28	4.65	0.13	4.26	5.60	4.78	0.51	0.16	2.61	0.00	26	14	28	20	202	41
basalte.N?3354	52.38	1.20	19.44	6.68	2.03	0.04	1.50	6.28	5.80	0.93	0.45	3.89	0.00	103	73	28	0	146	156
and ^ site.N?4551	52.37	0.90	17.54	9.47	0.00	0.18	4.44	5.52	4.67	0.68	0.23	2.99	0.00	61	41	29	0	174	52
basalte.N?4548	52.87	1.49	16.16	8.90	0.00	0.13	4.55	7.93	3.47	1.57	0.44	2.36	0.00	17	46	34	21	191	16
basalte.N?4554	52.88	1.18	16.17	9.77	0.00	0.22	3.12	9.45	2.38	1.97	0.40	1.09	0.00	26	26	33	0	235	62
basalte.N?4710	53.00	0.95	18.70	4.80	4.90	0.00	4.60	7.15	3.65	0.25	0.10	2.10	0.00	32	20	29	25	212	48
and ^ site.N?3355	54.00	1.69	16.42	5.44	4.25	0.13	3.78	5.13	5.10	2.16	0.76	1.53	0.00	18	12	28	14	148	39
and ^ site.N?3356	54.20	1.50	17.52	3.75	4.45	0.13	2.56	6.95	3.50	2.94	0.73	2.31	0.00	27	17	24	0	164	160
and ^ site.N?3357	54.40	1.17	14.99	3.58	5.33	0.12	4.24	6.78	4.33	1.67	0.29	2.33	0.00	37	25	32	23	224	56
and ^ site.N?3369	54.75	1.22	17.07	3.85	3.51	0.11	2.32	4.75	3.44	3.60	0.23	2.93	1.72	26	18	20	13	120	170
and ^ site.N?3358	55.00	1.08	17.85	4.03	4.28	0.14	4.40	5.60	3.70	1.44	0.29	1.62	0.00	21	15	24	18	182	40
and ^ site.N?4543	55.52	1.87	16.35	9.02	0.00	0.12	1.67	3.42	5.63	1.72	0.75	3.86	0.00	9	17	21	0	160	64
and ^ site.N?4549	55.57	1.22	15.82	7.50	0.00	0.14	4.83	6.20	3.75	2.25	0.45	1.87	0.00	108	95	27	0	148	77
and ^ site.N?4549	56.12	0.80	16.26	4.38	3.59	0.08	1.89	3.72	4.66	2.12	0.16	2.66	2.48	150	65	32	0	124	35
and ^ site.N?3367	56.50	1.07	16.65	7.95	0.00	0.08	2.15	3.85	4.38	2.11	0.23	4.76	0.00	150	61	29	25	184	31
and ^ site.N?4711	56.50	1.10	19.80	4.81	2.30	0.12	2.06	4.54	4.83	1.72	0.36	2.09	0.00	0	0	0	0	0	0
and ^ site.N?3359	56.65	0.73	15.84	7.65	3.20	0.19	1.32	1.72	2.07	7.36	0.11	1.50	0.00	0	0	0	0	0	0
and ^ site.N?3361	57.10	0.73	15.84	7.65	3.20	0.19	1.32	1.72	2.07	7.36	0.11	1.50	0.00	0	0	0	0	0	0
and ^ site.N?SN22	57.53	1.20	17.15	2.84	4.70	0.15	3.40	4.64	3.44	2.12	0.32	2.19	0.00	0	0	0	0	0	0
and ^ site.N?4555	58.66	0.62	16.74	7.41	0.00	0.17	2.92	6.19	3.83	0.86	0.28	1.86	0.00	0	0	0	0	0	0
and ^ site.N?4544	58.78	0.50	17.20	5.84	0.00	0.13	4.06	2.85	5.49	0.57	0.30	3.86	0.00	0	0	0	0	0	0
and ^ site.N?SN02	62.90	0.40	17.70	2.00	3.50	0.00	1.15	4.80	4.30	1.50	0.18	1.70	0.00	0	0	0	0	0	0
dacite.N?3363	63.20	0.36	14.68	1.18	2.50	0.10	2.22	3.30	4.35	2.36	0.14	2.37	2.60	0	0	0	0	0	0
cin ^ rite.N?3366	63.30	0.25	14.02	2.56	3.79	0.12	4.38	3.66	4.66	0.30	0.14	2.38	0.00	0	0	0	0	0	0
dacite.N?4547	63.86	0.57	16.40	4.23	0.00	0.09	1.45	3.42	4.22	3.05	0.29	1.59	0.00	0	0	0	0	0	0
dacite.N?3364	65.80	0.29	15.87	1.12	2.37	0.07	2.85	2.90	6.23	0.91	0.09	1.59	0.00	0	0	0	0	0	0
dacie.N?4560	65.39	0.78	15.60	4.43	0.00	0.07	0.66	2.43	4.73	4.01	0.32	1.02	0.00	0	0	0	0	0	0
thyoilite.N?SN21	69.90	0.47	13.82	1.28	1.08	0.07	0.70	1.40	5.42	4.55	0.09	0.62	0.00	0	0	0	0	0	0
thyoilite.N?4550	70.28	0.34	14.66	1.73	0.00	0.07	0.58	1.10	4.04	4.56	0.11	1.52	0.00	0	0	0	0	0	0



TABLEAU DES ANALYSES CHIMIQUES (ABANKOR)

Sample Name	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Cr	Ni	Co	Sc	V	Sb	K	Rb	Ce
and ^ site S8	41.50	0.50	15.19	12.92	0.23	5.14	10.38	4.14	0.03	0.17	58	31	56	44	0	0.05	249	2	0.02
and ^ site 920	51.59	0.66	16.31	6.84	0.11	3.28	8.79	3.84	0.43	0.15	108	29	28	30	0	0.09	3570	15	0.51
and ^ site 911	50.19	0.52	15.96	6.39	0.18	2.92	14.02	1.81	0.80	0.14	59	23	23	23	0	0.12	6641	23	0.41
and ^ site 925	55.00	0.63	15.95	7.61	0.11	2.84	5.29	6.24	0.00	0.19	50	22	25	22	0	0.25	0	2	0.09
and ^ site S1	50.92	0.67	15.83	7.88	0.12	3.93	8.23	3.95	1.03	0.16	37	9	25	22	0	0.09	8550	26	0.73
and ^ site S3	49.81	0.46	15.94	6.41	0.13	4.27	7.89	6.02	0.61	0.13	38	14	25	22	0	0.03	5064	16	0.40
and ^ site S4	55.23	0.54	15.81	5.74	0.15	3.99	7.60	1.78	0.03	0.14	34	13	25	17	0	0.03	249	5	0.15
and ^ site 910	58.69	0.49	16.31	6.03	0.17	3.38	6.60	2.67	0.03	0.19	56	24	23	21	0	0.14	249	4	0.02
and ^ site S5	53.22	0.54	15.21	5.42	0.17	3.18	8.75	4.33	0.11	0.18	34	13	24	17	0	0.04	913	9	0.20
and ^ site S6	55.80	0.65	15.48	6.59	0.12	2.66	5.81	3.08	0.80	0.12	60	17	22	26	0	0.10	6641	20	0.41
and ^ site S7	50.25	0.49	16.66	7.12	0.16	4.34	8.45	4.93	0.56	0.14	36	7	26	24	0	0.05	4649	5	0.27
and ^ site S9	53.90	0.52	14.60	5.78	0.13	2.65	8.97	5.76	0.03	0.13	49	12	16	18	0	0.09	249	6	0.14
and ^ site S10	48.88	0.54	15.09	7.63	0.16	4.15	9.26	5.01	0.03	0.17	36	16	35	25	0	0.04	249	2	0.09
and ^ site 17	62.20	0.52	14.60	5.06	0.09	1.41	4.71	6.78	0.26	0.73	34	6	15	17	0	0.09	2158	5	0.15
m. basal 419	46.58	1.30	16.88	14.61	0.29	7.28	9.67	2.72	0.03	0.18	117	78	50	41	0	0.00	249	0	0.38
m. basal B5	48.76	1.28	14.10	14.32	0.29	7.81	7.92	3.88	0.03	0.20	155	86	49	43	0	0.21	249	0	0.36
m. basal 527	49.30	1.24	13.50	15.30	0.29	7.23	8.86	3.01	0.19	0.17	1	68	48	41	0	0.00	1577	4	0.63
m. basal B1	50.74	1.22	13.50	13.80	0.20	7.41	8.80	3.76	0.35	0.20	46	40	81	14	0	0.16	2905	8	0.53
m. basal B6	50.74	1.27	13.42	14.62	0.24	7.451	8.77	3.23	0.11	0.17	2	92	51	44	0	0.14	913	4	0.31
m. basal B7	52.67	1.29	16.80	12.24	0.18	4.09	6.56	3.68	0.03	0.17	110	65	38	35	0	0.05	249	0	0.36
ill. and ^ 815	49.79	0.95	14.58	9.92	0.21	8.63	8.00	2.97	0.03	0.36	209	102	32	25	0	0.45	249	0	0.03
ill. and ^ 612	50.30	1.14	17.50	11.10	0.38	5.21	6.81	3.53	0.05	0.41	71	24	29	23	0	0.46	415	0	0.80
ill. and ^ 609	50.34	1.03	15.13	10.36	0.18	7.43	8.64	3.89	0.03	0.36	186	95	32	27	0	1.09	249	7	1.01
ill. and ^ 413	55.24	0.74	16.49	7.73	0.14	4.56	6.04	2.88	1.28	0.35	72	29	20	16	0	0.11	10626	27	1.47
ill. and ^ 412	59.31	0.50	15.93	5.42	0.14	2.04	5.80	4.22	1.21	0.27	23	3	9	7	0	0.14	13282	49	4.50
ill. and ^ 917	59.92	0.67	15.71	6.44	0.13	3.49	9.68	1.56	2.08	0.35	55	21	13	13	0	0.05	10045	30	0.46
ill. and ^ 312	60.99	0.60	15.29	5.91	0.15	2.48	5.64	5.07	0.74	0.34	37	10	11	10	0	0.25	6143	13	0.12
ill. and ^ 24	61.80	0.54	17.10	5.52	0.17	1.99	3.42	6.97	0.26	0.32	30	3	8	8	0	0.12	2158	6	0.51
ill. and ^ 48	66.98	0.36	16.38	3.17	0.19	1.74	2.29	4.53	1.90	0.16	18	3	3	4	0	0.06	15772	39	0.62
dactees D1	66.83	0.34	16.19	3.12	0.11	1.14	2.19	4.59	2.81	0.20	10	3	3	4	0	0.14	23327	60	3.38
dactees D2	66.69	0.34	15.86	3.25	0.09	1.00	3.50	3.40	3.00	0.16	19	5	6	4	0	0.10	24904	56	0.55
dactees D4	66.41	0.35	15.80	3.27	0.10	1.45	3.10	3.81	2.69	0.16	18	3	7	4	0	0.06	22330	55	1.02
dactees D5	66.00	0.35	16.04	3.26	0.11	2.08	2.08	5.44	1.21	0.13	22	7	5	4	0	0.09	10045	25	0.61
dactees D3	66.11	0.35	16.20	3.17	0.11	1.27	3.36	3.04	2.61	0.16	17	3	4	4	0	0.06	21666	56	0.93
tuf. rhyol. 604	70.39	0.21	13.73	1.87	0.08	1.57	1.84	2.47	4.16	0.12	9	3	2	2	0	0.38	42918	140	1.33
tuf. rhyol. 309	74.25	0.24	15.50	2.08	0.02	1.22	0.05	0.20	0.20	0.03	8	3	3	2	0	0.42	37937	113	1.53
tuf. rhyol. 45	76.03	0.20	13.81	1.90	0.05	1.71	0.03	0.20	4.57	0.03	8	3	3	2	0	0.23	33537	86	2.08
tuf. rhyol. 2004	78.79	0.25	12.15	1.45	0.02	1.13	0.03	0.18	4.04	0.02	11	4	6	3	0	0.13	18263	4	0.14
rhyolite 921	70.94	0.11	14.77	0.93	0.01	0.34	2.66	4.34	2.20	0.01	6	3	3	2	0	0.65	1909	6	0.17
rhyolite 107	77.12	0.25	12.19	1.37	0.04	0.46	1.21	5.51	0.23	0.05	9	3	3	2	0	0.21	29387	68	0.85
rhyolite 908	77.49	0.11	12.05	0.46	0.05	0.47	2.17	3.37	3.54	0.01	5	3	3	2	0	0.10	22580	42	0.60
rhyolite 20	79.81	0.12	10.88	0.45	0.01	0.10	0.30	3.66	2.72	0.03	5	3	3	2	0	0.10	22580	42	0.60

TABLEAU DES ANALYSES CHIMIQUES (ABANKOR) suite

Sample Name	Ba	Sr	Ti	Ta	Hf	Zr	Ti	Th	U	La	Sm	Eu	Tb
and ^ site:S8	127	348	0.00	0.23	1.78	80	2998	2.21	0.68	19.00	4.42	1.56	0.63
and ^ site:920	359	434	0.00	0.23	1.79	90	3957	1.57	0.34	11.20	2.15	0.86	0.41
and ^ site:911	357	632	0.00	0.22	1.47	48	3117	1.37	0.45	14.32	2.10	0.65	0.30
and ^ site:925	173	350	0.00	0.23	2.11	82	3777	1.79	0.45	12.00	2.36	0.93	0.43
and ^ site:S1	523	732	0.00	0.34	2.60	97	4017	2.28	0.52	17.10	2.52	1.05	0.46
and ^ site:S3	329	472	0.00	0.21	1.62	52	2758	1.91	0.43	9.20	2.60	0.31	0.31
and ^ site:S4	217	472	0.00	0.18	1.33	0	3237	1.16	0.25	10.15	1.40	0.37	0.33
and ^ site:910	153	260	0.00	0.20	1.45	0	2938	1.25	0.21	8.10	1.95	0.64	0.34
and ^ site:S5	329	478	0.00	0.18	1.50	53	3237	1.19	0.27	9.06	1.58	0.44	0.31
and ^ site:S6	383	480	0.00	0.26	2.03	68	3897	1.95	0.43	13.10	2.51	1.01	0.43
and ^ site:S7	198	645	0.00	0.28	2.16	70	2938	2.57	0.50	15.49	3.00	0.85	0.38
and ^ site:S9	152	423	0.00	0.21	1.65	56	3117	1.51	0.36	13.08	1.95	0.78	0.00
and ^ site:S10	284	419	0.00	0.25	0.03	65	3237	2.34	0.57	15.86	2.87	0.75	0.39
and ^ site:17	370	0	0.00	0.20	2.24	0	3117	2.03	0.91	14.59	3.52	0.97	0.42
m basal:419	122	318	0.00	0.53	0.00	0	7793	0.97	0.22	8.10	3.13	1.12	0.58
m basal:B5	0	326	0.00	0.64	0.00	0	7674	1.06	0.35	11.20	3.71	1.22	0.72
m basal:527	112	0	0.00	0.53	2.07	111	7434	1.01	0.28	8.60	2.79	1.02	0.58
m basal:B1	249	94	0.64	0.00	0.00	132	7314	1.22	0.39	12.10	3.73	1.15	0.68
m basal:B6	145	281	0.00	0.67	0.00	109	7614	1.06	0.36	10.40	3.70	1.25	0.71
m basal:B7	126	569	0.70	0.00	0.00	162	7734	1.30	0.38	12.00	5.12	1.58	0.84
and ^ site:815	113	1649	0.00	0.35	2.66	100	5695	1.53	0.48	17.00	*****	1.63	0.60
and ^ site:612	114	0	0.00	0.37	3.28	139	6834	1.71	0.46	24.60	5.87	1.99	0.74
and ^ site:609	644	996	0.00	0.34	2.50	110	6175	1.47	0.41	17.00	5.25	1.44	0.59
and ^ site:607	458	610	0.00	0.50	3.23	150	5515	2.54	0.82	18.80	4.05	1.29	0.57
and ^ site:413	918	991	0.00	0.36	3.34	138	4436	1.67	0.45	24.00	5.00	1.56	0.00
and ^ site:412	872	56	0.00	0.54	3.33	121	2998	2.62	0.70	27.20	0.00	1.54	0.49
and ^ site:917	1006	600	0.00	0.37	3.33	140	4017	1.88	0.45	23.00	4.20	1.41	0.00
and ^ site:312	468	1110	0.00	0.48	4.04	163	3597	2.53	0.67	30.00	5.12	1.55	0.57
and ^ site:24	458	0	0.00	0.61	4.22	160	3237	3.09	0.80	31.70	5.14	1.66	0.59
and ^ site:48	1265	970	0.00	0.71	5.09	225	2158	2.47	0.63	34.00	7.00	1.79	0.62
decies: D1	1419	712	0.00	0.67	4.42	156	2038	3.37	0.78	33.00	6.60	1.52	0.52
decies: D2	1999	924	0.00	0.44	3.35	109	2038	2.26	0.57	25.00	3.85	0.99	0.31
decies: D4	1279	765	0.00	0.68	4.81	223	2098	2.29	0.52	34.00	7.63	1.76	0.60
decies: D5	1178	968	0.00	0.45	3.18	131	2098	2.25	0.68	26.00	4.64	0.92	0.33
decies: D3	1355	592	0.00	0.67	4.97	193	2098	2.44	0.54	35.40	5.13	1.73	0.66
tuf: rhyol:604	1727	489	0.00	1.06	2.95	78	1259	3.07	1.18	24.00	3.81	0.80	0.36
tuf: rhyol:309	1061	64	0.00	1.10	3.00	111	1439	3.30	1.22	18.00	3.15	0.66	0.32
tuf: rhyol:45	1487	60	0.00	1.00	2.79	86	1199	2.96	1.31	19.00	3.90	0.98	0.32
tuf: rhyol:2004	546	80	0.00	1.04	3.25	128	1499	3.43	0.95	24.00	5.00	0.92	0.00
rhyolite:921	632	410	0.00	0.40	3.66	138	659	3.50	0.99	21.00	2.40	0.52	0.00
rhyolite:107	212	305	0.00	0.40	3.35	122	1499	3.55	0.83	20.00	2.43	0.50	0.21
rhyolite:908	895	214	0.00	0.60	3.23	114	659	4.75	0.80	23.00	2.72	0.47	0.20
rhyolite:20	802	132	0.00	0.64	3.45	124	719	5.80	1.09	26.00	3.10	0.43	0.26

TABLEAU DES ANALYSES CHIMIQUES (TIMGAOUNE)

Sample Name	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	H2O	K	Rb	Ba	Sr	Ti	Th	U	La
ECH.162	75.64	0.21	11.61	1.82	0.08	0.03	0.00	4.21	4.61	0.01	0.47	38269	191	353	18	1259	14.52	3.98	0.00
ECH.163	77.31	0.16	11.45	1.33	0.04	0.08	0.00	3.95	4.73	0.09	0.58	39265	239	69	10	959	10.51	2.75	0.00
ECH.180	76.80	0.15	12.17	1.08	0.03	0.12	0.13	2.85	5.76	0.00	0.52	47815	153	161	55	899	5.41	1.54	0.00
ECH.302	67.30	0.68	14.55	4.64	0.09	0.79	2.16	3.60	4.96	0.01	0.56	41174	200	1032	167	4077	0.00	0.00	0.00
ECH.186	78.11	0.19	11.73	1.16	0.02	0.03	0.24	2.86	5.32	0.00	0.48	44163	133	409	75	1139	4.49	2.12	0.00
ECH.287	67.40	0.38	15.68	2.93	0.05	0.84	2.29	4.12	5.17	0.00	0.89	42918	129	1477	756	2278	0.00	0.00	0.00
ECH.187	71.85	0.30	14.80	2.12	0.06	0.49	1.53	4.10	3.97	0.00	0.67	32956	69	770	212	1799	0.00	0.00	0.00
ECH.125	75.64	0.21	13.42	1.52	0.03	0.00	0.11	4.46	3.51	0.01	6.00	29138	109	248	10	1259	3.69	1.02	0.00
ECH.136	76.28	0.11	13.48	0.62	0.02	0.00	0.28	3.82	3.46	0.03	0.58	28722	223	293	37	659	7.32	2.02	0.00
ECH.153	68.19	0.18	14.94	3.34	0.08	1.24	2.31	4.08	3.08	0.22	1.16	25568	55	898	359	1079	0.00	0.00	0.00
ECH.149	59.89	0.38	18.53	4.82	0.11	1.11	2.90	4.68	6.44	0.29	0.78	53460	71	2000	949	2278	0.39	0.01	0.00
ECH.54	71.85	0.17	14.73	1.72	0.08	0.47	1.20	4.39	3.71	0.06	0.97	30798	91	678	145	1019	0.00	0.00	0.00
ECH.T1	71.14	0.32	14.51	1.86	0.04	0.24	1.50	3.60	4.79	0.00	0.76	39099	166	1064	225	1918	0.00	0.00	0.00
ECH.47	71.53	0.28	13.52	2.77	0.04	0.53	1.22	3.58	4.79	0.17	0.72	39763	185	492	45	1679	0.00	0.00	47.44
ECH.144	62.08	0.28	19.16	3.65	0.10	0.82	2.47	4.75	6.35	0.19	0.50	52713	109	2000	947	1679	0.00	0.00	14.14
ECH.215	72.56	0.42	13.43	2.95	0.06	0.41	1.44	3.92	3.99	0.18	0.70	33122	88	782	73	2518	0.00	0.00	34.68
ECH.216	71.13	0.26	15.88	1.69	0.04	0.33	2.12	4.85	2.88	0.00	0.63	23908	37	1365	821	1559	0.00	0.00	16.60
ECH.217	74.99	0.26	11.95	1.77	0.05	0.03	0.18	4.03	4.51	0.16	0.71	37439	185	696	10	1559	0.00	0.00	57.25
ECH.286	70.54	0.33	15.24	2.85	0.06	0.27	1.65	4.52	3.95	0.35	0.52	32790	75	1237	172	1978	0.00	0.00	62.78
ECH.291B	75.78	0.11	12.74	1.66	0.03	0.08	0.44	3.90	4.99	0.00	0.46	41423	370	212	23	659	36.90	14.14	52.74
ECH.303	65.58	0.51	16.53	3.86	0.11	0.77	2.94	4.82	3.20	0.00	0.77	26564	76	1253	371	3057	0.00	0.00	51.96
ECH.C2	76.59	0.13	11.72	1.76	0.07	0.00	0.07	4.30	4.41	0.00	0.47	36609	171	289	10	779	0.00	0.00	54.39

TABLEAU DES ANALYSES CHIMIQUES (TIMGAOUINE) suite

Sample Name	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Lu
ECH.162	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.302	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.186	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.287	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.187	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.136	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.149	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.T1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ECH.47	105.68	47.99	12.09	0.98	10.77	12.91	7.01	7.53	1.25
ECH.144	23.92	10.94	2.23	2.05	1.52	1.21	0.59	0.56	0.05
ECH.215	78.43	37.24	8.88	1.10	8.08	8.07	4.44	4.58	0.68
ECH.216	31.43	11.47	1.78	0.63	1.57	0.93	0.56	0.51	0.09
ECH.217	117.40	51.31	12.33	1.13	11.01	12.40	7.59	9.11	1.37
ECH.286	108.42	34.96	5.27	1.18	3.76	2.25	1.19	1.11	0.19
ECH.291B	110.92	51.09	13.31	0.51	12.00	14.65	8.16	9.32	1.44
ECH.303	100.43	39.32	7.68	1.44	5.82	4.94	2.63	2.56	0.36
ECH.C2	106.18	47.58	11.01	0.85	9.63	9.81	5.66	6.28	0.93



## **BIBLIOGRAPHIE**

Baja A. ( 1984 ).

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

Bertrand J.M.L. ( 1986 ).

Nouvelles données de l'âge de la tectonique pan-africaine dans le rameau oriental de la chaîne pharusienne ( région de Timgaouine, Hoggar, Algérie). C.R. Académie des sciences, Paris II; 302,437-440.

Bessoles B. & Trompette R. ( 1980 ).

Géologie de l'Afrique. La chaîne pan-africaine. « Zone mobile d'Afrique centrale (partie sud ) et zone mobile soudanaise ». Edition B.R.G.M. 396 p.

Bouchachi M.A. ( 1993 ).

Géologie de la région Timgaouine-Abankor ( Hoggar, Algérie ). Caractérisation géochimique du paléomagmatisme du bassin d'Abankor et implications géodynamiques. Thèse, Université de Paris VI; 167 p.

Boukhalfa L. ( 1987 ).

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

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.

Dupont P.L. ( 1986 ).

Diversité des volcanismes dans le rameau oriental de la chaîne pharusienne (Protérozoïque supérieur) du Hoggar occidental (Algérie). Essai d'interprétation géodynamique. Académie des sciences, Paris; 302, 447-452.

Gravelle M.( 1969 ).

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

Meriem D.E. (1987).

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

Laurent R. (1991).

Manuel de laboratoire. Cours de « Magmatisme ». Département de géologie. Université Laval, Canada; 63 p.

Laurent R. (1990).

Pétrologie des roches magmatiques. Département de Géologie. Université Laval, Canada; 237 p.