

6/96

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT: GENIE MINIER

PROJET DE FIN D'ETUDES

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

SUJET:

PETROGENESE DES GRANITOIDES
FIN-PRECAMBRIENS DU HOGGAR
ET MINERALISATIONS ASSOCIEES

Proposé par :

Dr. MERIEM D.E

Etudié par :

LABED noureddine
GUESMIA A/rachid

Dirigé par :

Dr. MERIEM D.E

PROMOTION : JUIN 1996

E.N.P, Avenue Hacen Badi EL-HARRACH ALGER

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT: GENIE MINIER

PROJET DE FIN D'ETUDES

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

SUJET:

PETROGENESE DES GRANITOIDES
FIN-PRECAMBRIENS DU HOGGAR
ET MINERALISATIONS ASSOCIEES

Proposé par :

Dr. MERIEM D.E

Etudié par :

LABED noureddine
GUESMIA A/rachid

Dirigé par :

Dr. MERIEM D.E

PROMOTION : JUIN 1996

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

Dédicaces



Je dédie ce travail à :

mon Père

ma mère

Mes chers frères spécialement Mihoub

Mes chères sœurs spécialement Saida et Abida

Mes petits frères

Mes amis d'enfance spécialement Fateh

Enfin, à tous ceux et celles qui me sont chers

Labed Noureddine

Je dédie ce travail à :

mon Père

Ma mère

Mon frère Mohamed Lamine

Mon ami d'enfance Cherif et Laifa

Mes amis de Cuba

Enfin, à tous ceux et celles qui me sont chers

Guesmia A- Rachid

Remerciements

On remercie tout d'abord notre promoteur monsieur Merriem D.E qui nous a soutenu et nous a énormément aidé à l'élaboration de ce projet

On tient à remercier monsieur Saada et monsieur Gacem et monsieur Djadoun d'avoir accepté de juger notre travail. Ainsi que tous les enseignants et enseignantes qui ont contribué à notre formation.

SOMMAIRE

Introduction.....	1
Première partie:Géologie	
I-La Géologie du Hoggar.....	2
A-Le Hoggar occidental.....	2-7
B-Le Hoggar central.....	7-9
C-Le Hoggar oriental.....	9-11
II-La Géologie Locale.....	12
-La région de Tamanrasset.....	12-17
- La région de Silet-Timgaouine	17-19
-La région de L'Adrar des Iforas.....	20-28
III-La minéralisation.....	29-34
Deuxième partie:Pétrographie	
-La région de Tamanrasset.....	40 - 43
- La région de Silet-Timgaouine	43 - 44
-La région de L'Adrar des Iforas.....	45 - 49
Troisième partie:Géochimie.	
-La région de Tamanrasset.....	55 - 71
- La région de Silet-Timgaouine	71 - 76
-La région de L'Adrar des Iforas.....	76 - 95
Conclusion Générale.....	96 -97
Annexe:Tableaux des analyses chimiques	
Bibliographie	

INTRODUCTION



Le Hoggar fait partie du bouclier Touareg dont a fait l'objet de nombreuses études et continue de susciter un vif intérêt de point de vue géologique, géochimique et minier.

Le Hoggar est recouvert à 80% de sa superficie par des granitoides liés à l'orogénèse dite pan-africaine d'âge protérozoïque supérieur ou phanérozoïque inférieur.

L'étude de ces granitoides fin-précambrien de l'Adrar des Iforas et la région du Tamanrasset est basée sur des différentes données bibliographiques.

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

- Caractérisation des granitoides de point de vue pétrographique, minéralogique et géochimique.
- L'établissement d'un lien génétique entre la minéralisation et les granitoides.
- Détermination géodynamique de leur mise en place durant l'orogénèse panafricaine.
- Compréhension de pétrogenèse et de l'évolution géologique (pétrographique et géochimique).

Les analyses effectuées sur les zones d'études, ont été menées sur deux plans: bien que présentés séparément restent étroitement liés l'un à l'autre : pétrographie et géochimie, en vue de mieux caractériser la tendance géochimique des séries magmatiques et d'expliquer l'évolution géologique des zones pan-africaines.

Première partie : GEOLOGIE

I- LA GEOLOGIE DU HOGGAR

1 - Généralités:

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 Pan-africaine dite Pharusienne, dont fait parti le Hoggar (Fig1).

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

2 - Le contexte géologique du Hoggar

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 subméridiens. Ces domaines sont d'W en E (Fig 3):

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

A - LE HOGGAR OCCIDENTAL

(la chaîne pharusienne = pan -africaine)

Il est limité à l'W par la suture Est du craton Ouest Africain et à l'Est par l'accident majeur 4°45'. Ce domaine est essentiellement composé d'une superposition de différentes séries volcano-sédimentaires et détréiques (d'âge protérozoïque supérieur) avec lesquelles sont associées des corps de roches basiques et ultrabasiques et des batholites de granitoïdes, de nature tholeiito-calco-alcaline à subalcaline. Il comporte également par endroits des lambeaux de roches métamorphiques du socle anti pan-africain d'âge protérozoïque inférieur probable. Ce domaine est lui-même subdivisé en deux rameaux occidental et oriental, séparés par le môle granulitique d'In Ouzal d'âge probablement archéen (Lelubre, 1966).

a/ - Le rameau occidental

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

La série à stramatolite(PR3):

Elle est constituée d'une alternance de quartzites avec quelques petits niveaux de quartzite à dragés de quartz, de métapélites et de marbre parfois à stramatolites. Des sills et de couches basaltiques et amphibolitiques s'intercalent souvent dans cette série.

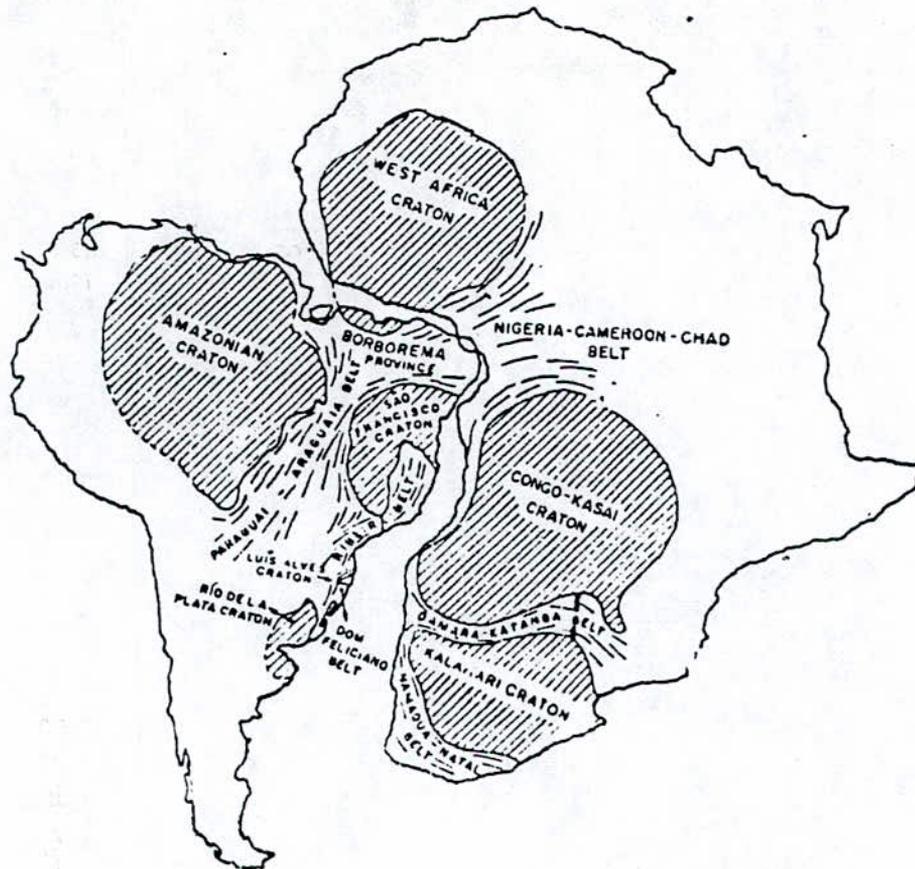


Fig. 1 : Carte des différents cratons de l'Afrique et de l'Amérique Latine.

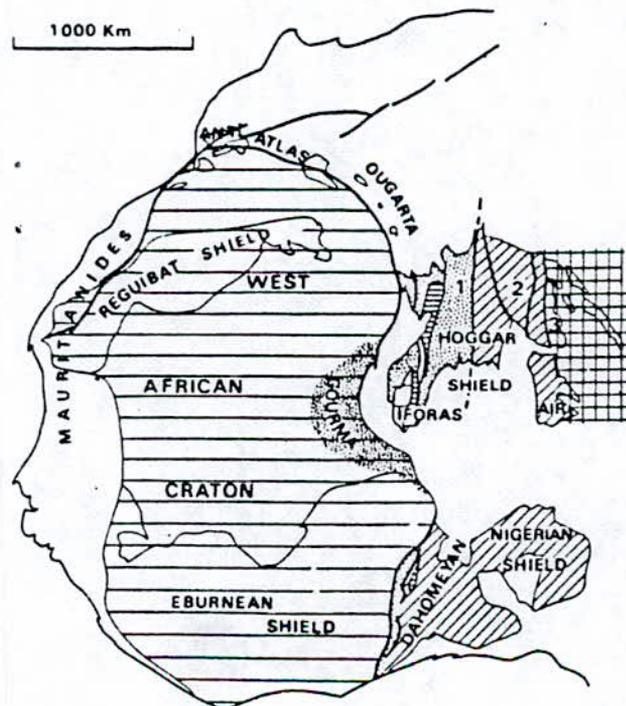


Fig. 2 : Carte de situation générale : Craton West Africain, bouclier Touarg (Hoggar, Iforas, Aïr).

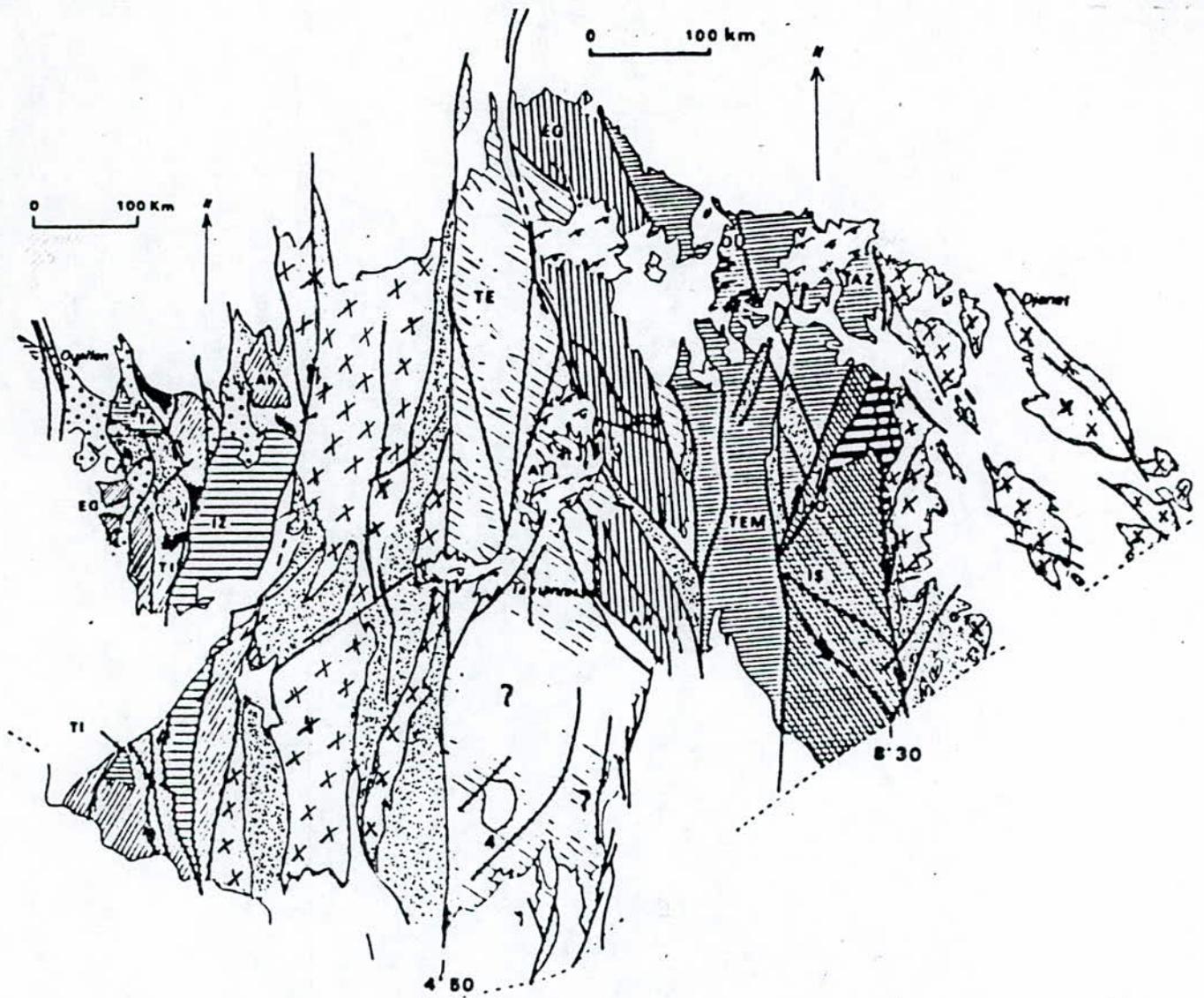


Fig.3 : Schéma géologique du Hoggar.

- ∇ ∇ Volcanisme récent
- Dépôts molassiques supérieurs (série pourprée)
- Série de Tiririne
- Dépôts molassiques inférieurs (série volcano-sédimentaire)
- X X Granitoïdes calco-alcalins
- Roches basiques et ultrabasiques
- / / / / Série de plateforme
- / / / / Socle éburnéen
- / / / / Domaine Oumelalen-Tamassint
- / / / / Domaine Tafedest-Atakor
- / / / / Domaine Aleksod
- / / / / Môle d'Issalène
- / / / / Môle In Ouzzal

La série verte(Ecinf) :

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

La série pourprée(Ec sup) :

Cette série est composée de conglomérats polygéniques et de pouding à cachet fluvio-glaciaire et d'arkoses rouges pourpres. Ces formations reposent en discordance stratigraphique sur les formations de la série verte, et recouverte en discordance par les grès ordovicien du Tassili.

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

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

b/- le rameau oriental (ou fossé pharusien)

Dans le rameau oriental on distingue les formations pharusiennes suivantes:

La série du pharusien I :

Elle est composée d'une alternance de quartzites, de métapélite alumineux et de marbre à stromatolites. Des niveaux de basaltes parfois en pillow-lavas et d'andesites s'intercalent dans la série. Les termes inférieurs de cette série ont été considérés comme équivalents de la série à stromatolites du NW du Hoggar (Gravelle M., 1969; Caby R et al., 1981).

La série du pharusien II :

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.

La série intermédiaire:

Dans le rameaux oriental il existe de nombreux lambeaux de formations détritiques à caractère molassique, composées de conglomérats polygéniques, d'arkoses, de brèches et tufs, des laves ignimbritiques puis des arkoses et des poudings de couleur pourpre.

c - Le môle d'In Ouzzal

Il est constitué par des roches archéennes (Ferrara et Gravelle, 1969 ; Allègre et Caby, 1972), ces grands faciès granulites d'âge éburnien (Lancelot et al., 1975), par des gneiss à pyroxène, des charnockites, des marbres, d'amphibolites et par des leptynites. Ce môle sépare tectoniquement les deux rameaux . La conservation d'un graben de basalte et d'andésite peu métamorphiques du pharusien, implique qu'au moins dans sa partie nord, le môle a échappé au rétro-morphisme et aux déformations pan-africaines, 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 stromatolite du PR3, a été affecté à des degrés divers, par les déformations et les effets thermiques pan-africains. Les granulites d'In Ouzzal représenteraient au Sud de la frontière Algéro-Maliénne une grande nappe de charriage d'âge pan-africain précoce (Boullier A.M. et al., 1978).

Au Tassandjanet les séries méta-sédimentaires et orthodérivées du PR₁ sont recoupées par des granites de Ouallen, hétérogène, de nature calco-alcaline, datés à 2090 Ma. (Rb/Sr. RT) (Allègre et Caby, 1972). Ces granites sont recoupés, à leur tour par un granite à muscovite dans sa partie SE, daté à 1960 M.a. Les séries sont composées d'assemblage des faciès granulitique de haute pression évoluant vers des granulites de basse pression (Leyreloup, 1974) Les granulites d'In Ouzzal ont été datés par la méthode U/Pb sur zircons à 2120 Ma (Lancelot et al., 1975). Cet âge est interprété comme repère probable de l'âge du métamorphisme.

MAGMATISME:

1-Les roches mafiques

centaines des roches basiques et ultrabasiques affleurant dans le hoggar occidental, subdivisées selon leur encaissant en deux groupes:

-**Un groupe** associé aux formations anti-pan-africaines, représenté par des sills essentiellement ultrabasiques associés au gneiss probablement éburnien, de quartzites, de marbres et d'amphibolites.

Cette série, dite série de Tékouiat (Gravelle M, 1969) est probablement analogue aux formations quartzitiques de type Tiredjouine-Ahnet considérée comme formation post-éburnienne et anti-pan-africaine.

- **Un deuxième groupe** de roches basiques et ultrabasiques associés aux formations pan-africaines, subdivisé selon sa morphologie et son mode de gisement en deux types:

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

-**Type allongé en forme d'écailles tectoniques** au sein des formations volcano-sédimentaires , pan-africaines ,ce type est interprété comme étant des complexes ophiolitiques (Abed H,1984) en corps allongés formant des ceintures de plusieurs dizaines de Km. De longueur sur quelques mètres en largeur. Le contact de ces roches avec l'encaissant pan-africain est souvent tectonique,parfois sous forme d'auroles métamorphiques(donc n'est pas tectonique).

2-Les roches felsiques:

Le massif de Tin-Tékadeouit est un corps plutonique, situé à silet,et constitué par des granodiorites à grain grossier (riches en sphère et en allanite, mais pauvres en zircon).La nature géochimique de ces roches est calco-alkaline leur datation par la méthode U/Pb sur zircon a donné 868+-8M.a(Caby et al,1982).

Le massif de Taklet: est représenté par un granite riche en feldpaths potassique, diffère de celui de Tin Tekladeouit par son chimisme potassique,ce massif est considéré comme étant d'origine crustale probable.les zircons de ce granite ont été datés par la méthode U/Pb à 838+-4 Ma(Coby et Al.1982).

Le massif de Tin Ed Ehou: comporte des termes basiques foliés (gabbro à olivine,diorite , diorite quartzite).l'âge de la mise en place de ce massif est de 640 Ma.

-Les synites de Timgaouine: forment un massif allongé de 38 km de long , ces synites sont grenues et de couleur rouge et blanche à pyroxène . Ces synites et les roches associées (gabbro et granites alcalines et hyperalcalin) forment une série alcaline probablement post-tectonique.

- Le massif de Tin Alkat: est formé de granites alcalins à sub-alcalins contenant des enclaves microgrenues et des cornéennes de la série verte encaissante .Les termes les plus différenciés sont représentés par un granite leucocrate sodique à biotite et fluorine.l'âge de ces granites reste inconnu.

- Les granites de Denat: sont aussi de nature alcaline à hyperalcaline et représentent une différenciation vers des types volcaniques(rhyolite,....)

B - LE HOGGAR CENTRAL

(hoggar central plycyclique)

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

1. A la base: un ensemble essentiellement gneissique, avec fréquemment des intercalations d'amphibolites plus rarement de quartzites et marbres, cette série est souvent migmatisée, connue sous le nom de la série d'Arechchoum ,ces gneiss sont datés et donnent des âges du PR1 qui varient entre 2500 et 2000 Ma ,cette série est recoupés par des énormes batholites de granitoïdes (granodiorites et granite) d'âge probablement pan-africain.

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. Bien que ces deux série se distinguent sur le terrain, il a été impossible de décèler une discordance stratigraphique entre elles. Aussi devons nous les considérer comme étant les deux termes d'un seul complexe sédimentaire. On note que ces séries affleurent un peu par tout au Hoggar, sous forme des grands blocs et en cuillères dans les granitoides pan-africains.

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

MAGMATISME:

1-Les roches mafiques

Dans ce domaine on distingue globalement un complexe de roches basiques et ultrabasiques, subdivisé en deux groupes:

-Un groupe anti-pan-africain est composé de péridotites serpentinisées, de métapyroxinites et de metagabbros en forme de lentille. Il est associé aux formations de la série d'Aleksod dans le domaine occidental des feuilles de Tiririne et de Tadoumet.

- Un autre groupe associé aux formations pan-africaines localisé dans la feuille d'In Takalkeba et d'Issalane où on distingue plusieurs corps basiques et ultrabasiques intercalés tectoniquement au sein de la série inférieure schisteuses.

2-Les roches felsiques

Ce domaine est caractérisé par le développement d'énormes massifs de granitoides dominés par des pitons très élevés et d'autres massifs aplanis hérissés de gour, d'autre de dimensions plus réduites à peu près circulaires en pics aigus. Parmi les innombrables massifs granitiques nous avons pu reconnaître.

a/ Les granitoides pré-tectoniques:

sont composés de diorites quartziques de granodiorites porphyroïdes, recoupant les séries inférieures pan-africaines qui passent graduellement aux rhyolites intercalés dans la série intermédiaire grésopélitique.

b/ Les granitoides syn-tectoniques :

Ils sont en gros batholites ou monzonites concordants avec une orientation et écrasement bien marqués, recoupant le socle gneissique et les formations supérieures pan-africaines. Tous ces granitoides semblent liés aux grands mouvements tectoniques, mais postérieurs à la phase majeure. Ils sont généralement migmatiques, dont le type le plus représentatif est le granite de

Tefedest et d'Anfeg. Des granites plus jeunes ne représentent plus qu'une étroite bordure migmatique, comme ceux de l'Atakor.

c/ Les granitoides post-tectoniques :

Ils ne constituent pas que des massifs de dimensions réduites recoupant à l'emporte-pièce les roches de contact pan-africaines. Ils n'ont aucune relation visible avec les migmatites. Ils sont nettement discordance de base, ils se divisent en deux séries distinctes:

-La série des granitoides post-tectoniques écrasés (anti mylonites); sont connus sous le nom de granite de Taourirts, composés de microcline et de biotite, (exemple les massifs d'Aouilène, de bahouinets, de Mary Louise, de Tan Affalla, ...etc)

La série des granitoides post tectoniques non écrasés; sont des granites à micropertites, à amphiboles sodiques (Riebeckite et Arfvedsonite) et pyroxène type aegyrine, de nature alcaline à hyperalcaline.

Le granite le plus présentif de cette dernière série est celui d'Adjemamaye de nature hyperalcaline à riebeckite, a fourni un âge sur minéraux (isochrone Rb/Sr) de 520 Ma (Boissonnas et al., 1970), nous retrouvons en somme une évolution au cours du cycle orogénique, les granites deviennent en moins migmatiques, de plus en plus discordants et éruptifs, et passent même à des termes éffusives.

C-HOGGAR ORIENTAL

(la chaîne tiririnienne)

Ce domaine est situé au delà de la faille 8°30'E est essentiellement constitué d'un socle métamorphique probablement éburnéen, surmonté par des formations volcano-sédimentaires et plutoniques pan-africains. Toutes ces formations sont surmontées par des sédiments paléozoïques du Tassili, le môle d'In Issalane et une partie supérieure de la série Tiririne.

Ce domaine est subdivisé en trois domaines:

-La zone de Taffassasset-Djanet :

diffère du môle d'issalène par l'abondance des termes volcano-détritiques et un énorme développement de grano-diorites tardi-tectoniques.

-Le môle d'Issalène :

c'est un socle formé de méta-sédiment de quartzites de marbre des péllites, des leptynites, des leptynites rubanes d'orthogneiss, alcalin d'âge inconnu.

Le contact de ce socle de la série de tiririne (d'âge PR3) est toujours anormal, chevauchement vers l'Est évoluant en décrochant dextre.

-La chaîne tiririniène:

elle 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-diorites et de micro-granites.

Il est à noter que dans le Hoggar central et oriental, il n'existe que peu de témoin molassique, ceci est probablement dû à leur soulèvement plus tardif et plus important que celui du Hoggar occidental et d'Adrar Iforas, ce qui a favorisé soit une éruption complète de la série molassique, ou plutôt l'absence de dépôt, seule la série de Tiririne présente certaines caractéristiques molassiques, mais elle a été déformée avant 580 Ma.

Dans le domaine oriental on distingue globalement trois séries pan-africaines séparées des discordances stratigraphiques et structurales qui se succèdent de bas en haut:

- La série de plateforme :

est constituée de conglomérats à galets de quartz, de schistes à micas, de métapélites charbonneuses intercalées dans des sills de metabasites et parfois de métarhyolites.

- La série volcanique :

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

- La série molassique

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

MAGMATISME

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

1-Les roches mafique

Ces roches affleurent par endroits et forment un complexe de roches basiques et ultrabasiques, composé de péridotites serpentinisées et de gabbros en forme de lentilles intercalées tectoniquement dans la zone SW de Timoultine avec quelques corps résiduels dans des secteurs à Tiririne et Tadoumet.

2- Les roches félsiques

a- Les granitoïdes pré-tectoniques

en forme de batholites de diorites quartzites et de granodiorites porphyroïdes qui passent parfois aux rhyolites de la série volcanique.

Ces granitoïdes ont été datés 730 Ma (Caby, Andréopolus, Renault, 1987). Ils sont connus sous le complexe d'Arirer dont un sill a été daté à 660 Ma, et sur lequel repose en discordance avec la série de Tiririne.

b- Les granitoïdes syn-tectoniques

... sont connus sous le nom des granites de honeg composé, de granitoïdes syn à tardi tectoniques en batholites recoupant la série de tiririne. ces batholites affleurent, essentiellement dans la partie occidentale de la feuille de Tiririne (se prolonge dans le Hoggar central) mais également dans le centre de cette feuille, le premier batholite recoupe la série de Tiririne, repris par une bande mylonitique contemporaine de celle de la zone 8° 30', tandis que le second batholite recoupe la série de tiririne et les mylonites de la feuille 8°30'. Les granites d'Adaf qui appartiennent au batholites de l'W, ont été daté à 580 M.a. D'autres massifs granitiques non écrasés, post-mylonites de nature alcaline du type Tin-goras, affleurent par endroits surtout dans le domaine central, ils sont parfois associés à des ignimbrites.

Dans les domaines (oriental et central) se développent des plateaux essentiellement basiques mio-plio-quadernaires anorogéniques. Ce sont les N'ajjer, In Izane pour le domaine oriental et Amador, Atakor, Egère et Tahlra pour le domaine central.

II-LA GEOLOGIE LOCALE

LA GEOLOGIE DES REGIONS D'ETUDE

Le socle cristallin du Sahara affleure sur 500 000 km² dans l'extrême sud Algérien. Il constitue ainsi le Hoggar et l'Adrar des Iforas et l'Air.

Les régions d'étude sont recouvertes à 80% des granitoïdes, en général l'orogénèse pan-africaine d'âge protérozoïque supérieur que l'on appelle au Hoggar « orogénèse pharusienne »; Ce sont des granites tardi-orogéniques, postérieurs aux plissements. Les plus remarquables ont une structure en zones emboîtées.

Dans les fossés, on voit fort bien les phases successives de l'activité plutonique d'enchaîner les unes aux autres. Il était donc difficile de passer sous les grands plutons syn-orogéniques, qui sont contemporains des derniers plissements et dans l'ensemble concordants.

1-LA REGION DU TAMANRASSET (HOGGAR CENTRAL)

Le Hoggar central est constitué en très grande partie par des gneiss méta-sédiments affectés par un métamorphisme de haut degré globalement et dans l'état actuel des connaissances trois peuvent être définies dont les limites ne coïncident pas systématiquement avec celles qui sont soulignées par des grandes fractures et les grandes zones de mylonites.

Ce sont d'Ouest en Est :

- La zone Tefedest-atakor: caractérisée par l'abondance des granitoïdes d'âge présumé pan-africain
- La zone orientale: (Oumelalen-Temassinet) caractérisées par le grand développement des méta-sédiments anciens d'âge protérozoïque inférieur.
- La zone Egère- Arefsa: caractérisée par l'importance des déformations et du métamorphisme d'âge pan-africain.

- La zone Tefedest-Atakor:

Les limites occidentales et orientales de ce sous-domaine sont très bien définies par les grandes fractures de 4°50 et Amguid-Arefsa par contre, nous avons au Sud et au sud-est, la limite est artificielle, certains caractères permettent de distinguer nettement cette zone de la précédente; ce sont:

- la prédominance des gneiss à métamorphisme de très haut degré et des migmatites,
- l'abondance des granites,
- l'abondance des mylonites et la généralité d'une néo-foliation verticale subméridienne.

- Au Sud de la Tahalra: M. Gravelle (1968) on distingue au sein des complexes greissiques attribués au socle qui affleurent à l'Est de la grande fracture 4°50, deux formations:

- la série leucocrate de l'Oued Tinef, composée de leptynites et de granito-gneiss, largement rétro-morphosés en condition épizonale.
- la série mésocrate de l'Oued Azarou composée de greiss calco alcalins à biotite et amphiboles, d'amphibolites et de quartzites à diopsides et hypersthène.

a - La région de Tamanrasset (fig 4) :

Elle a été étudiée plus particulièrement par M. Deschamps (1973) qui a mis en évidence une formation encaissante des granites est essentiellement méta-sédimentaire (gneiss, marbres et pyroxénites) et contient des lentilles d'amphibolites. La déformation principale qui affecte cette zone est l'axe sub-méridien et génératrice d'une foliation subverticale accompagnée, sauf à proximité des zones de mylonites où la rétro-morphose prédomine par un métamorphisme de haut degré de type basse pression (cordiérite-sillimanite). La mise en place des granites d'Anfeg et d'Outoul est contemporaine de la phase sub-méridienne qui est localement accompagnée de migmatites; des granites plus récents, non orientés, recoupent ces structures. L'auteur décrit en plus une phase de déformation plus ancienne à laquelle il attribue des paragenèses reliques à disthène, à hypersthène et à corindon.

b - La région de l'Amsinassène: G. Vitel (1970) a distingué deux séries:

- la série de l'Archchoum Fig .5 formée de gneiss rubanés et veinés polymigmatitiques contenant des reliques de granulite à hypersthène.
- la série de l'Amsinassène, essentiellement méta-sédimentaire, et comprenant des marbres à minéraux, des pyroxénites, des gneiss à pyroxène et amphibole, des quartzites et des gneiss à sillimanite et grenat.

Les relations structurales entre les deux séries définies par G. Vitel sont complexes et la corrélation que cet auteur a envisagée entre la série de l'Amsinassène et celle de l'Aleksod-Egéré ne repose que sur l'éventualité d'une discordance, insuffisamment prouvée

entre la série de l'Asinassène et la série de l'Archchoum. Il semble plus logique au vu de la lithologie et surtout de l'étroite association et interstratification entre méta-sédiments et gneiss rubanés, de corréler la série de l'Amsinassène avec les méta-sédiments anciens, d'âge protérozoïque inférieur, donc ces méta-sédiments font partie de la série de l'Archchoum. Dans cette hypothèse, seul la formation volcano-sédimentaire épizonale de Dehiné pourrait être attribuée au protérozoïque supérieur.

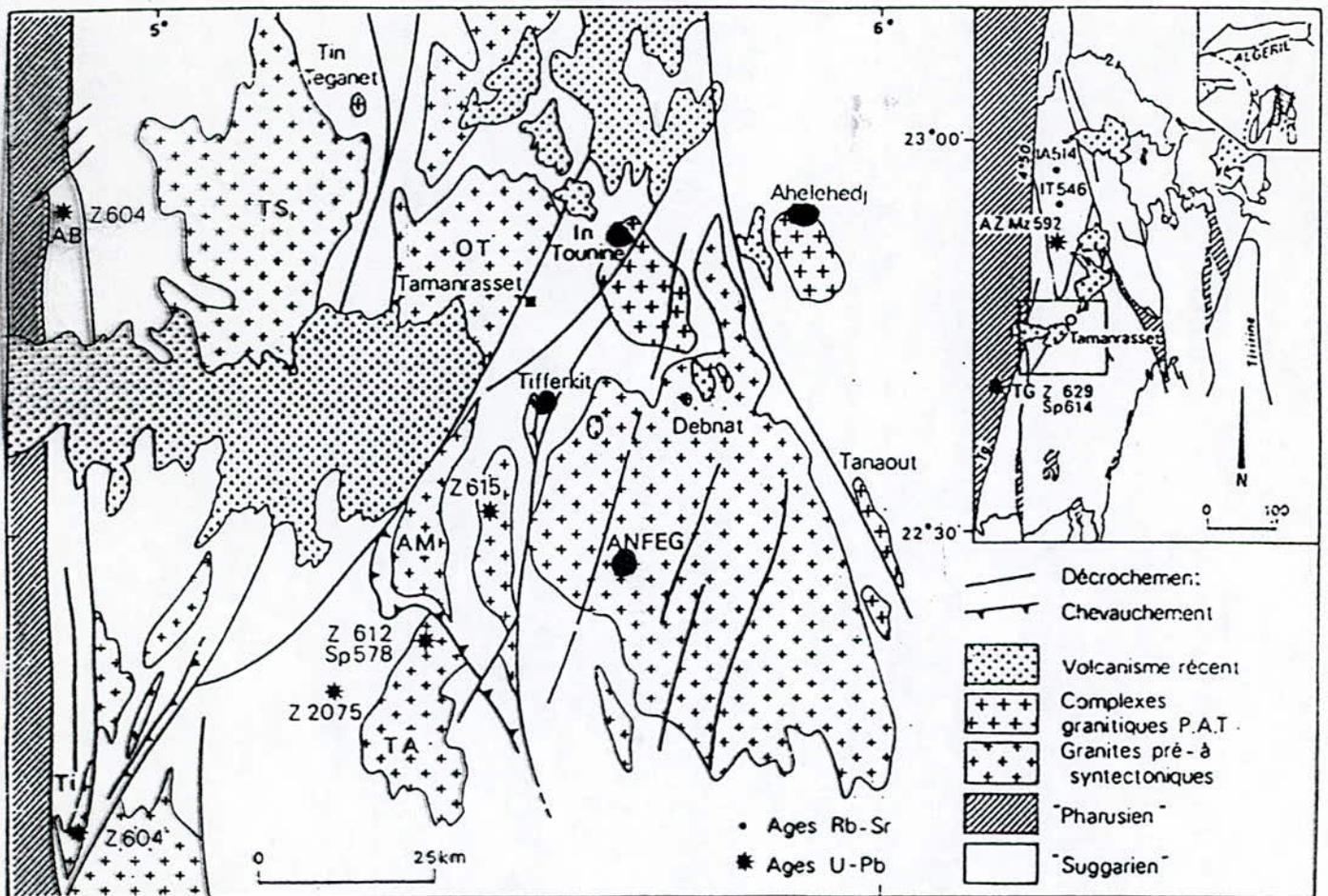


Fig.4

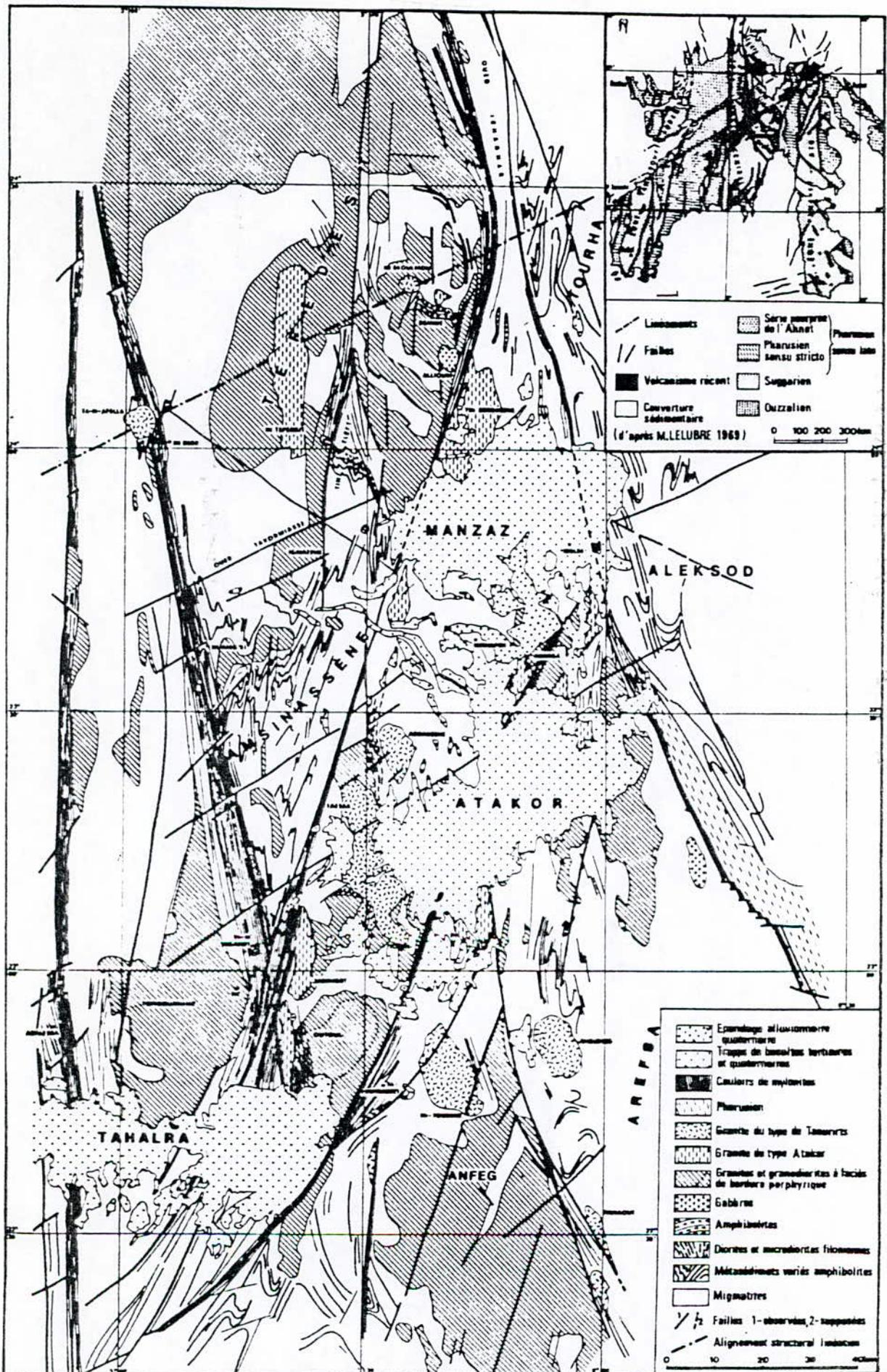


Fig 5 - CARTE GÉOLOGIQUE STRUCTURALE DU HOGGAR CENTRAL

c. évènements Tectono-métamorphiques :

Ces régions ont été affecté par:

- Un serrage E-W se manifestant par des plis droites sub-méridiens.

- Un l'épaississement de la courte entraînant la génération des granites syn-tardi et post-tectonique , la liaison étroite entre l'évolution tectono-métamorphisme principale et la mise en place de grands plutons granitique est montrée par les données structurales (Bertrand, 1986) . Ces granites sont syntectoniques et donnent des âges 615M.a (Massif d'anfreg).

d. Les granites post-tectoniques :

communément appelés granites « Taourirts » ce sont les derniers granites intrusifs du Hoggar au pan-Africain . les datations de ses massifs donnent un âge de 514 M.a pour le plus jeune (In Akoulmou) et 590-580 M.a pour les anciens (La touche et vidal 1978) on distingue deux grandes familles :

- Les granites du fossé pharusien:

Il sont situé dans la moitié nord du rameau orientale du Hoggar occidental la mise en place de la plupart de ces massifs est contrôlée par l'accident majeur 4°50, ce sont en général des granites sub-alkalins porphroïdes à microline, oligoclase et biotite ils sont d'origine mantellique avec une composante crustale très faible il n'existe pas de gisement qui soit associés à ces granites, exception faite de quelques petits indices de cassitérites (pegmatite à cassitérites du Tesnou).

- Les granites de la zone centrale:

Ce sont particulièrement les granites les plus étudiés. Ces dernières années, en raison des minéralisation de Tengstène et d'étain qui leur sont situés dans la zone Tefedest-Atakor du Hoggar central. Ces granites sont caractérisés par une absence de structure concentrique la taille du massifs qu'ils forment, diminue du nord vers le sud ce qui correspondrait à une diminution du volume du magma. Se sont des granites calco-alkalins à biotite. Deux grands groupes sont distingués.

- Le groupe de Tamanrasset:

Les principaux massifs de ce groupe sont le Teassa, le Gara Monique, le Tanaout, l'Ahelehedj, In Tounine, il se sont mis en place à faible profondeur. Tous ces granites sont de types alumineux, ce qui fait penser à une origine crustale confirmé par un rapport isotopique ($R_i = 0.7225$ obtenu sur le massif d'In Tounine).

-Le groupe des Baouinet:

Il comprend les massifs des Baouinet Nord et Sud, le groupe de Laouni est d'origine crustale. La minéralisation à wolframite - cassiterite, à wolframite seule ou cassiterite seule, en quantité très variable d'un massif à l'autre. Elle s'exprime dans des filons quartzeux, des amas, de greisen ou dans des pegmatites.

2 - LA REGION DE SILET - TIMGAOUINE Fig .6

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 adamellites, 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 adamellite 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.

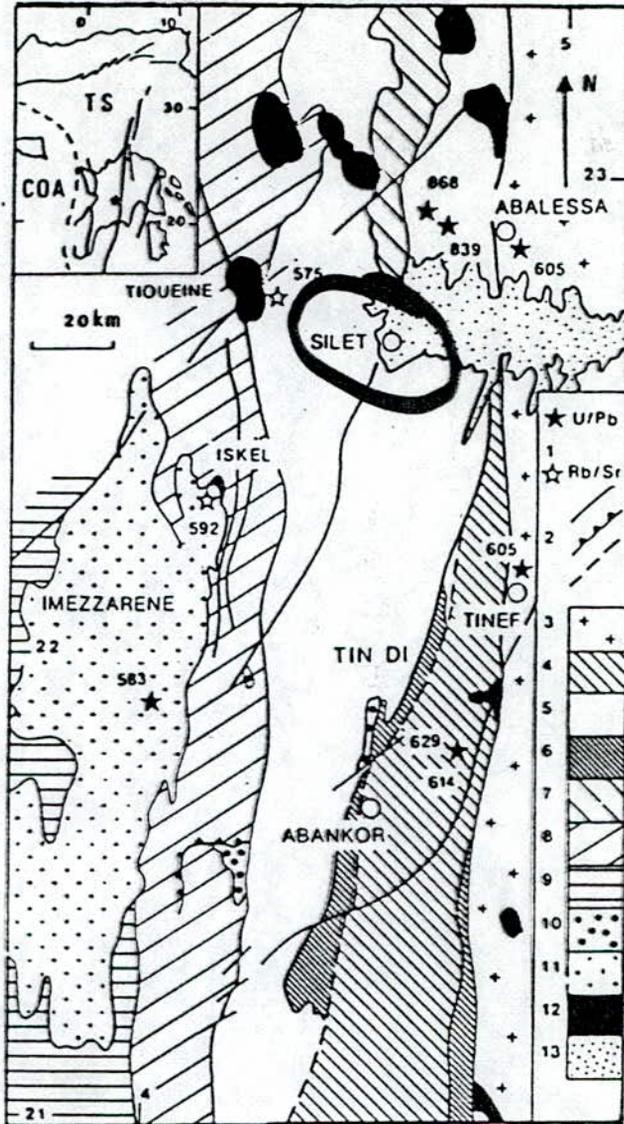


Fig. 6

- Les adamellites se subdivisent 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 affleure en grands blocs et en dalles en mélange avec l'adamellite à biotite. Elle peut acquérir un aspect de gneiss oillé. C'est une adamellite qui probablement a subi une déformation pan-africaine.

L'adamellite 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 recoupent l'encaissant en formant des plis ptygmatisques.

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

L'adamellite 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'adamellite à biotite dominante est en général à gros grain, parfois porphyroïde souvent de couleur blanche ou rose; il est orienté et cataclaté. Son contact avec la granodiorite et l'adamellite à muscovite est difficile à observer.

L'adamellite à aegyrine et riebeckite forme une bande allongée qui suit le décrochement (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'opaques. 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 monzo-diorites, 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, cataclatée 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.

3-LA REGION DE L'ADRAR DES IFORAS

Du point de vue stratigraphique l'Adrar des Iforas est composé de bas en haut:

- D'un socle Eburnéen Birinien) du PR1 :quartzites,marbres,amphiboles et gneiss.
 - D'une série volcano-sédimentaire dite pharisienne,conglomérats,basaltes,andésites,rhyolites et leurs tufs et brèches,grès.
 - D'une série molassique Nigritienne d'arkose,conglomérats et de grès.
- Le socle et la série volcano-sédimentaire sont recoupés par un magmatisme très varié.
Du point de vue magmatique l'Adrar des Iforas est caractérisé par le développement d'un magmatisme varié,plus particulièrement granitique(fig 7).

Le granite de Tiraouanine:

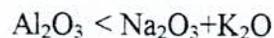
Le granite du Tiraouanine se localisent dans la région d'Amachach,et passe latéralement à un granite rouge qui est un équivalent probable du stannifère de Nigeria. On peut supposer que tout gisement de granite à aegyrine et riebeckite renferme un peu de granite du type Amachach celui-ci est intéressant du fait qu'il est souvent minéralisé.

Le granite du Tiraouanine est précédé à l'ouest par une série de reliefs assez peu élevés d'un granite rouge à enclaves vertes qu'entame le haut O. Amachach sur une partie de son trajet, le passage au granite à aegyrine et riebeckite est très rapide mais on a l'impression bien nette que les deux types de roches sont contemporains. Les formes d'érosion du granite de l'Amachach sont prismatiques.

Enfin, à 3km à l'est de Bouressa, un piton élevé est formé d'un granite à mica vert; l'Adrar Esseli serait partiellement un relief de granite de l'Amachach.

On aborde ici de roches extrêmement intéressantes, peut-être susceptibles d'éclairer un jour le problème de l'origine des granites; Il faudrait pour cela procéder à une étude détaillée de certains gisements remarquables, comme l'Adrar, Denat ou l'Adrar Ilebdjane.

Les granites hyperalcalins sont, par définition; caractérisés par la présence de pyroxènes ou amphiboles sodiques et par la relation chimique suivante:

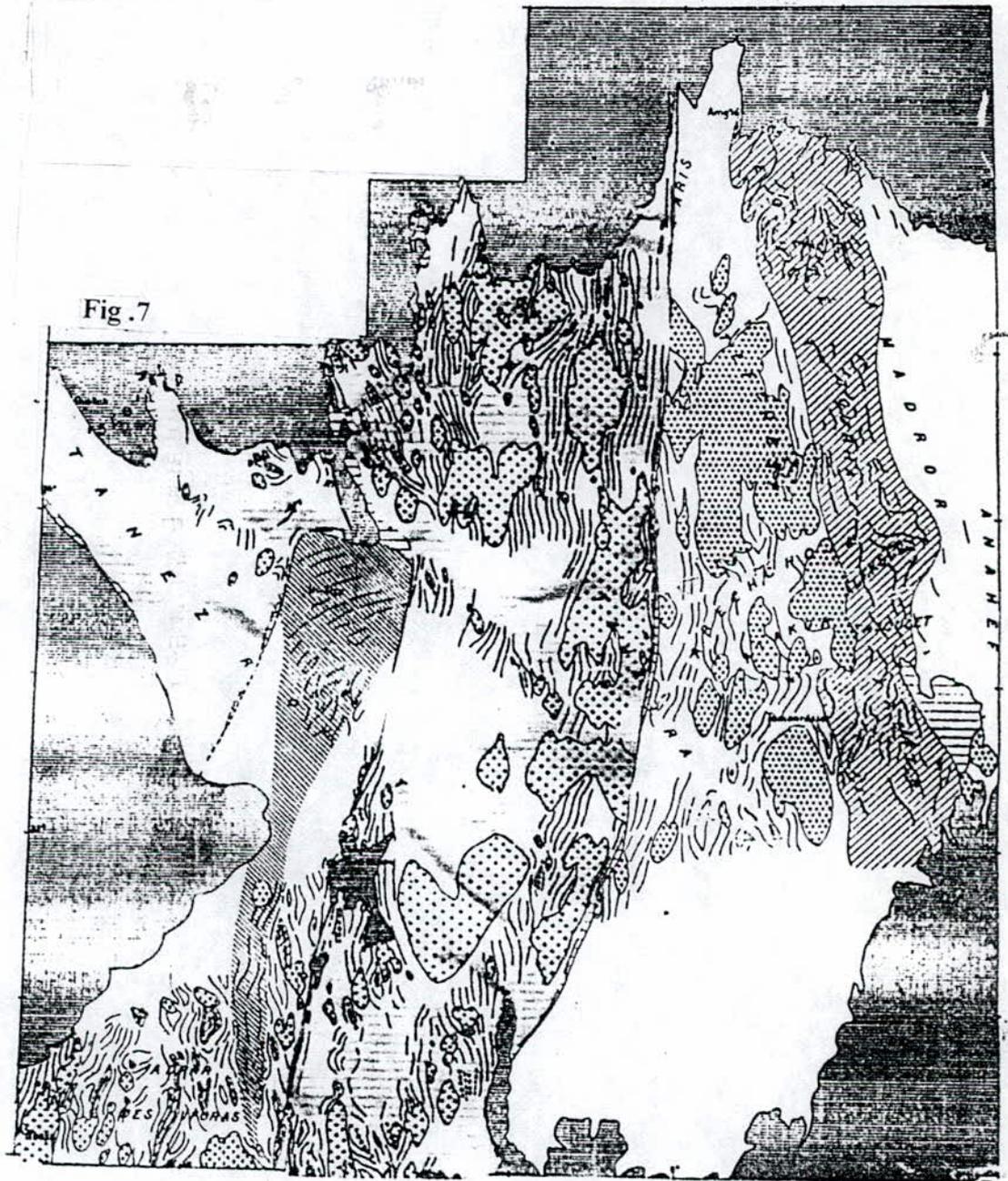


Des granites à hudsonite était les seules roches alcalines connues dans l'Adrar; ils avaient été signalés par M.E. Denaeyer en 1923 en deux points, Tin Elhaoua et Bouressa ,ces granites provenaient de Tessalit.Ils sont composés de:

- Adrar Tiraouanine:

Le massif de granite de type hyperalcalin le plus étendu de l'Adrar des Iforas semble être le Tiraouanine près de Tessalit.

Il est sillonné de diaclases que l'érosion est utilisées pour attaquer le massif, A l'WNW et NW du sommet culminant (873m) des diaclases verticales sont orientées 22°, tournant à 48° puis à 17° sur 2km vers le Nord; D'autres diaclases importantes sont orientées à 132° et 142° avec un faible pendage au SW.



Les différents batholites et massifs granodioritiques du Hoggar et d'Adrar des Iforas

Il existe un granite à aegyrine et riebeckite ayant une structure particulière, caractérisée par la forme allongée et mince des prismes colorés dans un fond plus fin que la normale.

Dans l'Ouest. Elanfan, le granite hyperalcalin à grain normal est en contact avec le granite porphyroïde du type Iforas. Sur la rive droite de l'Ouest, Tessalit, où il apparaît dans un massif en coupole. Enfin à Tessalit même, le long de l'oued, on observe très clairement le contact à l'emporte-pièce avec des coréennes vertes.

- Le granite de l'Adrar Tisset:

L'Adrar Tisset est un massif en coupole basse, situé à 20 km au NNW de Tasendjit, sur la limite entre pharusien à l'W et le socle à l'Est, le granite, est fin, à structure micropegmatitique, avec quartz frais, orthose pigmentée, albite, riebeckite bleue en voie d'altération en hématite.

-Le granite d'Adrar Timajjelène:

Au pied méridional du timajjelène, un beau granite rouge à feldspaths bien dessinés, appartient à la catégorie des granites hyperalcalins, à riebeckite.

-Le Granite Adrar Ibedjane et kidal:

La partie occidentale de l'Adrar Ibedjane, situé à l'ouest de kidal, comprend de nombreux sommets qui portent les noms de Tin Djounhane. Les vues aériennes ont révélé la forme parfaitement circulaire de cet Adrar Djounhane, qui a un diamètre N-S de près de 17 km.

Au sud de Kidal, le granite rouge coupe à l'emporte-pièce des schistes bruns à biotite et des compositions à passées de talc. A 2 km du bordj en tête d'un oued WE coulant sur des rhyolites, des microgranites et des schistes en creux, apparaît un granite rose à biotite en boules riche en filons de quartz.

-Le granite : d' Adrar Douriet, de Tin Ebrorane d' Aldadai:

Granites en partie rouges, de type Kidal; en partie à aegyrine ou à riebeckite.

-Le granite d' Adrar Esseli:

Analogue au massif de Traouanine, par son relief, l'Adrar Esseli, situé au nord et au NE de Bouressa a été visité dès le début du siècle par R. Chudeau, E.F. Gautier et N. Villatte. Plus tard, en étudiant un échantillon de ce massif, M.E. Denaeyer montrait que c'était un granite alcalin avec hudsonite en plages xénomorphes à clivages nets moulan poecilitiquement du quartz avec formation d'une admirable pegmatite graphique, enfin mica noir en quantité égale à celle de l'amphibole.

Les massifs de granite alcalin sont nettement intrusifs dans le granite calcoalcalin de Bouressa, si les formes d'érosion sont encore assez analogues à celles du Tiraouanine, l'aspect du granite prélevé en échantillon au nord de Bouressa n'est plus du tout pareil et rappelle singulièrement celui du granite à riebeckite, sans aegyrine d'In Abalène.

-Le granite d'Adrar Ireirerène - Tidjenet :

Malgré une composition minéralogique totalement différentes, le granite a une composition chimique d'une étonnante ressemblance à celle des granites à aegyrine et amphiboles sodiques de l'Adrar.

L'Adrar Ireirerène est le plus septentrional de trois massifs, remarquables par leurs formes circulaires et leurs diamètres très semblables; Le massif le plus méridional est l'Adrar-Tidjemet sur le terrain, on constate que l'Ireirerène est précédé à l'Est et au Sud-Est par un socle très métamorphique et plissé comprenant des quartzites, des cipolins, des amphibolites et des gneiss; Au Sud et au Sud-Ouest les séries sont analogues, avec des migmatites en plus. Le massif granitique recoupe le tout à l'emporte-pièce à l'Est un contact vertical contre des bancs à pendage Ouest; l'allure endôme du granite est encore accentuée par des diaclases, dont certaines, orientées Nord-Sud, sont parallèles à des failles avoisinantes.

- Le granite d' Adrar Denat :

L'Adrar est un petit massif d'un très grand intérêt, le granite a ici la forme d'une ellipse presque circulaire allongée NE - SW, en travers des plis orientés Nord -Sud; Au S-W, au S-E, à l'E et au N-E, formant bordure, apparaissent des dykes courbes de microgranites foncés à pyroxène et amphibole sodiques et phénocristaux de feldspath rose. Le granite et les microgranites recourent à l'emporte-pièce le conglomérat de base pharusien qui repose au sud du Denat sur un granite du type In Reliane, tandis qu'au nord le conglomérat repose sur des chaînes de quartzite et sur un remarquable essaim de dykes serrés de rhyolite brune orientés NE - SW. Cette rhyolite est sans doute presque contemporaine du début de la transgression pharusienne car le conglomérat n'en renferme presque pas de galets.

-Le granite d' Adrar In Abalène - Tin Essalag:

Les points d'eau d'In Abalène sont situés à l'intérieur d'un massif de granite de faible relief qui a 6.5km de large à cet endroit. Le granite, leucocrate et grenu est formé de micropegmatites de quartz et microperthites de microcline et albite, la riebeckite est abondante et se présente en grandes plages ou en petites aiguilles de génération tardive, plantées sur les grandes plages ou dispersées dans la microperthite; il y a un peu de zircon. Extérieurement la roche ressemble bien plus au granite de l'Adrar. Esseli qu'à celui du Tiraouanine.

Au nord d'In Abalène, autour d'In Akarrot et au-delà, le granite d'une composition banale pourrait appartenir au type des Iforas.

Le granite d'In Abalène se continue assez loin vers le sud où il dépasse Tin Essalag; Il recoupe le conglomérat de base du pharusien à l'emporte-pièce en provoquant un certain métamorphisme de contact. Au tour de Tin Essalag, ce granite présente une certaine ressemblance extérieure avec celui de Kidal, et renferme des enclaves basiques.

La surface supérieure du granite d'In Abalène - Tin Essalag est parfaitement plane et représente, comme le Denat, un témion de la pénélaine anté-tassilienne; les grès paléozoïques ne sont d'ailleurs pas loin car ils affleurent à une douzaine de kilomètres à l'Est d'In Abalène. S'il fallait résumer le mode de gisement des granites à riebeckite ou hudsonite avec ou sans aegyrine de l'Adrar des Iforas, on pourrait dire que ce sont des granites à l'emporte-pièce avec localement des bords à grain fin paraissant indiquer un refroidissement plus rapide et une mise en place par intrusion, avec possibilité d'un

mouvement ascendant d'allure hélicoïdale dans le cas de l'Adrar Denat; Des dykes arqués de rhyolite ou de microgranite suggèrent des moments de détente post - tectonique. Les granites eux même post - tectonique, sont seulement affectés par des failles d'âge indéterminé.

Le Granite du Tin Ezemane ou du Tin Djaouine post tectonique:

Ce granite est un peu plus récent que les granites des Iforas qu'il recoupe chet Ouan Allah, les affleurements de roche de ce type sont assez réduits et possède un relief très caractéristiques en cône, ce granite de Tin Ezemane est considéré comme une fraction tardive du granite des Iforas.

Dans l'Adrar Tin Ezemane dresse ses reliefs pointus d' un granite orienté riche en enclaves est recoupé par un granite fin et plus jeune formant le relief de l'Adrar Tin Djaouine. C'est un granite du type Tin Ezemane. Les granites de chet ouan Allah se continue par des cônes à patine foncée jusque tout près de la colone S-W du tassili l'Adrar à 4km a l'WNW du puits de tachdaït de petits pointements de granite fin à biotite et sphène pourraient appartenir au type du Tin Ezemane.

Granodiorite du Tibegatine syn-tectonique:

Cette roche de la région Tibegatine est grise aux éléments orientés parallèlement aux bords concordants des affleurements. C'est une granodiorite s'insinue avec une largeur de 4km dans les micschistes et gneiss a galets pharusiens orientés Est- -Ouest.

On pourrait comparer la granodiorite du Tibegatine a certains granites du pharusien oriental. Mais comme ces derniers tout en étant orientés, n'ont pas une ressemblance lithologique absolue avec leurs équivalents possibles de l'Ouest , La granodiorite du Tibegatine serait un peu antérieure à la mise en place des granites des Iforas.

- Etude géologique de granite des Iforas:

Il est le plus répandue dans l'Adrar des Iforas où il forme de grands batiments; Surtout dans la moitié occidentale de montagnes.

- Région orientale:

Au sud du chet Ouan Allah, près un grand hiatus occupé par le pharusien métamorphique, massif de "granite des Iforas" très allongé s'étend du pied de l'Adrar. Keddedes jusqu'a une distance de 8km au sud de Tin Zaouatène. On constate la rapide variation d'aspect de ce granite; alors qu'au pied du Keddedes c'est un granite migmatitique, plus au sud c'est granite orienté à grain fin (a 16km de Kideddes) ou une granodiorite à enclave basique (NE du Mont Takabart). Autour de Tin Elhaoua et de Tin Zaouatène, il existe une très grande quantité de pegmatite à muscovite avec quelque fois grenats. Ces pegmatites sont coupées par les filons de quartz et l'ensemble paraît dériver du granites des Iforas ou d'un granite plus récent.

Assez loin au SSW de Tin Zaouatèn, un batholite granitique . Le granite est gris clair orienté et écrasé avec enclave un massif granitique setrouve au pied oriental du dykes basique de Taraldjé.

Un autre granite s'étend à l'Ouest d'In Azarraf où il recoupe des roches zébrées noirs et blanches probablement basique c'est d'abord un granite à biotite et amphiboles, qui devient un granite gris clair orienté ou écrasé en passant aux gneis oelite

-Région centrale:

Au nord de Tamaradjont le granite s'étire parallèlement aux plis, il est parphyroïde et rose sur 3.5km au nord de l'Ouest. Edjerir et passe ensuite d'une façon insensible à un faciès rouge à gros grain à amphibole très écrasé le long du bord occidental.

- Région occidentale:

Entre Kidal et Aguelhoc, la piste serpente presque continuellement sur un granite porphyroïde à biotite qui à emporté toute trace de la discordance pharusienne.

Dans tout ce secteur le granite est généralement porphyroïde avec des enclaves et des zones écrasées. Au sud et au SW de Kidal, les granites variés, sont parfois alcalin on trouve cependant un granite ayant l'aspect du granite des Iforas notamment vers le sud de l'oued Rhouess un granite rouge apparaît à In choumadjène et à 27km il rappelle beaucoup celui de Kidal , ce granite recoupe des schistes, andesites ,de couleur rouge de type Kidal alcalin, semble avoir le même âge que les granites à aegyrine et rebeckite connus plus au nord. Par comparaison avec d'autre région exemple Mauritanie, les granites grenu et porphyroïde à biotite pourraient correspondre à la granodiorite de Tibegatine et aux granites des Iforas.

Svénites néphéliniques, Svénites, Microsvénites et phonolites du N-W de l'Adrar:

La découverte de ces roches d'un grand intérêt dans les affleurements occidentaux; séparés de l'Adrar des Iforas par des terrains de couverture d'âge secondaire les syénites à néphélines du Tirkine et du Tadhak sont de véritables syénites néphéliniques.

Plus au sud Timetrine D'abord les syénites néphéliniques sont recoupés par quelques filons d'une rhyolites siliciée (Adrar In t'finar) peut-être nigritienne, à cause de son associations aux conglomérats de cet âge. On peut donc penser à un âge antécambrien aux syénites néphéliniques et microsytites du N-W de l'Adrar des Iforas les foyaites présentent de nombreux points de ressemblance avec les granites à aegyrine et amphiboles sodiques. Ces syénites néphéliniques accompagnées de pegmatites apparaissent en trois affleurements principaux (Adrar Tadhale, Tirkine, Tidjerazrazze) les microsyténites ne sont connues que dans l'Adrar Tadhak, enfin les phonolites et microsyténites apparaissent dans l'Adrar Tidjerazrazzé et s'éparpillent en dykes plus au sud sans atteindre le Timetrine.

Concernant l'âge exact des syénites néphéliniques probable,elles sont certainement antérieures aux grés à dinosaures où à bois silliflés du continental intercalaire qui les recouverts en discordance, elles sont ainsi certainement au crétacé inférieur, les syénites néphéliniques sont recoupées par des filons d'une rhyolite(Adrar In t'Finar) peut être nigritiennes ,à cause de son association aux conglomérats de cet âge ,donc on peut attribuer

à titre hypothèse, un âge antécambrien aux syénites néphéliniques et microsyénites du Nord-Ouest de l'Adrar des Iforas.

Concernant l'âge des phonolites nous paraît beaucoup douteux car rien ne s'occupe à ce que ces laves soient apparues après le cambrien et avant le céno-manoturonien lacustre de ces régions.

Les svénites néphéliniques et les pegmatites:

- Adrar Tadhak:

- On commence par le massif plus important; de l'Adrar Tadhak où les foyaïtes apparaissent sur près de 120km².

Les premiers reliefs très bas du tadhak; observés à près de 10km au NE du puits d'In Sannatane; montrent une foyaïte à plages de néphéline; cette roche recouverte par des grès calcaïques à points noirs d'âge crétacé.

A 6 ou 7km au NE d'In Sannatane et au sud du petit oued Tanahok; la foyaïte; orientée E-W elle est coupée par de nombreux filons d'une roche mésocrate microgrenue qui arrive à former des collines foncées. Dans NE d'In Sannatane la foyaïte se charge de curieuse boules rondes. La roche ressemble alors à un conglomérat coupé par des filons de microsyénites foncée un peu au nord d'In Sannatane, les foyaïtes sont recouvertes par des grès à hâtification entrecroisée et tablettes détritiques de feldspaths. Finalement les foyaïtes sont nettement arquées en grand avec une concavité ouverte au nord; elles sont plus largement grenues dans le sud et l'W que dans le nord du massif.

- Mont tirkine:

Le tirkine n'est pas une vraie montagne mais une masse de rochers empâtés par un reg épais et par des grès, des argiles et des calcaires du continental intercalcaire.

Ces rochers commencent à apparaître à une quinzaine de kilomètres au nord de l'Adrar Tadhak et s'étendent sur près de 4km de long et 1 à 2km de large. Ils sont disposés en arcs concentrique plus ou moins ensablés ouverts vers le Sw. Un seul filon rouge orienté 38° a été observé à l'ouest; par contre les enclaves très foncées sont nombreuses et atteignent un diamètre 50m x 50m (centre) elle sont généralement orientées comme la foyaïte. Le contact foyaïte enclave peut-être extrêmement net ou au contraire diffus. La foyaïte devenant de plus en plus foncée vers l'enclave; celle-ci est souvent entamée et comme migmatisée.

Le tirkine se prolonge à 1.5km vers le N au delà d'une étendue de reg; par une dernière barre rocheuse de foyaïtes longue de 300 à 400m; large d'une cinquantaine de mètres, orientée 100°. Ensuite et toujours vers le nord, le reg repose sur une distance 3.5km sur des grès clairs violacés. La base apparaît des grès violacés bruns ou blanchâtre; cet ensemble qui peut être au " continental intercalcaire" empâtés des rochers très bas.

- Groupe de l'Adrar Tidjerazrazzé:

La partie méridionale de ce massif comprend des syénites à néphéline, aux éléments non orientés, contrairement à ce que nous avons vu jusqu'ici. Dans l'Adrar. In t'finar plus au nord, les phonolites ont ramenés au jour des débris anguleux d'une syénite à néphéline qui n'a pas été observé en surface à cette endroit. Enfin, le culot volcanique de Tin Téborak comprend quelques syénites claires à celle du Tidjazrazzé méridionale.

- Adrar In t'Finar :

Les enclaves de syénites enrobées par les phonolites et les Tingaïtes de l'Adrar. In t'Finar sont grenues et leucocrates ; elles sont formés d'orthose avec des perthites d'albite, de la néphéline à section carrée ou hexagonale de l'aegyrine, de l'arfvedsonite pléochroïque en bleu et gris bleu, de la biotite orangée, de l'eudialyte pléochroïque en grande plage, un peu de zircon et de fluorine violette. Enfin, un minéral isotrope qui peut être la haut ne ou la sodalite. L'eudialyte moule les plages de feldspath et de néphéline.

-Adrar Tidjerazrazzé :

Les syénites à néphéline de la partie méridionale du Tidjerazrazzé affleurent sur près de 12 Km², généralement très riches en néphéline, elles peuvent être bourées d'enclaves de deux types. Les premières sont des amphibolites passant au gneiss, et il en existe un immense panneau, orienté 53° avec un pandage de 80° vers le sud-est, à l'extrémité méridionale du massif ; on en trouve divers fragments emballés dans la syénite. Les enclaves du second type sont constituées par des fragments de phonolite foncés nageant dans la syénite plus récente. Ces phonolites forment par ailleurs des colines, et paraissent représentées dans un cas au moins, les bords très érodés d'un volcan dont la partie centrale, grise, serai le "Neck" avec une brèche syénétique à enclave foncée qui sera decrite ci-dessous ; il s'agit plus exactement, d'un complexe volcanique profondément érodé.

- Adrar Tin Teborak :

Prolongé vers le nord par un filon de Tinguaitte foncée long de 305km qui n'atteint pas l'Adrar.Tidjerarezzé, le Tin Teborak est un culot volcanique elliptique allongé nord-sud formé de roches très variées.

C'est ainsi que près des bords sud et ouest du relief, une syénite claire est associée aux phonolites et tinguaites de la façon suivante:

La syénite du Tin coupe une lave grise foncée à grands feldspath plats et enclaves très foncées d'une lave plus ancienne; Mais cette syénite est recoupée par des pégmaites du premier type du Tidjerazrazzé puis par des tinguaites gris foncé à eudialyte, des filons rouges et des filons carbonatés, la syénite du Tin Teborak et identique à celle du Tidjerazrazzé mais toutes deux sont différentes de celles du Tirkite et du Tadhak par le manque d'orientation de leurs éléments et leur aspect de roche moins " profonde " malgré un grain grenu.

- Les microsyrénites et les roches associées:

Les roches de cette catégorie se présentent en dykes à faible relief ou en colines. Elles n'existent ni dans le Tadhak, ni dans le Tirkine, mais s'épanouissent par contre dans l'Adrar Tidjezrazzé. Les gisements qu'on a pu reconnaître sont du nord au sud, l'Adrar. In t'Finar, l'Adrar Tidjezrazzé méridionale le Tin Tiborak, le long affleurement de la rive droite de l'Oued In Ibrahim, enfin des dykes dans le pharusien d'In Assadjé au sud de l'Adrar. Tedhak et dans le pharusien au nord ouest de l'Adrar. Takarkort. Dans l'Adrar. In t'Finar, les dykes verts ou gris généralement orienté 110° à 125° , extrêmement nombreux et serrés, sont parfois couverts de gravures rupestres, un peu au sud de l'oued In t'finar, une colline foncée pourrait représenter une ancienne cheminée volcanique, mêlés aux phonolites et aux tinguaites, des filons de rhyolite semblent être plus récents; cette lave a cide est accompagnée de brèches et de cinérites. Ces rhyolites pourraient être d'âge nigritien.

Plus au Sud, des collines arrondies de phonolite foncée ayant de 500 à 1000m de diamètre sont situées près du centre du Tidjezrazzé; elles sont baignées par des coulées de rhyolite bulleuse accompagnées de cinérites bleuâtres, roses et violacées. Ces collines représentent peut-être des cheminées de volcans érodés, à l'ouest et au sud des collines centrales, quelques laves foncées à grandes tablettes de feldspath blanc recourent des syénites à néphéline et des gneiss à amphibole; ces laves sont recouvertes par des rhyolites, quelques filons de carbonates à clivages brillants commencent à apparaître dans l'Adrar In t'finar et plus au sud; ce sont de véritables carbonatites.

III-La minéralisation

Dans le Hoggar, la minéralisation stannio-wolframifère accompagnant les phénomènes de greisénation de roches granitiques est reliée spatialement si non génétiquement et d'une manière générale aux dernières intrusions dites "Taourirt". Les résultats de prospections effectuées dans le Hoggar montrent que :

- les minéralisations les plus intéressantes en W-SN sont liées spatialement et génétiquement aux granites Taourirt du "compartiment central" (zone de Tefdest - atakort) ;
- d'autres indices de minéralisation de faible importance sont en relation avec des roches de nature et d'âge variés dans diverses régions du Hoggar ; les gisements les plus importants sont en relation avec des intrusions non affleurantes, ce sont du Nord vers le Sud : (Fig. 10)
 - le gisement d'El Karoussa, à étain dominant et tungstène ;
 - le gisement de Tin Amzi à tungstène dominant et étain ;
 - le gisement d'Almeda à étain dominant et tungstène très subordonné ;
 - le gisement de Bachir à tungstène dominant et très subordonné ;
 - le gisement de Nahda à tungstène dominant -il affleure à 1500 m du gisement une coupole de granite "Taourirt".

Une zonalité dans la distribution des minéralisations est suggérée, les gisements et indices sont à cassitérites au nord, ils sont mixte au centre et à tungstène au sud.

Minéralisations liées aux Taourirt :

- Les granites Taourirt : (Fig 11)

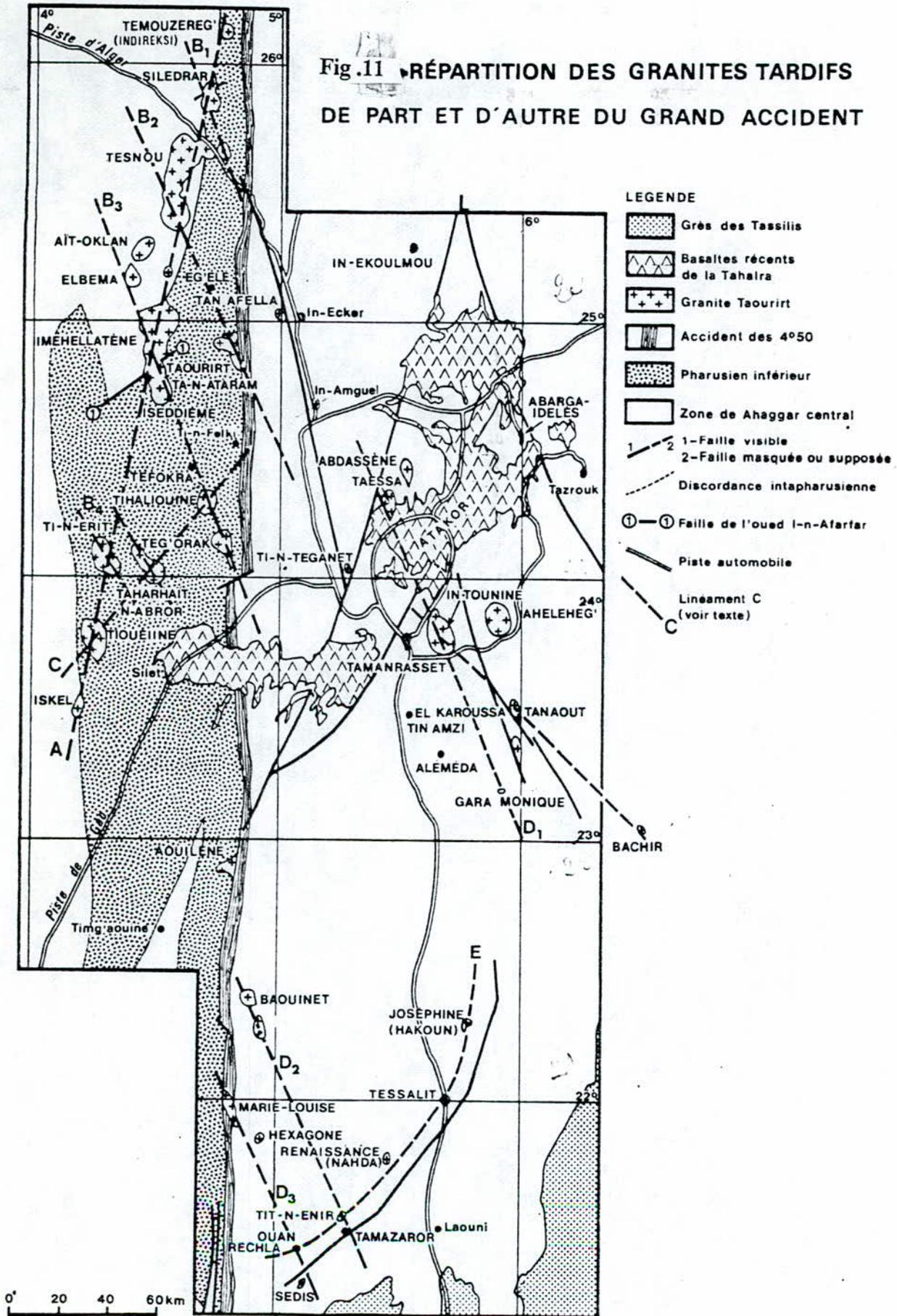
Dans chacune des grandes divisions géologiques du Hoggar, il existe des intrusions ultimes propres mais le terme de Taourirt ne s'applique qu'aux massifs granitiques tardi à post-orogéniques qui se trouvent de part et d'autre du grand accident de 450°.

- **Les Taourirt du rameau oriental** : sont de beaux massifs à contour sub-circulaire et à structure concentriques, le granite courant est calco-alcalin potassique ou monzonitique à biotite parfois hornblende de parmi les minéraux accessoires, fluorine, sphène, zircon. Ces intrusions ont traversé les terrains rigides qui sont surtout du potérozoïque supérieur. Par rapport à la chaîne pan-africaine ce sont des granites post-orogéniques, mais ils présentent aussi des caractères anorogéniques des granites de plateforme, le contour des massifs situés près du grand accident de 450° (Taourirt tan ataram, TégoraK).

- **Les taourirt de la zone de Tefedest atakor :**

ont été mis en place dans des terrains cratonisés mais qui étaient encore affectés par de faiblesse qui ont déterminé des alignements de coupoles et contrôlé la montée des magmas, le caractère annulaire est moins bien marqué que dans le Taourirt du rameau central d'autre part la taille du massif décroît du nord au sud ce qui correspondrait à une diminution du volume des magmas (d'après Boissonnas) et érosion moindre plusieurs caractères de supposer qu'une mise en place à faible profondeur. Le granite courant est

Fig.11 RÉPARTITION DES GRANITES TARDIFS DE PART ET D'AUTRE DU GRAND ACCIDENT



grossier et à orthose dominante avec oligoclase, biotite ferrifère, Boissonas note l'absence de sphère primaire.

Contrôles structuraux des emplacements des taourirt :

La recherche des Taourirt non affleurants ou sub-affleurant qui sont certainement les plus intéressants (Karoussa , Nahda) demande la connaissance des règles, ou moins des hypothèses sur les contrôles de leur emplacement.

Pour les Taourirt du rameau central , on remarque qu'ils sont situés à l'intérieur d'une bande parallèle au grand accident. Un certain nombre de massifs dessinent la ligne (A) légèrement oblique par rapport à la direction méridienne. Pour la zone Tepedest-Atakor les Taourirts sont moins nombreux, de plus petite dimension et relativement espacés, et les alignements sont plus problématiques. On note les alignements NW-SE (D1 à D3) et on remarque que la ligne qui joint les petits massifs de la région de Laouni (E) est grossièrement parallèle à une cassure importante occupée par des filons de quartz. En examinant la carte géologique et on remarque que l'absence des Taourirt entre 21°20' et 22° de latitude N.

Minéralisation des taourirt de la zone Tefedest Atakor :

Tous les Taourirt connus de compartiment central, à l'exception peut être des deux massifs des isolés : In Ekoulmoun , Tan Afella, contiennent peu ou pas des indices de cassitérites et/ou wolframite la minéralisation se trouve dans l'ordre de fréquence décroissante dans :

- des filons ou filonnets de quartz souvent à épontes plus ou moins greisenifiées ;
- des amas de greisen .
- des pegmatites.

Le dernier type de minéralisation assez rare dans l'ensemble sans importance économique . On note aussi la majorité de la minéralisation turgstène - stannifère du Hoggar central se trouve dans le quartz filonien. En fait dans un gisement donné, on n'a pas un filon unique mais plusieurs zones filoniennes constituées chacune d'un faisceau de filons ou de filonnets. Les filons se ferment très rapidement dans le granite intrusif le greisen peut être présent, soit aux épontes, soit au sein de ces filons de quartz mais il occupe rarement un volume important. Pour la wolframite présente toujours dans les filons. La minéralisation est très irrégulièrement distribuée, ceci est dû à ce que la wolframite et la cassitérite se présentent parfois en gros cristaux (jusqu'à 10 cm et même 25 cm pour la wolframite de Nahda).

A l'échelle régionale, on constate que les gisements de la région Tamanrasset ont une minéralisation mixte à cassitérite et wolframite alors qu'à Bachir et Nahda, on n'a pratiquement que la wolframite, cependant plus au sud de Nahda, on a de nouveau de la cassitérite (Tamazaror). A l'échelle du gisement, on constate des variations relatives des teneurs en Sn et en WO_3 soit le long du filon soit dans le sens vertical (par exemple à El-Karoussa à Bachir, la quantité des cassitérites est insignifiante dans l'état actuel des

connaissance sur les gisement il est impossible d'en engager une règle générale sur la zonalité.

Caractères des principaux gisements :

Au début nous avons signalé qu'il existe des gisements plus important (Tin Amzi, Nahda, Bachir, Al Karoussa, Alameda) nous pouvons donner les caractères généraux de ces gisements enfin, nous donnons une comparaison avec d'autres gisement exploités dans le monde en particulier en Allemagne puis nous tirons des conclusions pour l'ensemble des gisements à SN-W de la zone Tefedest-Atakor.

• Le gisement de Tin Amzi :

Le gisement de Tim Amzi se trouve au sein d'une cuvette gneissique et granito-gneissique très fracturée, au dessous de laquelle est montée une intrusion de granite Tourirt n'arrivant pas à l'affleurement (trouvée par sondages entre 102 et 200 m de profondeur). La cuvette gneissique est entourée de granite ancien à gros grain ; plusieurs modes de présentation de la minéralisation ont été observés : un type filonien riche apparaissant au-dessus de l'intrusion Taourirt, à l'intérieur des gneiss, le long des réseaux de fractures majeures, constitué par du quartz et des gneiss de bordure (à noter que les fractures se réduisent et tendent à disparaître dans le granite ancien flanquant les gneiss, ainsi que dans l'intrusion taourirt elle-même) ; des types apparemment pauvres représentés par une coupole de greisen minéralisé sub-horizontale avec bordures albitisées, au sommet de l'intrusion Taourirt ; des petits corps pegmatiques ; des dykes de granite albitique puissant de 0,5 à 10 m concernant la nature du minerai, il s'agit essentiellement de wolframite et cassitérite avec quelques traces de sulfures (Pyrite et chalcopyrite) dans une gangue de quartz ou de greisen quartzo-micacé, avec parfois topaze et fluorine.

La wolframite prédomine sur la cassitérite, la zone d'oxydation s'étend sur 40 à 60 mètres de profondeur, on y trouve un peu de sh. celite, la dimension de la wolframite et de la cassitérite est assez grande : 3 à 10 m.

Quant aux teneurs et réserves, le gisement filonien comporterait, dans l'état actuel des connaissances, sept structures filoniennes riches dans une bande de 140 m de représentant sept tronçons de 140 à 830 m de long (au total 2160 m), avec une puissance utile moyenne de 0,93 m et une teneur de 0,72 % WOP₃ + 0,28 % Sn.

• Le gisement d'El Karoussa :

Il est séparé du gisement précédent par l'Oued Tin Amzi, le gisement d'El Karoussa se situe à quelques kilomètres seulement au nord-ouest de Tin Amzi dans le même contexte granito-gneissique faillé et traversé par de nombreux dykes (dolérite, dacite, rhyolites), ces granites anciens à grain gros ou moyen bordant les gneiss. En outre, une intrusion de granite taourirt a été rencontrée sous les gneiss dans certains sondages carot.

Les minéralisations se présentent sous plusieurs aspects :

- un type filonien riche, constitué de greisen, contrôlé par des failles de cisaillement de direction Nord-Est, pentées fortement vers le nord-ouest.
- des types apparents plus pauvres, comprenant soit des pegmatites à petits nids de cassitérite-wolframite, soit des dykes de microgranites ou aplites albitique minéralisés de façon diffuse, soit des essains de filons (stockwerk) dans les granito-gneiss.

Les pendages des filons sont forts (70° à 90° vers le NW). Les roches encaissantes greisenisées sont larges de 0,5 m à 13 m (en moyenne 3,5 à 4 m), les coeurs quartzeux peuvent atteindre 9 m. La minéralisation concentrée est cependant localisée au voisinage du coeur. Concernant la nature du minerai, outre la cassitérite qui prédomine et la wolframite, on trouve un peu de pyrite, chalcopryrite et blende plus rarement galène, bismuthite, mispickel, pyrotholite, la gangue est quartzeuse ou micacée (séricite, muscovite, biotite) avec topaze (jusqu'à 35 %) et fluorine (jusqu'à 10 %).

Le mica lithihifère existe partout en traces. La zone d'oxydation s'étend sur 40 à 50 m. Localement la wolframite est transformée en ferri-tungstite, tandis que les sulfures donnent des oxydes de fer et des hydro-carbonates. La shceelite reste très rare. Concernant maintenant les teneurs et réserves, sur une hauteur de 160 m, en adoptant comme teneur de coupure 0,40 % $QSn+WO_3$ et comme puissance utile minimum 0,80 m, les réserves totales (C1 + C2) : 750000 t à 0,75 % Sn + 0,32 % WO_3 pour une puissance moyenne de 1,45 m.

• Le gisement de Bachir :

situé à 90 Km au sud-est de Tin Amzi, le gisement de Bachir est encaissé dans des gneiss et des granito-gneiss, et des granites anciens, regroupés par de nombreux dykes de microdiorite, de granite à grain fin, enfin par de petits corps de granite rose à biotite, deux accidents parallèles Est-Ouest délimitent la zone minéralisée. Deux types de minéralisations ont été observés :

- les filons de quartz aux bordures greisenisée qui suivent les fractures linéaires de direction Nord-Ouest, ou des cassures de raccordement courbes reliant deux fractures.
- les zones de stockwerk quartzeux situées entre les filons rectéligines ou près de leur bordure, dans les fractures de tension obliques.

La puissance des filons est très variables, en surface elle varie de 0,90 m à 1,60 m, concernant la nature de minerai, la wolframite est très prédominante. La cassitérite n'est signalée qu'aux extrémités du gisement. Les gangues sont essentiellement le quartz et les agrégats quartzo-micacés. Des traces de sulfures (pyrite et chalcopryrite) accompagnent la minéralisation en wolframite, basé sur les échantillonnages, sur deux structures longues de 1500 et 740 m l'échantillonnage de surface indique une teneur de 1,87 % WO_3 pour une puissance utile de 1,62 m, ce qui représenterait 35700 t de WO_3 jusqu'à 200 m, une troisième structure est minéralisée à 3,2 % WO_3 en surface sur 600 m de longueur et 1,10 m de puissance, donnant une réserve potentielle de 11000 t de WO_3 jusqu'à 200 m.

D/ Le gisement de Nahda :

Il s'agit d'un réseau filonien encaissé dans les granites magmatiques et des gneiss à 1500 m au Nord-Est d'une coupole affleurante de granite taourirt. Dans le gisement, on a pu observer en profondeur une intrusion du même granite taourirt. Des dykes de granite à biotite et des dolérites recoupent les gneiss, mais sont antérieurs aux filons. Le minerai se localise essentiellement dans le quartz ou dans ses épontes de greisen, contiennent surtout de la wolframite partiellement transformée en scheelite dans la zone d'oxydation, celle-ci très sensible jusqu'à 60 m, persiste parfois un peu au delà près de la surface il peut y avoir 2 à 10 % de scheelite, la chalcopirite est présente, étroitement associée à la wolframite, parfois en inclusion dans celle-ci sa proportion augmente avec la profondeur. Certaines carottes contiennent 0,5 à 1 % Cu. D'autres minéraux ont été notés à l'état de traces. Cassitérites, fluorine, molybdénite, bismuthite, mispickel, blende, galène.

les teneurs et les réserves, les réserves sont les suivantes :

- certaines (B) 96000 t à 1,66 % WO_3
- probables (C1) 610000 t à 1,65 % WO_3
- possibles (C2) 665000 t à 1,30 % WO_3

Les puissances utiles sont métriques pour B ; inférieures pour C1 et C2 (0,50 à 0,70 m) le tonnage métal est évalué à 17600 t WO_3 .

- Comparaison avec d'autres gisements filoniens exploités dans le monde :

Les gisements à Sn-W du Hoggar appartiennent à la famille des gisements liés aux coupoles granitiques. De beaux exemples se trouvent en Allemagne de l'Est et en tchécoslovaquie où fonctionnent encore de très vieilles mines. Les gisements de l'Erzeberge en particulier, décrit par R. Moussu (1965), ont des caractères tout à fait comparables à ceux des gisements du Hoggar.

Conclusion

Les gisements les plus intéressants sont liés aux Taourirt de la zone tefedest-Atakor, de préférence non affleurant ou sub-affleurant. Ils sont constitués par des filons et filonnets de quartz minéralisés soit en wolframite seule soit en wolframite et cassitérite. La minéralisation liée aux intrusions autres que les Taourirt est probablement peu importante, mais jusqu'à plus ample informé, elle n'est pas à négliger.

Deuxième partie : PETROGRAPHIE

LA PETROGRAPHIE

L'étude pétrographique de granitoïdes du Hoggar central et de l'Adrar des Iforas nous a permis d'établir les différentes compositions minéralogiques, et de déterminer les différents minéraux principaux, secondaires et accessoires.

L'analyse pétrographique dans la plus part des échantillons montre deux assemblages minéralogiques:

- Un assemblage primaire magmatique: pyroxène, quartz, feldspaths potassique (orthose et microline), amphibole, biotite, muscovite et minéraux opaques;
- Un assemblage secondaire métamorphique: chlorite, épidote, carbonate, albite, séricite, serpentine.
- Un assemblage accessoires : zircon, apatite, tourmaline, sphène.

Cette étude touchera les régions suivantes:

1-La région de Tamanrasset

a) Le complexe granitique d'Anfeg

Il est un complexe composite comportant trois faciès principaux d'affinité granodioritique. Les contacts entre ces faciès sont francs ou progressifs. Le mur occidental du laccolite est faillé, à pendage interne. La mise en place du complexe est globalement contemporaine de la déformation pan-africaine.

• Les caractères structuraux et texturaux :

Hétérogène; déformation marquée (partie occidentale); structure en lame conforme, grain grossier, porphyroïde en périphérie; nombreux panneaux d'encaissant gneissique; nombreuses enclaves microgrenues basiques (gabbro à Hornblende).

On distingue ainsi trois types principaux:

- Anfeg 1 Biotite + Amphibole.
- Anfeg 2 Biotite (mesocrate).
- Anfeg 3 Biotite (leucrate).

• Les minéraux principaux:

- Anfeg 1 : quartz; orthose peu perthitique; plagioclase; myrmekites abondantes; Amphibole.
- Anfeg 2 et 3 : proportion variable de biotite isolée ou agrégats et quartz microline perthitique.

*** - Les minéraux accessoires:**

Sphène, apatite, zircon, allanite.

*** - Les minéraux secondaires:**

chlorite, pistachite, ilménite.

b) Le pluton de Tifferkit:

Il est allongé NS et enraciné sur une zone mylonitique subméridienne. Ses contacts avec l'encaissant gneissique sont francs. Il est assez homogène, peu déformé et principalement constitué d'un granite leucocrate à biotite.

*** - Les caractères structuraux et texturaux:**

Caractère circonscrit; grain moyen à gros, non porphyroïde; enclaves basiques microgrenues amphibole + Biotite qui ont subi une déformation locale.

*** - Les minéraux principaux:**

On a le quartz, orthose perthitique, plagioclase et biotite (parfois en agrégats).

*** - Les minéraux accessoires:**

Nous avons l'apatite, zircon, monazite.

*** - Les minéraux secondaires:**

Il y a le chlorite, pistachite, sagénite et fluorite (rare).

c) Le complexe d'Ahelehedj:

Il est un pluton composite parfaitement circonscrit, de forme globalement elliptique, le granite grossier porphyroïde à biotite constitue l'essentiel du massif. En bordure, un faciès microgranitique porphyrique de minéralogie semblable doit être considéré comme une différenciation apicale.

Le complexe est recoupé suivant son grand axe par deux petites intrusions de leucogranite à albite-topaze.

*** - Les caractères structuraux et texturaux:**

Caractère circonscrit; grain grossier; porphyroïde à biotite, variations apicales et marginales porphyrique; panneaux de gneiss.

*** - Les minéraux principaux:**

Quartz; orthose perthitique; plagioclase, biotite, Amphibole (rare) relique.

*** - Les minéraux accessoires:**

Apatite, allanite, Zircon, monazite, ilménite.

*** - Les minéraux secondaires:**

Chlorites; pistachite, séricite, fluorine.

d) Le complexe d'In Tounine:

Il est un pluton composite circonscrit, également elliptique. Le faciès principal est un granite grossier à biotite à tendance porphyroïde. Deux unités pétrographiques distinctes affleurent dans la partie méridionale du massif est un granite à biotite (granite du Lafa).

Un faciès fin à biotite et muscovite affleure de manière éparse dans l'ensemble du massif. Il coiffe structurellement le faciès principal et en constitue soit une variation apicale, soit une différenciation hydrothermale (muscovite secondaire).

La partie sommitale de ce granite fin à deux micas (plongement nord du toit du massif) est jalonnée de lentilles subhorizontales de pegmatites à quartz - albite - biotite décolorée - muscovite. Enfin, un faciès microgranitique porphyrique à matrice micropegmatitique, affleure à l'est du massif à la faveur d'un linéament N-S sur lequel s'alignent aussi les faciès centraux à cordiérite et du Lafat. Le complexe d'In Tounine est recoupé dans sa partie méridionale par une intrusion de leucogranite à albite-topase, également en liaison avec le linéament précédent.

*** - Les caractères structuraux et texturaux:**

Caractère circonscrit; hétérogène; faciès dominant; grain grossier à biotite ; variété à 2 micas; variété apicale porphyrique; faciès local à biotite. - + Cadmium.

*** - Les minéraux principaux:**

Nous pouvons citer: quartz orthose perthitique; plagio-clase; muscovite essentiellement secondaire et biotite.

*** - Les minéraux accessoires:**

Apatite; allanite (abondante); monazite; thorite; xénotime; ilménite.

*** - Les minéraux secondaires:**

Chlorite; pistachite; sagénite; séricite; et topaze (rare).

e) Les leucogranites à albite-topaze:

Ces granites sont associés spatialement aux minéralisations Sn -W. Ce magmatisme particulier forme soit des intrusions pluri-kilométriques. (Ahelehedj), soit de petits pointements d'extension réduite (In Tounine et Anfeg) soit, enfin, des filons à texture porphyrique dont la puissance ne dépasse pas la dizaine de mètre.

La composition minéralogique de ces leucogranites est très constante, quelque soit la texture à grain fin, moyen, ou porphyrique: quartz, albite, le coeur des cristaux d'albite contient des petites inclusions de topaze ou de biotite.

La topaze souvent automorphe, présente à son tour des inclusions d'albite, elle est en équilibre avec le quartz mais présente une auréole réactionnelle (quartz et muscovite) au contact du feldspath potassique, tardif dans la séquence de cristallisation, les intrusions recoupant l'Ahelehedj contiennent de nombreuses mioles à remplissage de protolithionite, topaze, quartz avec cassitérite sporadique. Des formations pegmatitiques de type stockscheider soulignent le contact des principales intrusions (Ahelehedj). La minéralogie de la matrice située entre les grands feldspaths à morphologie tantalite et croissance centripète est la même celle des leucogranites avec, dans certains cas, de la fluorine abondante et de la colombo-tantalite. Ce type de pegmatite est fréquent au toit de petites coupoles granitiques différenciées, souvent minéralisées en étain. Son origine magmatique est maintenant admise, résultat d'un phénomène de retard à la nucléation dans un magma sur-chauffé enrichi volatils, tels que Li et F, pourraient être responsable de cette cristallisation en déséquilibre.

***Les caractères structuraux et texturaux:**

Des petits massifs circonscrits dans les faciès précédents et l'encaissant gneissique; grain grossier ou variétés filoniennes porphyrique; contact soulignés par stockscheiders (Abelebedj, Hanana); texture mioleuse fréquente.

*** Les minéraux principaux:**

Quartz microcline peu perthitique tardif et plagioclase précoce protolithionite et topaze (auréole de muscovite); mioles à quartz, topaze, protolithionite +/- cassitérite.

***Les minéraux accessoires:**

Zircon, monazite, xénotime, colombo-tantalite, cassitérite.

*** Les minéraux secondaires:**

Fluorine, topaze, albite, séricite.

2 - La région de Silet - Timgaouine

- Les granodiorites

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 subdivisent 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

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'adaméllite à biotite

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

* L'adaméllite à biotite et à muscovite:

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'adaméllite à biotite dominante est en général à microcline automorphe, à quartz recristallisé et à plagioclase .

* L'adaméllite à aegyrine et riebeckite

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

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 :

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.

3-La région de l'Adrar des Iforas

a) Granodiorite du Tibeggatine:

Cette roche est grise, à grain moyen, aux éléments orientés parallèlement aux bords concordants des affleurements .

La roche est ici formée de quartz cataclastique, oligoclase à section rectangulaire moulé par du microcline qui pénètre dans les fissures de l'oligoclase, les myrmékites sont fréquentes et les éléments colorés sont la hornblende la biotite, l'ilménite et de belles tablettes de sphène avec un peu d'apatite, épidote et zircon, d'autre part c'est un granodiorite bien orienté à quartz cataclastique, microcline limpide enveloppant.

C'est un granite rouge à biotite qui est formé d'orthose pigmenté à microperthites, oligoclase altéré à granules d'épidote, albite, quartz parfois automorphe,, biotite passant très souvent à une chlorite verte, accessoirement amphibole verte ,sphène, ilménite, apatite, zircon et fluorine.

Le granite de kidal est un granite hybride. La roche est formée de quartz un peu déformé parfois automorphe, de microperthites, d'albite en plages, distinctes, de biotite verte passant à la chlorite, d'épidote magnétite, zircon et un minéral non déterminé peu réfringent.

b) Granite du Tin Ezemmane post-tectonique:

Ce granite est du type Tin Ezemmane ,et la butte d'Adelladj sur la rive Sud du grand oued montre du quartz non déformé ,du microcline, un plagioclase à noyau assez altéré et frange d'albite claire , des myrmékites ,une belle biotite brune passant à la chlorite et à la muscovite ,accessoirement épidote ,apatite,ilménite et zircon ,le sphène est visible à l'oeil nu.

Ainsi que ce granite est fin et gris ,est formé de quartz,plagioclase à noyau saussuritisé et couronne claire d'albite,orthose à myrmekites,biotite,passant à la chlorite et accessoirement,zircon,apatite,fluorine.

c) Granite d'Amachach:

C'est un granite rouge à biotite qui est formé d'orthose pigmenté microperthites,oligoclase altéré à granules d'épidote,albite,quartz parfois automorphe,biotite passant très souvent à une chlorite verte,accessoirement amphibole verte,sphène,ilménite,apatite,zircon et fluorine.

Le granite de kidal est un granite hybride.il est bien individualisé à 2 km au Sud-Ouest du poste où la roche est formée de quartz un peu déformé parfois automorphe,de microperthites,d'albite en plages,distinctes,de biotite verte passant à la chlorite,d'épidote magnétite,zircon et un minéral non déterminé réfringe.

d) Granite du Tiraouanine:

Ce granite est largement du sommet de Tiraouanine est légèrement verdâtre.

Il est formé de quartz frais parfois automorphe, orthose pigmentée à microperthite d'albite claire, cette albite pouvant former des plages distinctes; aegyrine verte généralement mêlée à riebeckite en grandes plages, la riebeckite se présentant aussi en très fines aiguilles lardant les microperthite; le zircon est accessoire, ainsi que l'aenigmatite en très petites aiguilles fortement pléochroïques du brun-noir au roux .

Le quartz est criblé de petites plages à contours hexagonaux remplies d'un liquide incolore et de bulles de gaz.

Ceci d'une part , d'autre part ce granite montre ici à la perfection son faciès fin à longs prismes colorés, sa couleur est souvent bleuâtre. En lame mince, on retrouve parfois la structure micropegmatitique ; le quartz est pur avec orthose à microperthites remplie de fines aiguilles de riebeckite, cette orthose étant envahie sur les bords par l'albite sans inclusions; il y a en outre de beaux prismes colorés où l'aegyrine semble être un peu antérieure à la riebeckite, puis du zircon, un peu de fluorine et très rarement, un mica blanc. Dans la région dite Kidal, granite est largement grenu est d'une belle couleur rouge. Dans un échantillon, le microline pigmenté et l'albite sont associés en perthites, il y a du quartz automorphe, un peu de biotite brune et d'amphibole verte, accessoirement magnétite, zircon et fluorine.

e) Les syénites néphéliniques et les pegmatites:

1) dans l'Adrar Tadhak où les foyaïtes apparaissent sur près de 120 Km² les premiers reliefs très bas du tadhak montrent une foyaïte à plages de néphéline rose avec des tablettes de feldspaths verticale orientées NE-NW. Cette roche est formée de belles perthites montrant le microline parcouru et auréoles par de l'albite pure la néphéline très abondante. Les éléments colorés sont une amphibole verte une augite aegyrinique, une biotite ; du sphène, et du minéral opaque ,les foyaïtes peuvent être parfois orientées.

Au microscope on constate qu'il s'agit de filon microsyénite néphélinique à phénocristaux d'orthose perthitique et néphéline dans un fond plus fin. D'albite, d'orthose; néphéline cancrinite, avec augite incolore ou verte et une amphibole sodique qui varie de la barkévite à l'arfvedsonite; le sphène l'ilménite, l'apatite, la biotite sont accessoires et la calcite apparaît par endroit parfois La roche ressemble alors à un conglomérat coupé par des filons, ces boules possédant une structure myrmékite ou l'on voit de grandes plages de microline frais. Les autres minéraux accidentels sont l'aegyrine; la biotite; et une amphibole sodique très verte.

2) les foyaïtes sont blanche avec de grands prismes noirs de pyroxène ou d'amphibole, des plages verdâtres ou roses de néphéline. La roche largement grenue et les pegmatites ne sont pas rares on trouve des cristaux de néphélines atteignant 12 cm de long. Une syénite peu orientée du centre de tirkine à tâches bleus (sodalite) et encore formée de microline entouré et pénètre par l'oligoclase parfois en plages distinctes avec rares néphéline et

amphibole brune et verte, la biotite l'ilménite, le sphène, l'apatite, la calcite, et la cancrinite sont accessoires.

Enfin une dernière foyaites claire possède encore de grandes plages de microline à macle carlsbad envahies par l'oligoclase- albite (An_{10}).

3) l'étude pétrographique du groupe de l'Adrar Tidjerazrazzé l'étude est faite en 3 domaines à savoir: Adrar In t'finar, Adrar Tidjerazrazzé; Adrar Tin teborak.

Dans l'Adrar In T'finar les enclaves de syénites enrobées par les phonolites et les tinguaites. Elles sont grenues et leucocrates, formées d'orthose à perthites d'albite de la néphéline à section carrée ou hexagonale de l'aegyryne, un peu de zircon et de fluorine nolette.

- dans l'Adrar Tidjerazrazzé les syénites à néphéline de la partie méridionale du tidjerazrazze généralement leucocrates localement très riche en néphéline elle peuvent être bourrées d'enclave de deux types: les premières sont des amphiboles passant aux gneiss, les enclaves du second types sont constitués par des fragments de phonolites foncées nageant dans la syénites plus récentes.

Les syénites acquièrent localement un caractère pegmatitique avec l'apparition de magnétite en lame mince, une telle syénite comprend l'orthose envahi par l'albite claire en veinules et en taches, du mésotype de la sodalite, de l'aegyryne- augrite, et de l'aegyryne, une amphibole dispersée verte enfin de la magnetite frangée de biotite très franchée et parfois de granules de pyroxène.

Finalement la syénite de tin tebarak est identique a celle du Tidjerazrazze main toute deux sont différentes du tirkine et du touhak par le manque d'orientation de leurs éléments et leur aspect et de roche moins « profondeur »

malgré un grain grenu, en lame mince avec l'orthose pigmentée envahie par l'albite claire, on trouve de la néphéline abondante en section rectangulaire de l'aegyryne associés a une arfvedsonite fort dispersive pleochroïque du bleu verdâtre au gris jaunâtre de la biotite un peu de fluorine violette et du minerai opaque. Ici on remarque la tendance, des éléments par espèces, les minéraux colorés se rassemblent souvent par taches. C'est la même que Tidjerazrazze

f) Les microsyténites:

La roche de couleur verte et compacte possède un fond clair à très nombreuses aegyrynes aciculaires moulant des phénocristaux de sanidine envahi par l'albite, de néphéline ou de sodalite isotrope c'est une phonolite typique, une autre roche grise également très répondeue à grandes tablettes de feldspath blanc a un fond microlitique de sanidine(ou orthose) et d'albite avec de petit prismes d'aegyryne de biotite; de minerai de rinckite qui enveloppe des phénocristaux de sanidine; de néphéline, d'aegyryne - augite à couronnes d'une amphibole verte, de biotite, il existe en outre un peu de calcite. Cette roche est une tinguaites microscopiquement on distingue très bien de cette aegyryne circulaire verte très biréfringence, l'analyse chimique d'un échantillon montre la prédominance écrasante de Fe_2O_3 sur FeO .

g) Les Microgranites:

L'étude pétrographique montre qu'il existe 3 grandes catégories de microgranites à savoir:

- 1) Les microgranites calco-alcalins gris à biotite ou hornblende
- 2) Les microgranites gris ou verdâtre à aegyrine et riebeckite ou à riebeckite seule.
- 3) Les microgranites leucocrates rouges très alcalins micropegmatitique .

Les microgranites passent quelques fois à rhyolite sur les bords refroidis. ceux à aegyrine ou riebeckite rencontrés en Adrar Tiraounine au sud de Kidal sont très souvent grisâtre dont un faciès assez exceptionnel au pied nord du tiraouanine à 13 Km au NNE de Tessalit où un dyke gris est formée d'un microgranite passant à la rhyolite avec phénocristaux d'orthose entourés de gerbes d'aiguilles de riebeckite dans un fond d'orthose, albite; quartz et riebeckite et sphérolites à riebeckite rayonnante à toute beauté. Ce sont des paisanites qui passent à la comendite par adjonction d'aegyrine.

h) Les Granites des Iforas :

Ces granites généralement alcalins et porphyroïdes à biotite. Dans la région orientale il y a deux grands affleurements dans la plus septentrionale des deux un cône pointu est formé d'un granite orienté leucocrate à quartz abondant, oligoclase albite biotite brune qui passe à la muscovite et à la chlorite accessoirement magnétite le faciès commun est une roche assez foncée comme celle recueillie à 2 Km au sud des cônes de l'Adrar. Chet Ouan Allah, le granite sans relief et montrant plus au nord est caractérisé par une texture porphyroïde à phénocristaux de section rectangulaire en « dents de cheval » il est formé de quartz cataclastique microcline abondant à perthites, des cristaux d'allanite jaune parfois maclée à auréoles dans la biotite accessoirement sphène, zircon, apatite. Autour du poste de Tin Zouatène le granite rose est riche en pegmatite à microcline muscovite et grenats au microscope on observe du quartz beaucoup de microcline de l'oligoclase, de la biotite accessoirement muscovite et apatite.

- dans la région centrale c.à.d dans le centre de l'Adrar au puits de Tamaradjent le granite à gros feldspaths rouges et orientés, au sud du puits le granite est gris; à biotite dans l'ouest. Imachalodjine apparaissent des filons foncés d'un granite très écrasé à quartz déformés. Il y a en outre un peu d'albite, de la biotite à auréoles pleochroïque autour des zircons accessoirement épidote, allanite; apatite; sphène, microscopiquement la roche et à quartz déformé en plages et zones fines microcline abondant à perthites oligoclase, albite, amphibole à bords bleuâtre pleochroïque en vert bleuté à vert olive, il y a en outre de la biotite accessoirement rutile; apatite, zircon.

- dans la région occidentale exactement au pied du Tiraouanine, un faciès à phénocristaux roses à l'ouest de Tin djarar. C'est un granite à quartz non déformé jaune à oligoclase en noyaux altérés entourés d'albite fraîche grands plages de microclines avec quelques perthites; biotite passant à chlorite; peu de hornblende, accessoirement sphène; à apatite.

i) Les granites d Tessalit:

Dans cette région l'étude pétrographique des différentes roches au moyen de lame mince ,on observe un ciment sériciteux ,chloriteux et épidotifère enveloppant des débris anguleux ou roulés d'andésite très altérée,de rhyolite à phénocristaux hexagonaux de quartz ou de feldspath ,de rhyolite sphérolitique de quartzite de quartz ,d'orthose,d'albite ,d'oligoclase...etc

Troisième partie : GEOCHIMIE

Introduction

Une classification chimique, cohérente et exhaustive des roches ignées et de leurs séries volcaniques est préalable indispensable à toute cartographie des domaines cristallins, à toute recherche sur la genèse et l'évolution des magmas, à tout essai de corrélation entre magmatisme et phénomènes géodynamiques ou potentialités métallifères, et d'une façon générale à tout dialogue sur le magmatisme, les nombreux travaux récemment consacré à la recherche d'une telle classification démontrent l'intérêt de cette dernière tout comme ils démontrent la difficulté qu'il y a d'aboutir à une classification approuvée.

La classification proposée par Debon et Le fort (1983) repose principalement sur un traitement de données chimiques (éléments majeurs) dans un ensemble simple et cohérent de trois diagrammes chimico-minéralogique.

De ce fait, nous avons choisi la méthode proposée par Debon et Le Fort (1983), basée sur les données quantitatives (éléments majeurs) de l'ensemble des roches magmatique.

On dispose de plusieurs analyses chimiques sur les roches (éléments majeurs et autres), pour l'ensemble des formations granitiques des zones étudiées.

1-Analyse chimique:

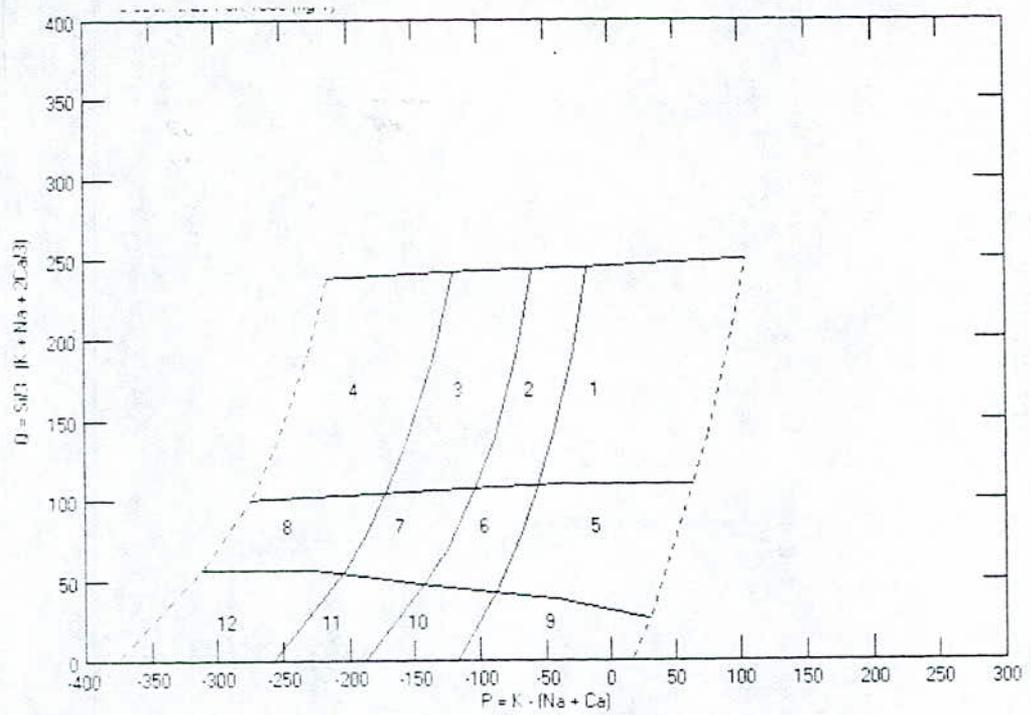
Dans les roches de la croûte, on trouve des composants chimiques qui sont par ordre d'importance SiO_2 , MgO , FeO , Al_2O_3 , CaO en plus s'accompagnent d'une quantité significative d'alcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) et d'un pourcentage moindre de TiO_2 , MnO , P_2O_5 , et H_2O . Ce sont des éléments majeurs des roches magmatiques, on utilise leurs concentrations respectives exprimés sous forme de pourcentage de poids d'oxyde pour caractériser ces roches ainsi que les séries magmatiques, ainsi que la plupart des autres éléments chimiques sont néanmoins présents dans les différents minéraux constituant ces roches mais leurs concentrations très faibles sont mesurées en partie par million (ppm). Tous les éléments majeurs peuvent être analysés par fluorescence, des rayons (XRF) ainsi que certains éléments en traces tels que : Rb, Sr, Y, Zn, pb, ...etc. L'analyse par activation neutronique permet de doser avec précision les terres rares (La, Ce, Nd, Sm, ...). Aujourd'hui on utilise aussi de plus en plus des techniques de spectrométrie et de Torscha à plasma.

La caractérisation chimico-minéralogique de chaque série sera basée sur les diagrammes suivants:

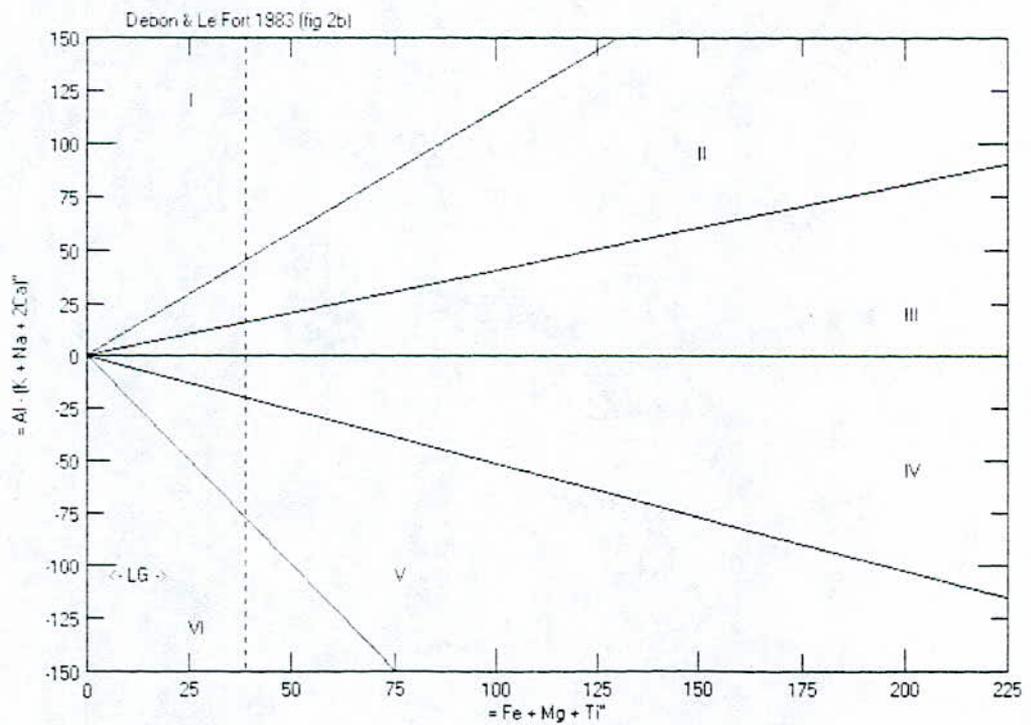
-pour les éléments majeurs

*Le diagramme de nomenclature Q-P de Debon et Le Fort, dont $Q = [\text{Si}/3 - (\text{K} + \text{Na} + 2\text{Ca}/3)]$ fonction de $p = [\text{K} - (\text{Na} + \text{Ca})]$. 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 plutonique.

*Le diagramme des minéraux caractéristiques associés deux paramètres $A = [\text{Al} - (\text{K} + \text{Na} + 2\text{Ca})]$ fonction de $B = \text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti}$. Sa moitié supérieure (A positif) correspond au domaine des roches et des minéraux péralumineux et sa moitié inférieure à ceux des méta lumineux. Il permet d'appréhender rapidement, la nature et les proportions relatives des principaux minéraux caractéristiques capable d'être présentés dans une roche. Il est divisé en six secteurs numérotés de I à III dans le domaine péralumineux et de IV à VI dans l'autre par des demi-droites issues de l'origine.

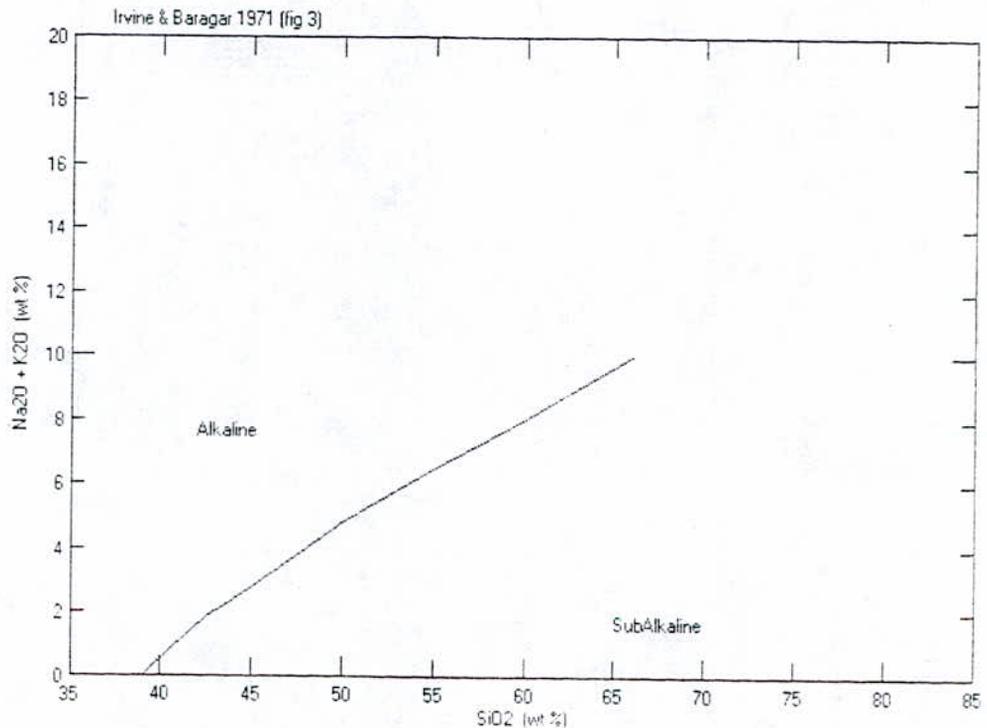


le diagramme de nomenclature de Debon et Le Fort.



Le diagramme des minéraux caractéristiques

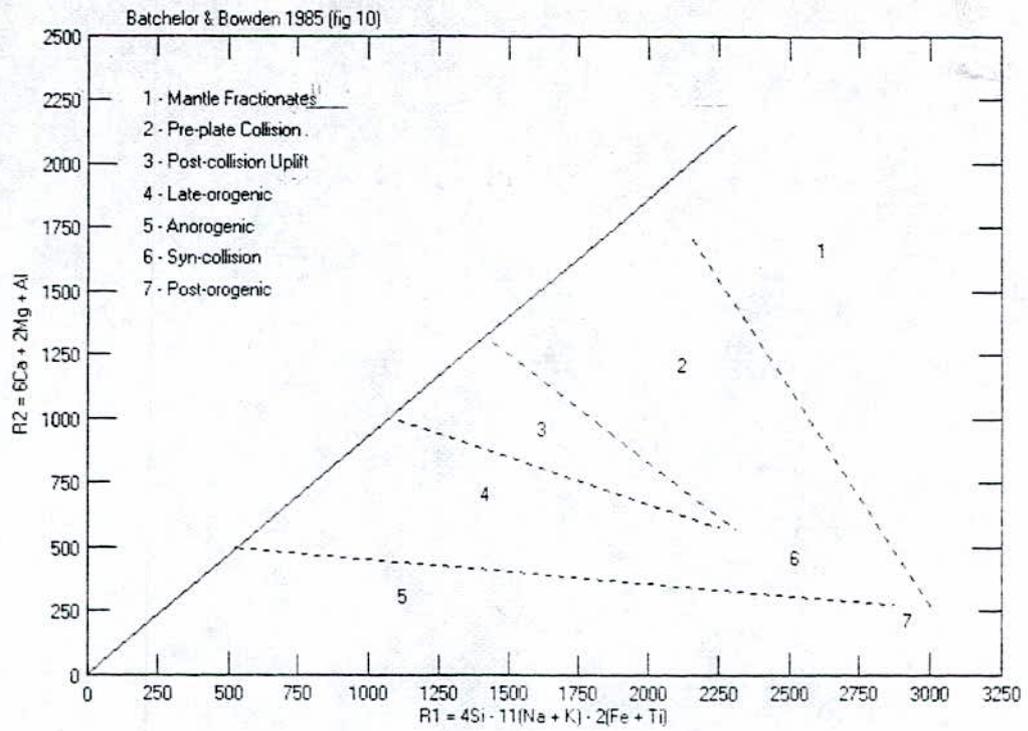
Le diagramme rectangulaire d'Irvine Baragar (1971) des alcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) vs (SiO_2). A l'aide d'une droite ne passant pas par l'origine mais par l'axe des abscisses (au point de coordonnées $\text{SiO}_2 = 39\%$ et $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0\%$) et divisant le domaine en deux secteurs supérieur et inférieur, discriminant une série alcaline ou d'une série sub-alcaline, un autre diagramme triangulaire associe trois paramètres FeO^ , MgO et $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ qui définit une 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 enrichissement en fer, tandis que la série calco-alcaline évolue directement en direction du pôle $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$: enrichissement en alcalis (et SiO_2) avec diminutions parallèles de FeO^* et MgO .



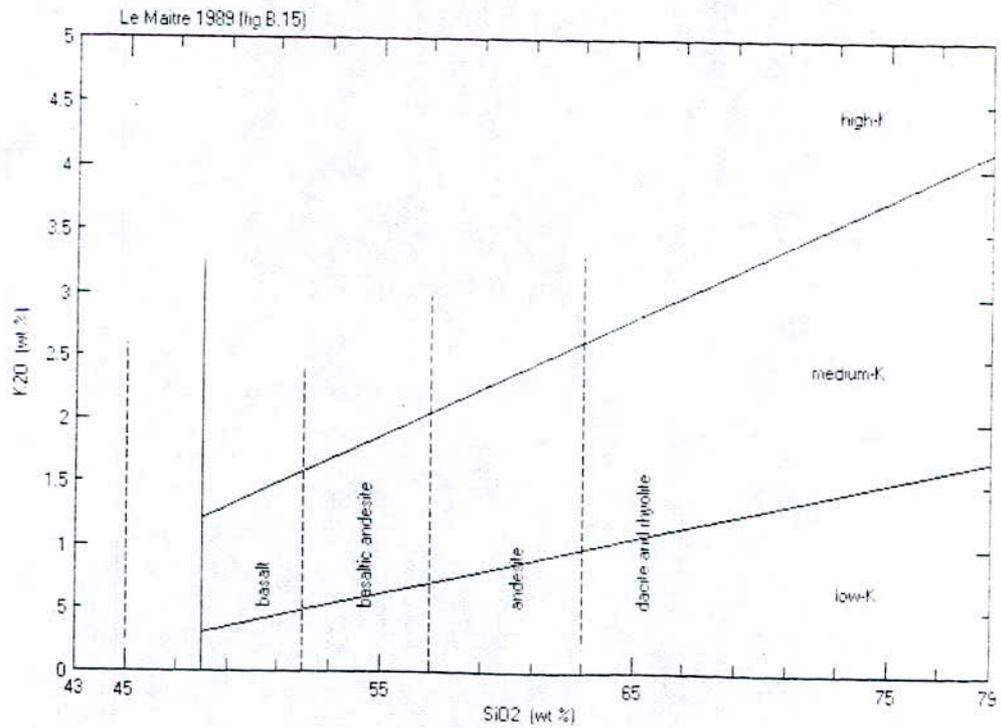
Le diagramme rectangulaire d'Irvine et Baragar (1971)

*Le diagramme rectangulaire de Batchelor et Bowden (1985) $R_1 = 4\text{Si} + 11(\text{Na} + \text{K}) - 2(\text{Fe} + \text{Ti})$ en fonction $R_2 = 6\text{Ca} + 2\text{Mg} + \text{AL}$, 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.

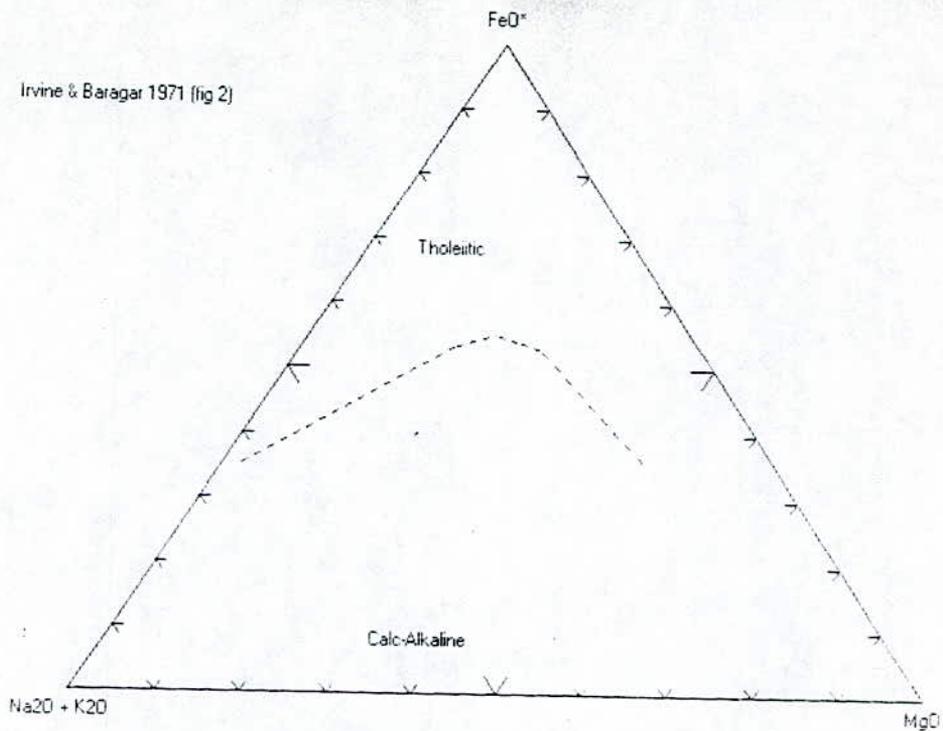
*Le diagramme rectangulaire de Gill (1981) permet d'analyser la tendance potassique pour chaque roche ; faible, moyenne ou forte en K (potassium), ce diagramme a été modifié par Le maître (1989), et peut servir appui pour confirmer la classification des roches magmatiques, proposée par Taylor ou Debon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



Le diagramme rectangulaire de Batchelor et Bowden (1985)



Le diagramme rectangulaire de Gill (1981)

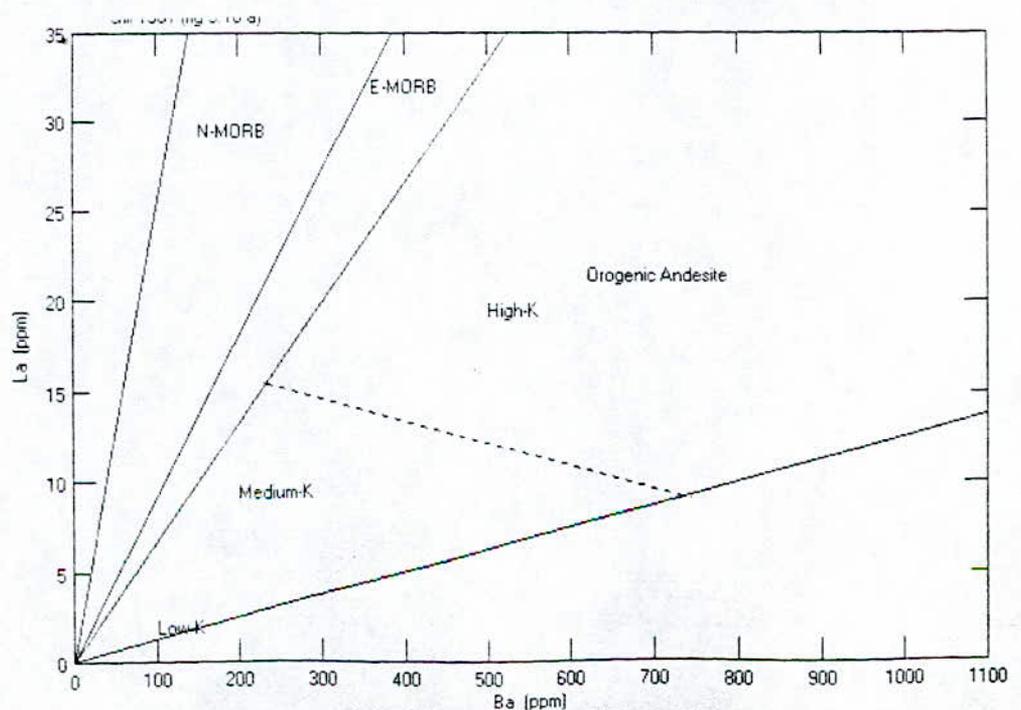


Le diagramme triangulaire d'Irvine et Bargar (1971)

-Pour les éléments en traces

*Le diagramme La/Ba de Gill (1981) est subdivisé en plusieurs secteurs, parmi eux : E-MORB (Basaltes des rides médio-océaniques normalisées) et orogenic 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) subdivisé par une droite inclinée vers la droite en deux domaines, (LKT (LOW potassium Tholeiites) et OFB (Ocean Floor Basaltes)).



Le diagramme La/Ba de Gill (1981)

-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, Apatite, Tourmaline).

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 de terres rares seront normalisés avec la norme PRIM, c'est à dire avec un magma primaire.

LA REGION DE TAMANRASSET

1. Le massif d'Anferg

Le diagramme choisi pour désigner une roche plutonique dit le diagramme de nomenclature, ce diagramme : $Q = [Si/3 - (K + Na + 2 Ca/3)]$.

Selon ce diagramme, le granite de l'Anferg dont les échantillons ont été répartis en trois groupes (Fig. 12) :

- 1 - Groupe : Granite (ech : ot 14)
- 1 - Groupe : Adamellite (ech : ot 244, ot 19)
- 1 - Groupe : Granodiorite (ech : ot 47)

Pour le diagramme des minéraux caractéristiques A fonction de B, on observe que les échantillons (ech : ot 14, ot 244) se localisent dans le domaine peralumineux (secteur III), à biotite uniquement, d'autre part les autres échantillons (ech : ot 19, ot 47) sont métalumineux, localisés dans le secteur IV (Fig. 13), alors que les échantillons (ech : ot 19, ot 47) sont à biotite, amphibole et pyroxène.

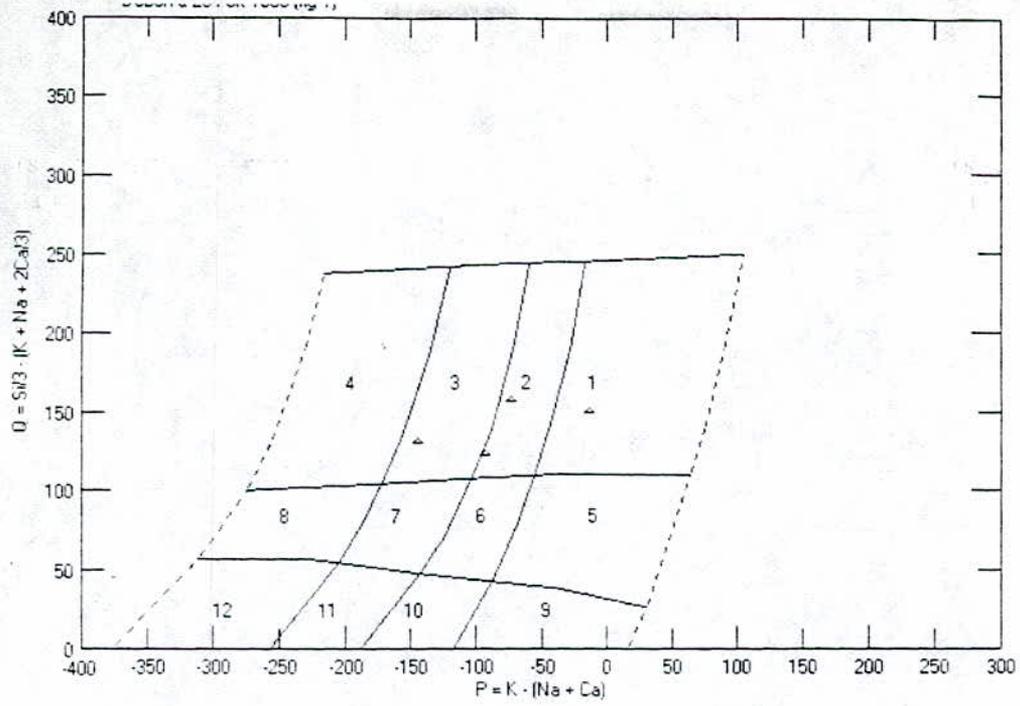


Fig. 12

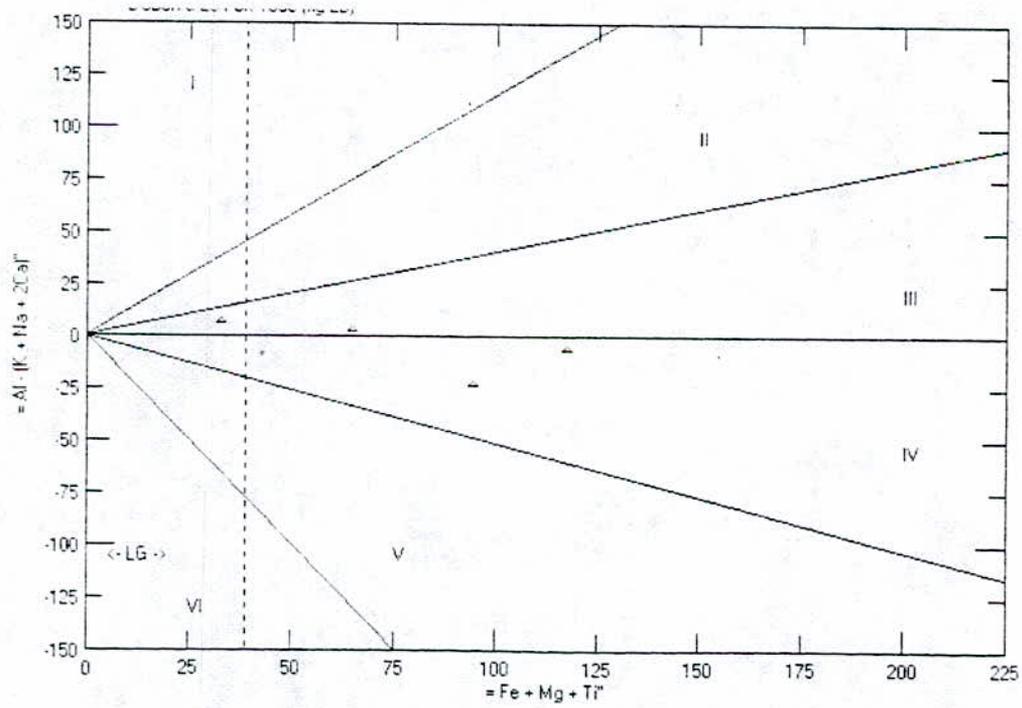


Fig. 13

D'après le diagramme d'Irvine et Baragar (1971) (Fig. 14), les échantillons se localisent dans le domaine sub-alcalin c'est à dire calco-alcalin (Fig. 15).

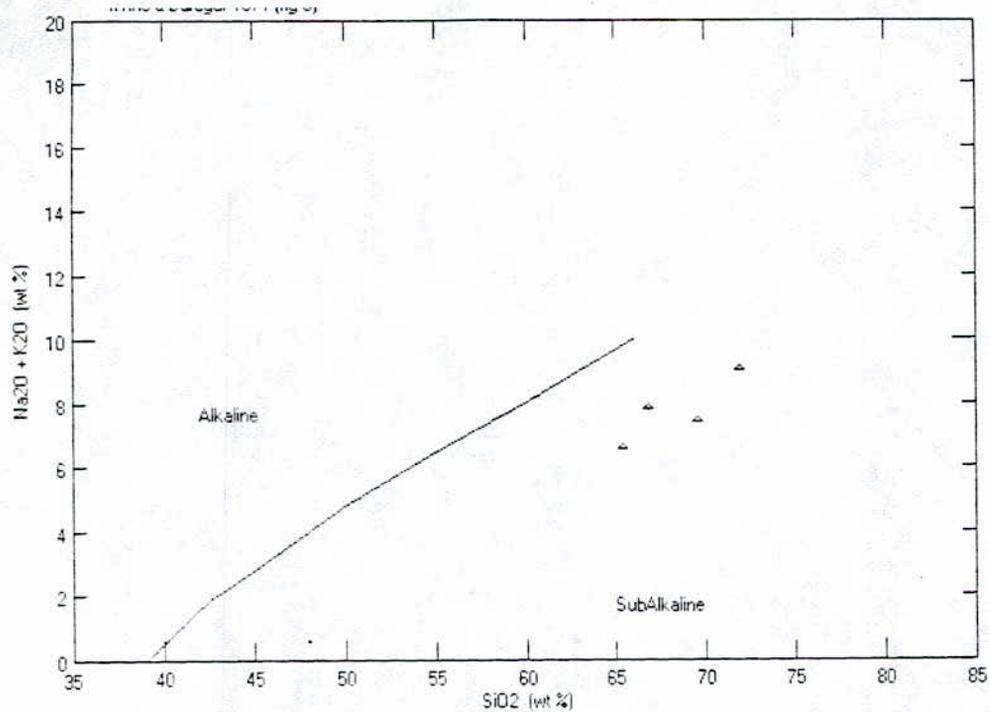


Fig.14

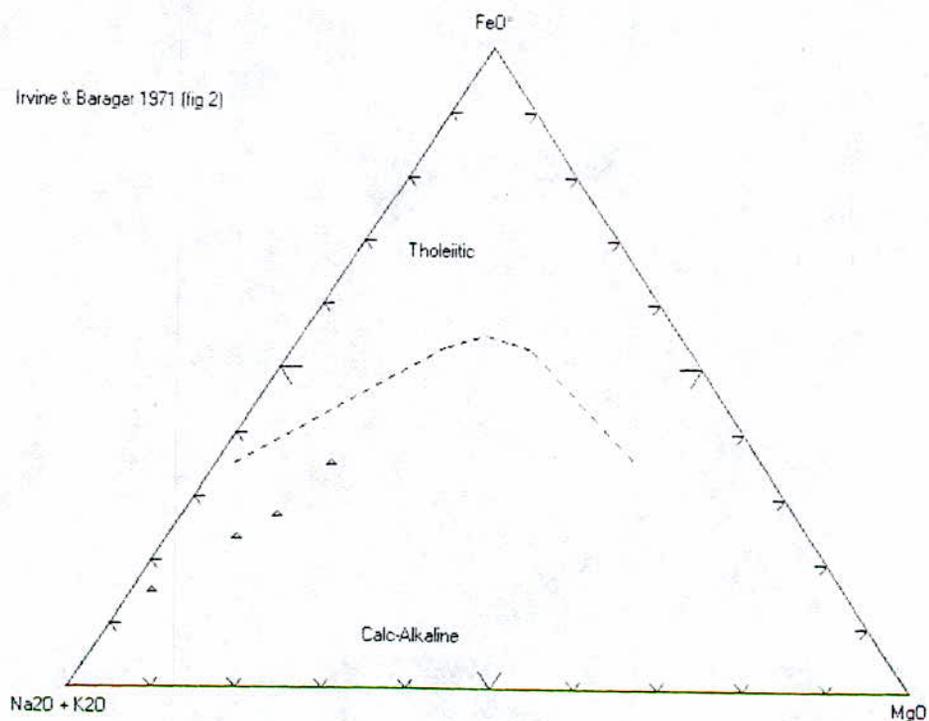


Fig.15

Suivant Batchelor et Bowden, on peut conclure que ces formations sont mise en place durant une période orogénique (Fig. 16).

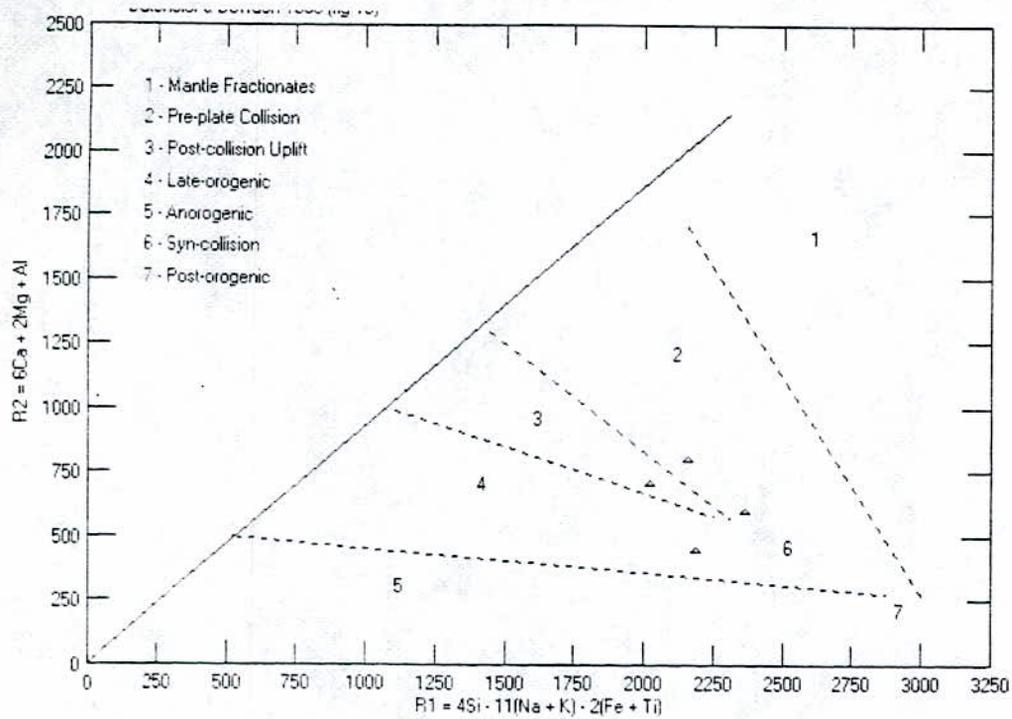


Fig. 16

Les granites de la zone d'Anfé g ont des spectres qui sont inclinées, c'est à dire un enrichissement en terres rares légères par rapport aux lourdes, avec anomalies négative pour l'échantillon (ech : ot14) en Yb (Fig. 17) on remarque que ces granites n'ont aucune ressemblance avec les granites se trouvant dans le monde que nous avons.

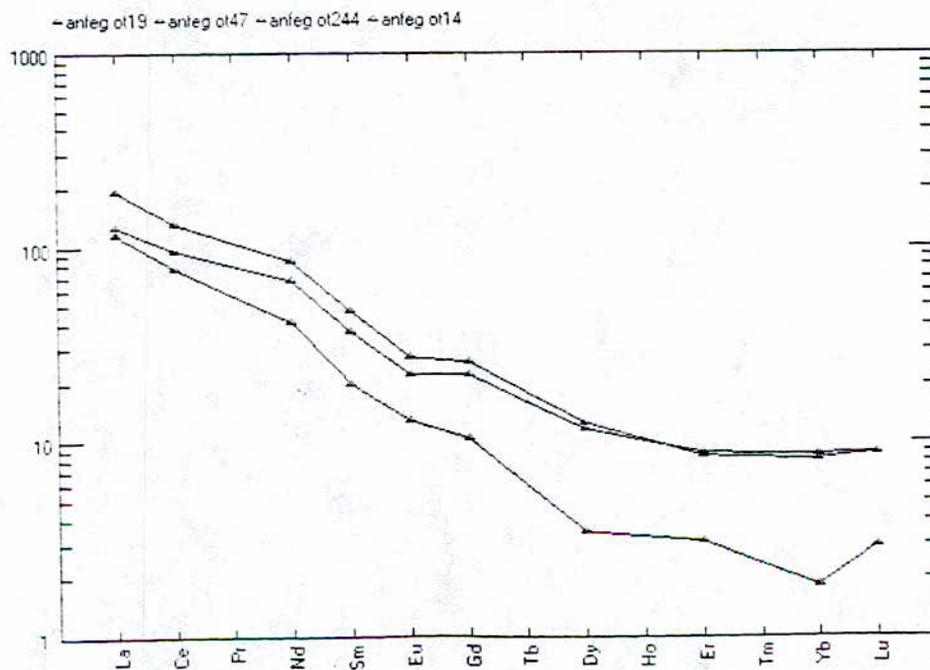


Fig. 17

2 - Le massif de Tifferkit

Concernant le massif de Tifferkit et selon le diagramme de nomenclature, se localise dans le secteur 2, celui des adamellites (Fig. 19).

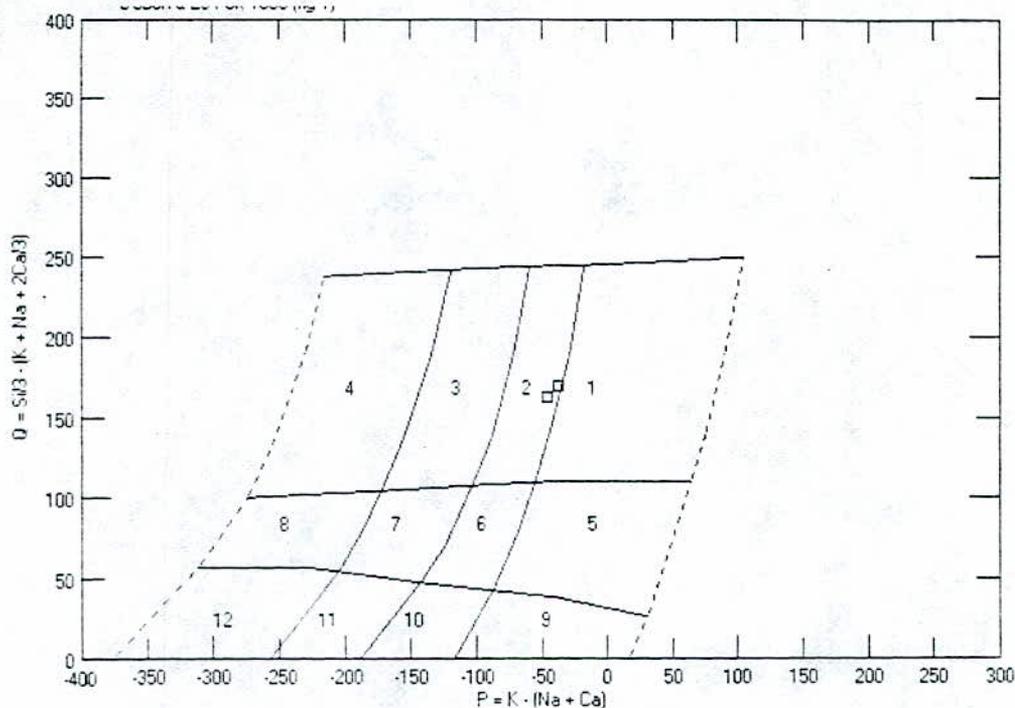


Fig. 19

Concernant les minéraux caractéristiques de ce massif dont les échantillons sont localisés dans le secteur III c'est à dire qu'ils sont à biotite (Fig. 20), effectivement, cela a été déterminés par la pétrographie que ces granites sont composés de quartz, plagioclase et biotite.

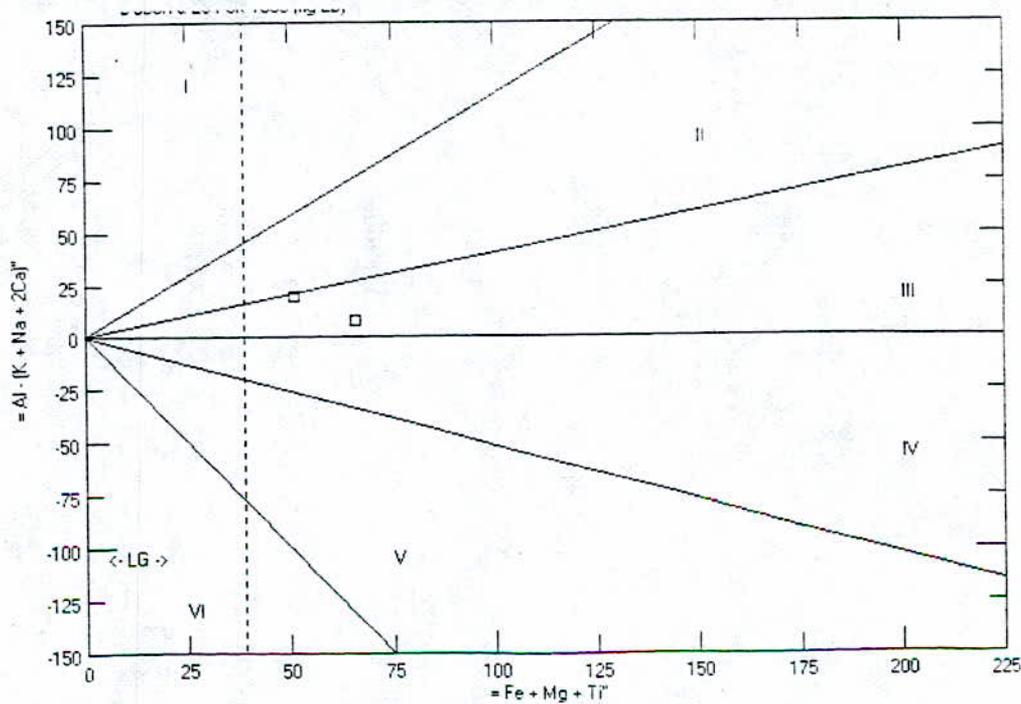


Fig. 20

Selon le diagramme d'Irvine et Bragar (1971) (Fig. 21), les échantillons sont localisés dans le domaine sub-alkalin et fortement potassique (Fig. 22).

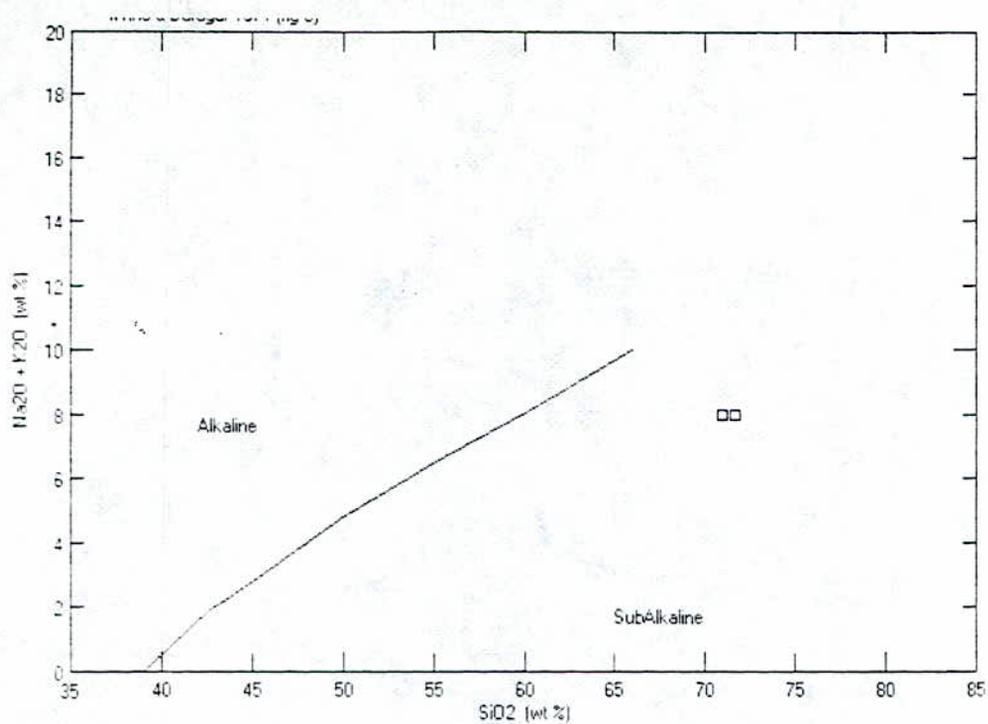


Fig. 21

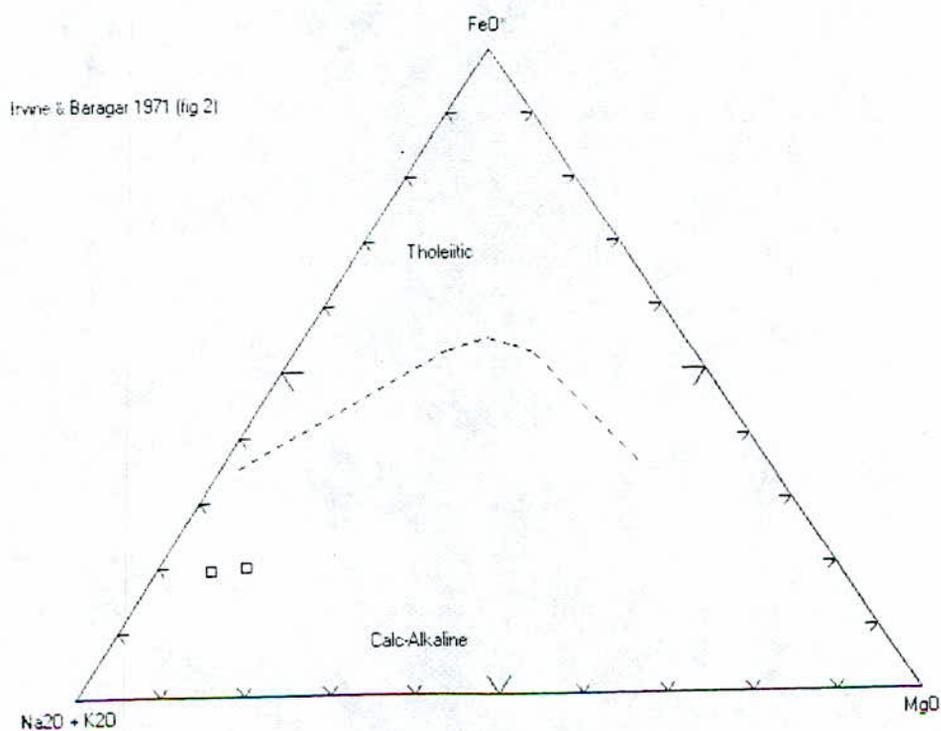


Fig. 22

D'après le diagramme de Batchelor et Bowden (1985), les granites de Tiferkit sont formés et mis en place éventuellement pendant la phase de collision (Fig. 23).

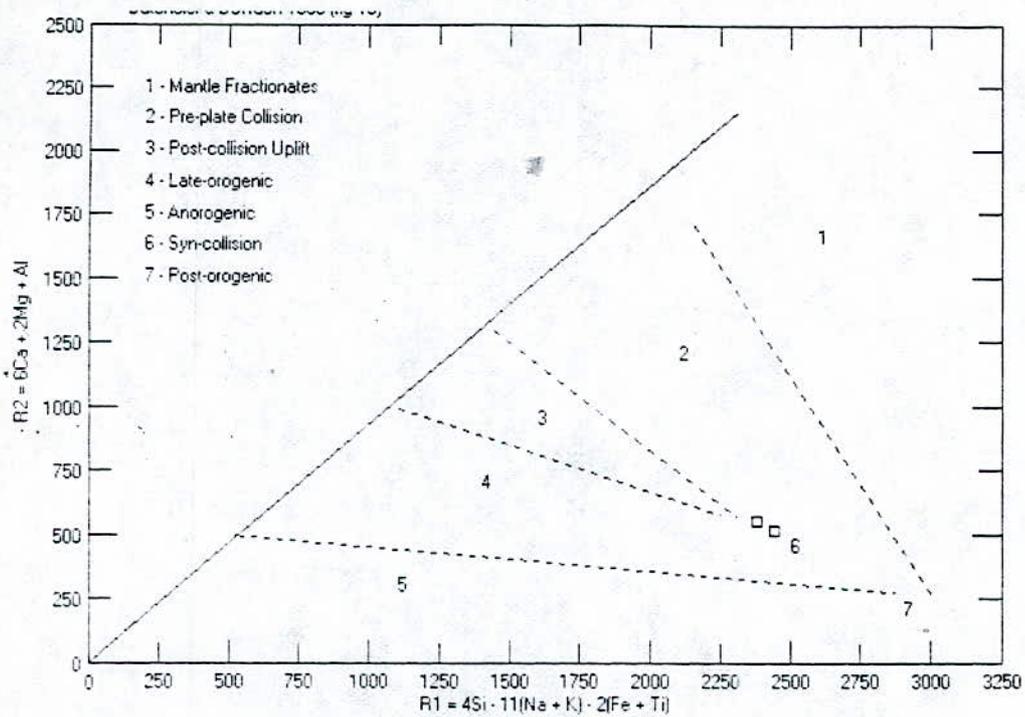


Fig. 23

Le profil de terres rares montre que le granite est très riche en terres rares légères mais relativement déprimés en lourdes (Fig. 24), il est d'un granite qui se trouve en URSS.

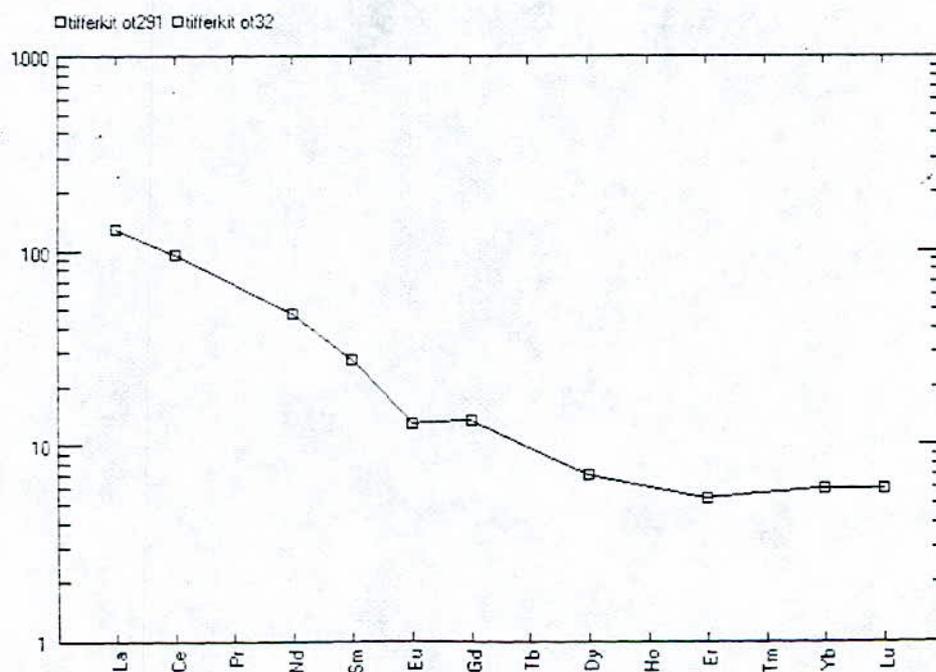


Fig. 24

3 - Le massif d'Ahelhedj

Les échantillons du massif d'Ahelhedj sont selon le diagramme de nomenclature des granites (ech : ot 213, ot 235, ot 225) (Fig. 25) ils sont péralumineux (ech : ot 235, ot 225) localisés dans le secteur III à biotite. Tandis qu'un échantillon (ech ot 231) est métalumineux ; localisé dans le secteur IV (biotite et hornblende (amphibole) ; pyroxène) ce qui a été déterminé par la description pétrographique.

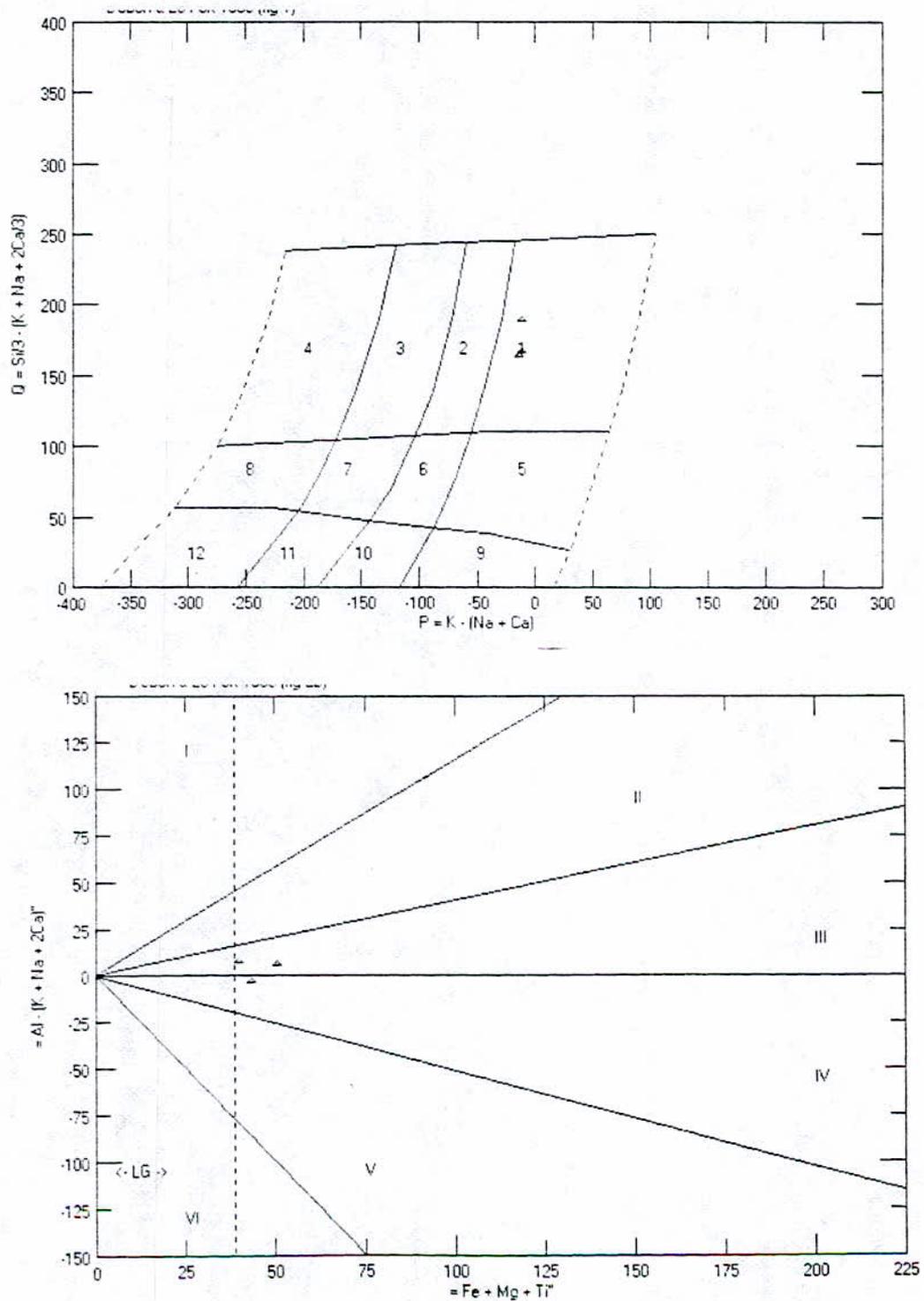


Fig.25

Concernant la nature chimique du granite d'Ahalhedj est subalcaline (Fig.26) c'est à dire calco-alcaline caractérisé par l'enrichissement des alcalins ($K_2O + Na_2O$) (Fig. 27). Ce granite a été mis en place pendant la phase orogénique (Fig.28).

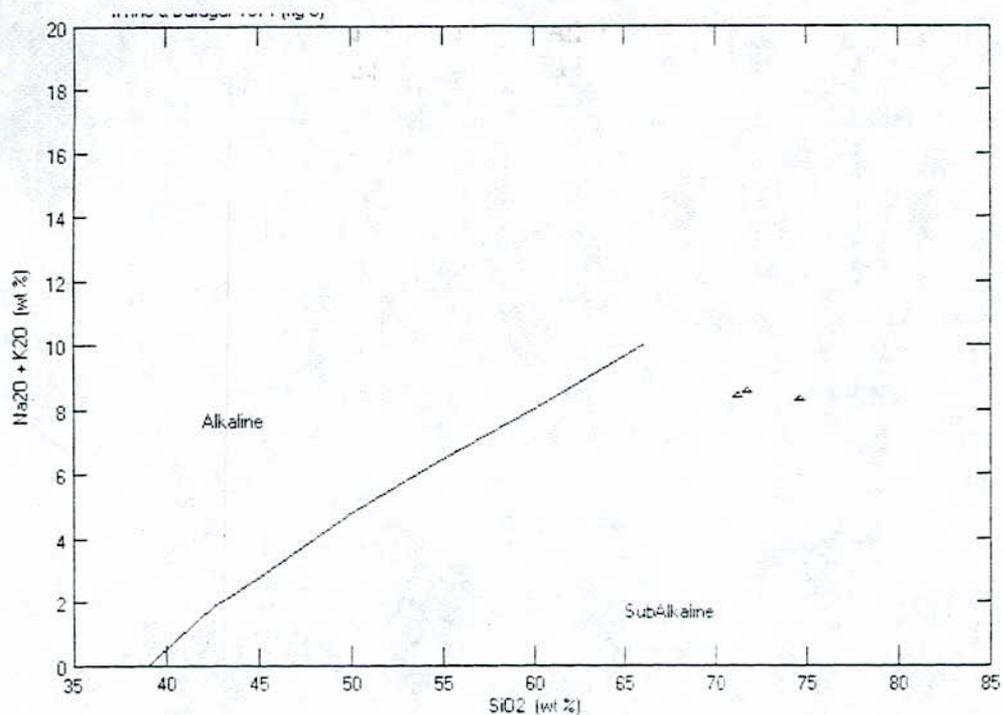


Fig .26

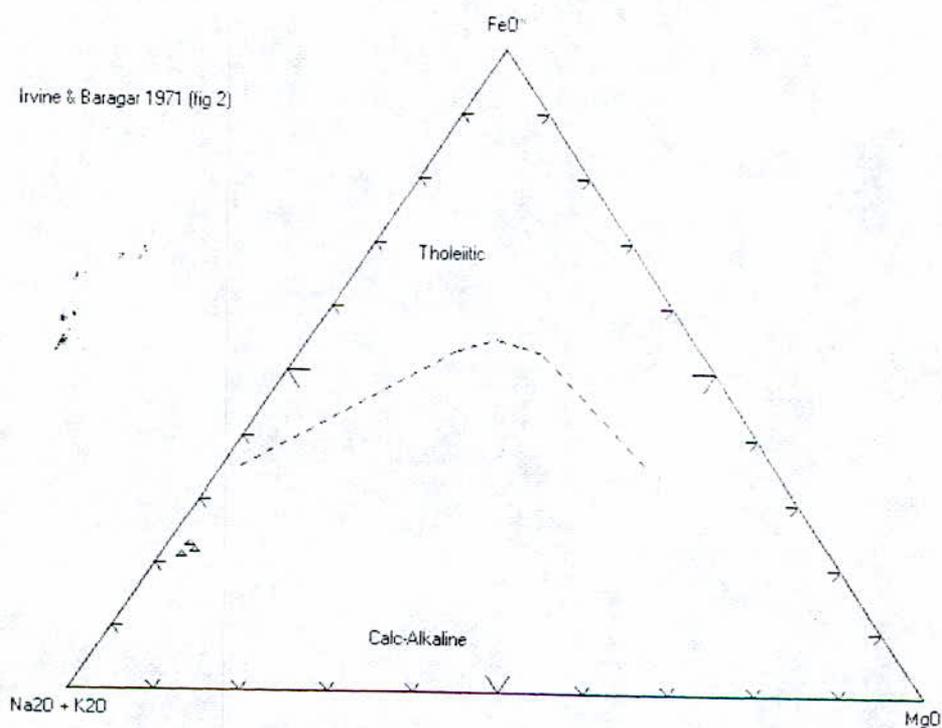


Fig .27

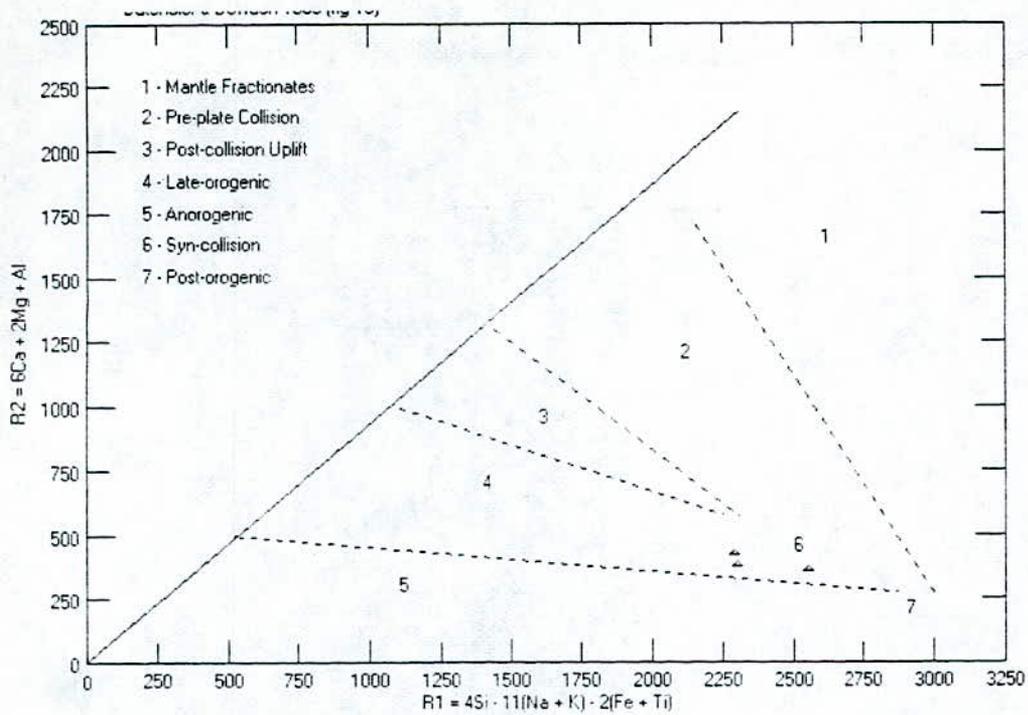


Fig.28

Les spectres de terres rares de ce granite sont inclinés vers le pôle des terres lourdes ; c'est à dire riche en terres rares légères ce qui peut probablement dû au fractionnement de l'amphibole (ech : ot 213).

Le granite ~~est caractérisé~~ est caractérisé par une anomalie négative en europium (eu), les échantillons (ech : ot 225, ot 235) ont les mêmes spectres (Fig. 29).

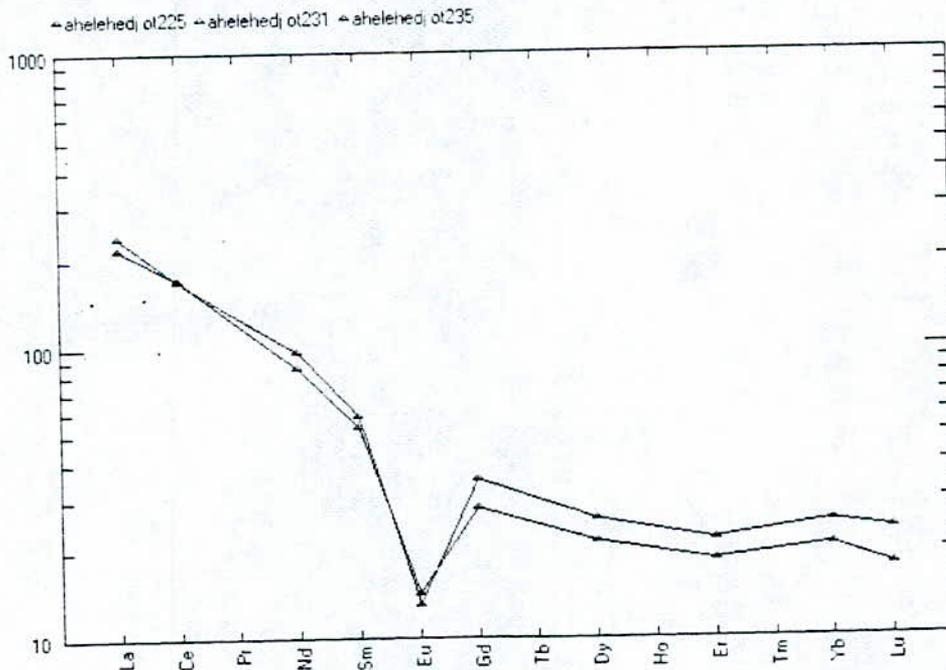


Fig.29

En conclusion on peut dire que les granites d'Intounime et d'Ahelhedj se sont des granites à biotite + amphibole et à biotite seule ; dont leur mise en place se fait pendant la phase orogénique.

On remarque que ces granites n'ont pas pris une ressemblance avec les granites qui se trouvent dans le monde.

4 - Le massif d'In Tounine

Selon le diagramme de nomenclature de bon et le fort.

Les plutonites d'In Tounine sont subdivisés en deux groupes (Fig. 30) :

1 - Groupe : granites (ech : ot 63, ot 73, In 47, ot 64)

2- Groupe : adamellite (ech : ot 276)

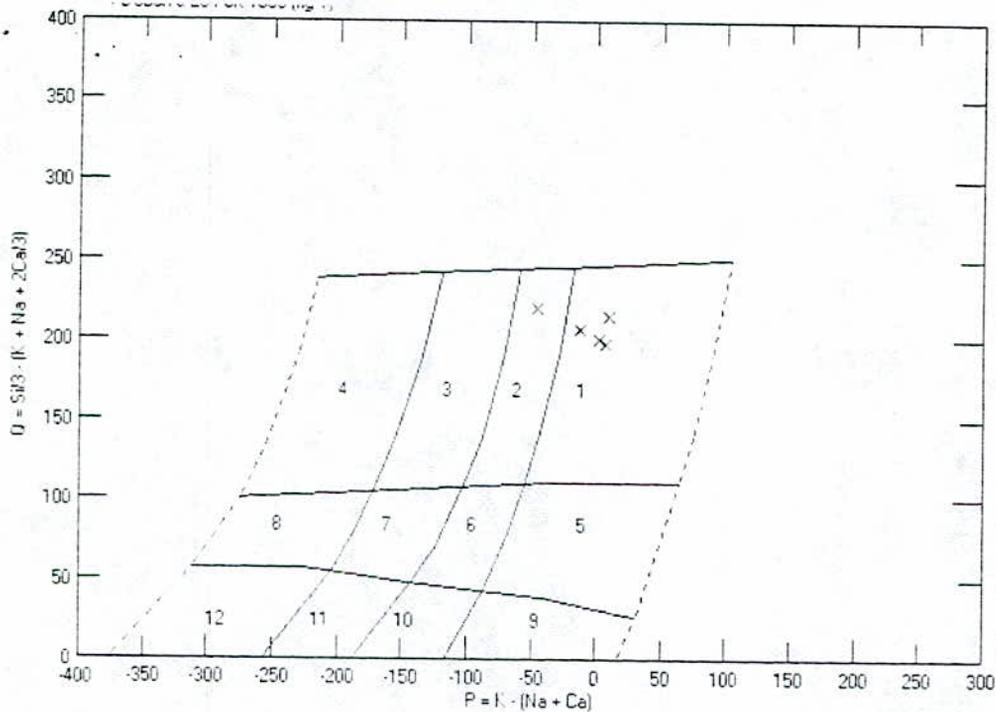


Fig .30

D'après le diagramme des minéraux caractéristiques tous les échantillons se situent dans le domaine peralumineux cela veut dire que ces roches sont d'origine crustales (Fig. 31).

Pour d'adamellite (ech :ot 276) localisé dans le secteur I à deux micas (moscovite > Biotite ; en volume) et à Tourmaline.

Le granite (ech : ot 63, ot 73, ot 64) est localisé dans le secteur II et le secteur II (à biotite).

Sur le diagramme Irvine Baragar (1971) on constate que les adamellites et les granites situent dans le domaine subalcalin c'est à dire calco-alcaline (Fig. 32).

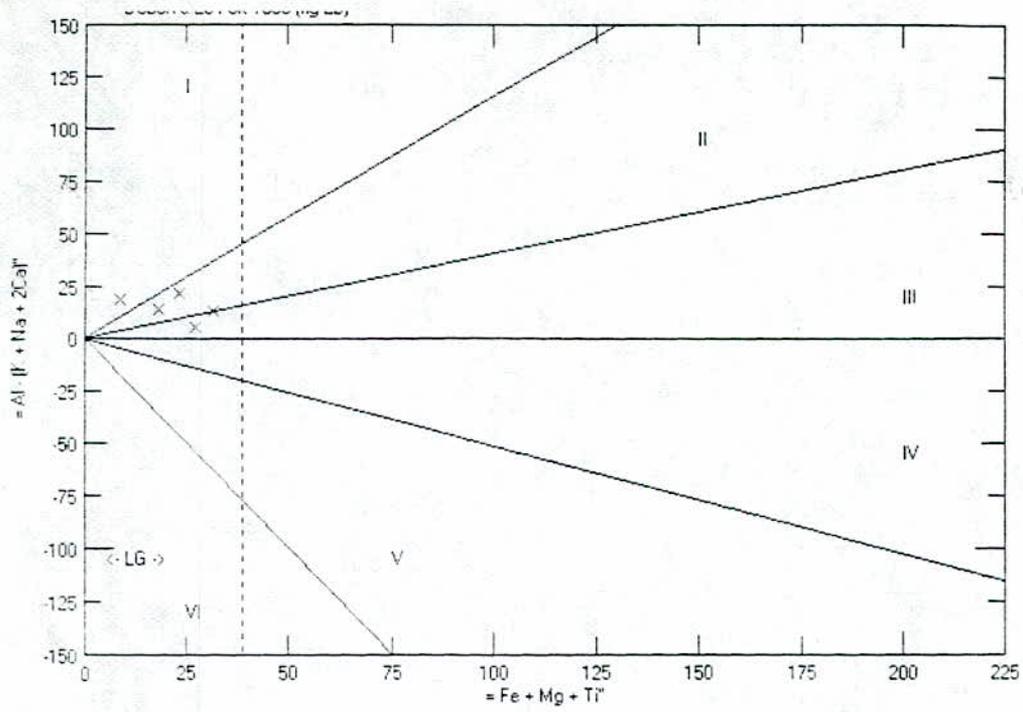


Fig .31

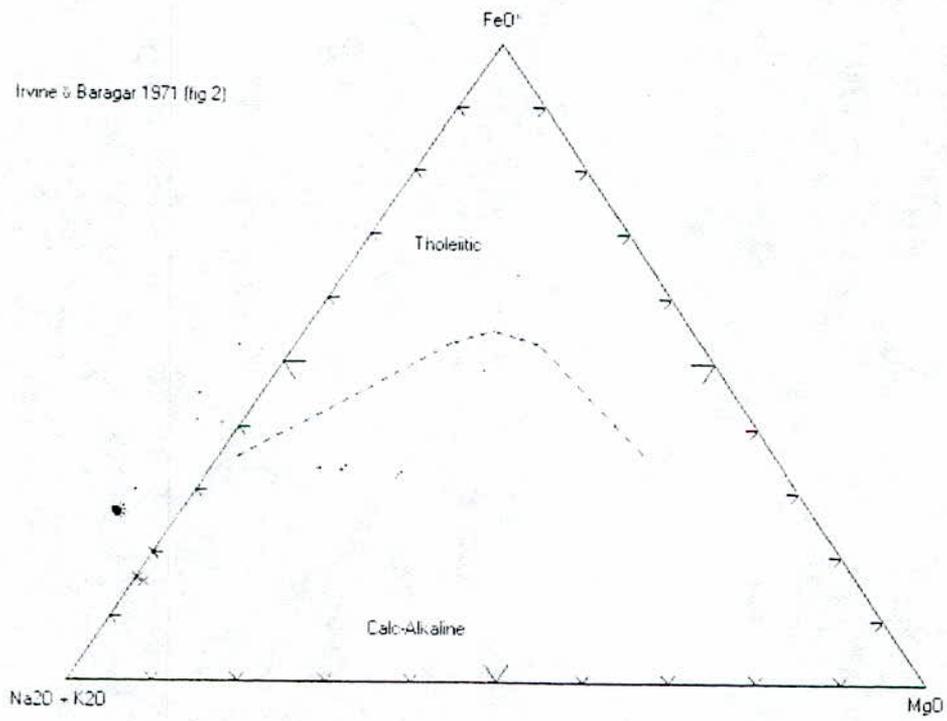


Fig .32

D'après le diagramme de le maître (1989) le groupe des granites est fortement potassique (high - K) provenant d'une source riche en K_2O et / ou faible pourcentage de fusion tandis que les adamellites (ech : ot 276) est moyennement potassique (Fig.33).

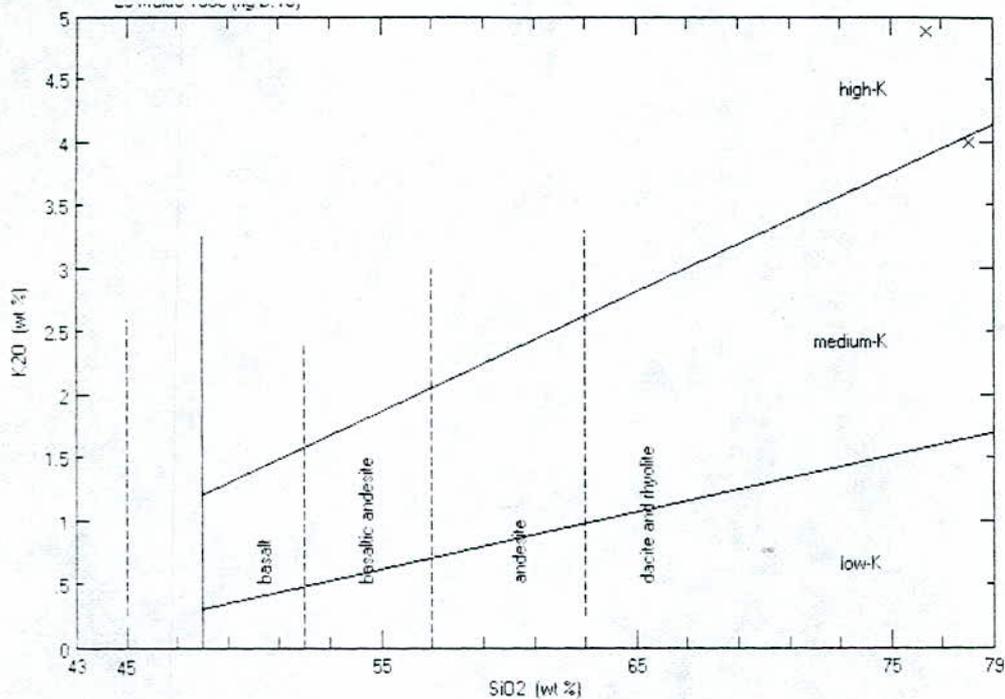


Fig .33

D'après le diagramme Batchelor et Bowden (1985) le groupe granite a été mis en place pendant la phase de collision, responsable de constitution de nouvelle **croûte** continentale dans l'édification des chaînes de montages d'une parts ils sont peralumineux d'origine crustale alors que les adamellites sont formées pendant l'orogénèse (ech : ot 276) (Fig. 34).

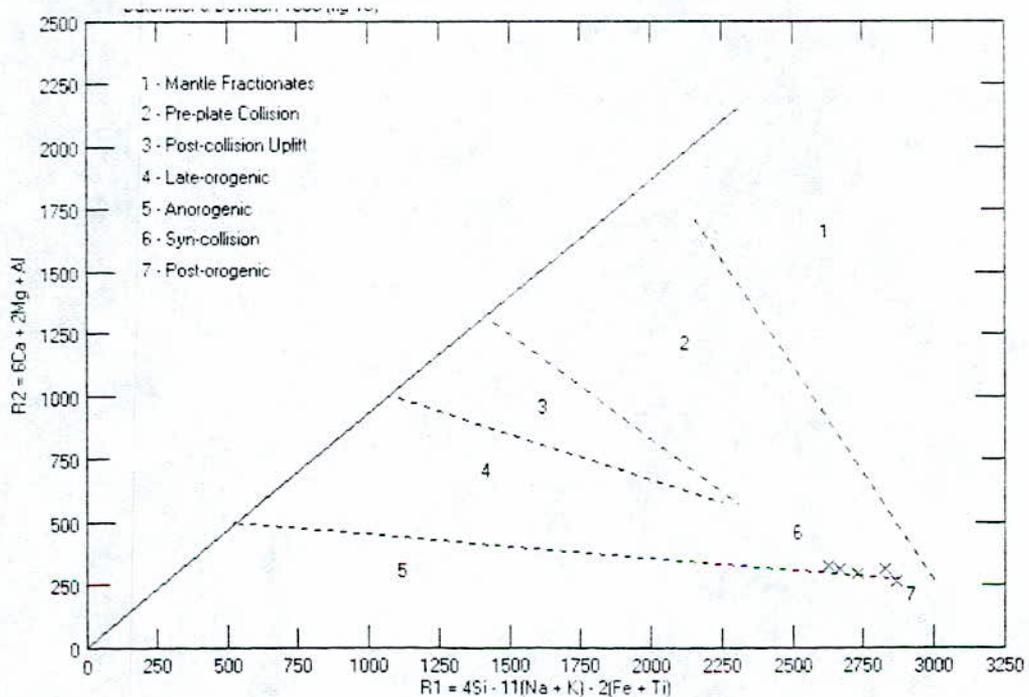


Fig .34

Les spectres des terres rares d'In Tounine montrent une richesse en terres rares légères ceux des adamellites (ech : ot 276) sont relativement plus faibles. L'anomalie forte négative en Europium (EU) des adamellites et celui des granites est liée à une phase solide dont la propriétés est de piéger et concentrer l'euprium (Fig.35), on note que le massif d'In Tounine n'a aucune ressemblance avec les analyses se trouvant dans le nom de qu'on a.

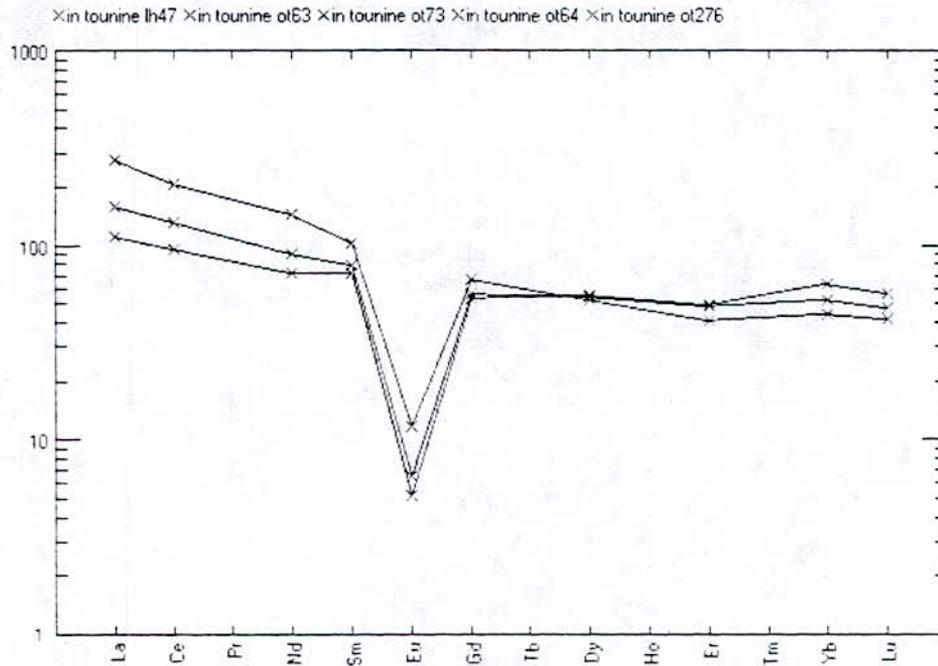


Fig .35

5 - Les Leucogranites à albite-topaze

Le diagramme P.Q les échantillons de ce massif sont localisés en majorité des adamellites à l'exception d'un seul échantillon (In 36) qui situé dans le secteur des Tonalites (Fig. 36).

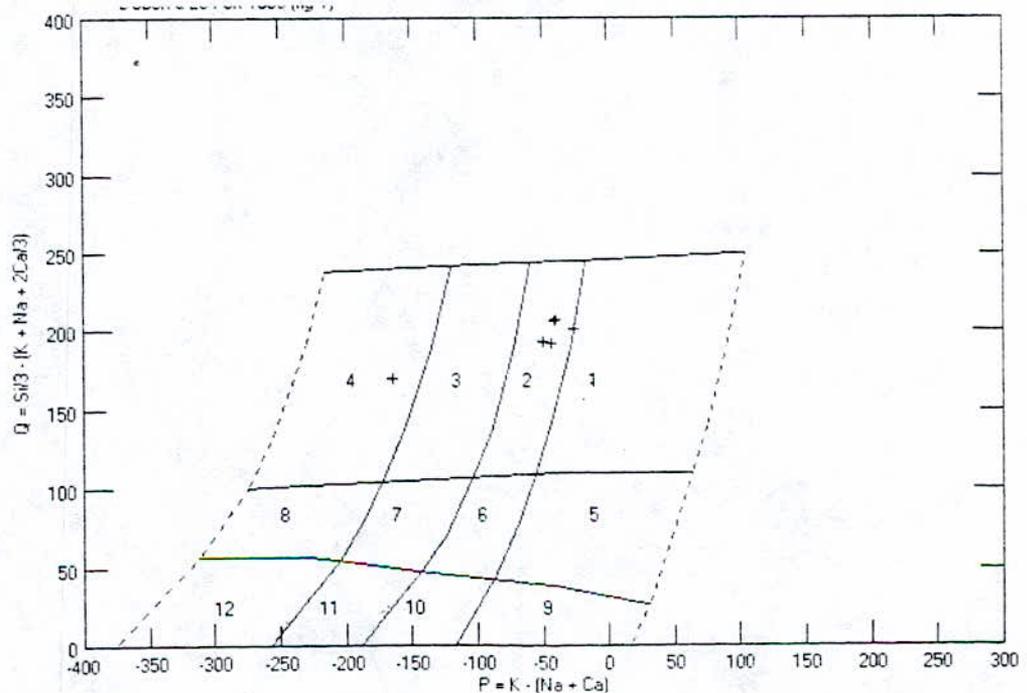


Fig .36

D'après le diagramme des minéraux caractéristique de Debon et le Fort nous constatons que tous les échantillons se localisent dans le secteur I. C'est à dire dans le domaine peralumineux où la moscovite > biotite (Fig. 37).

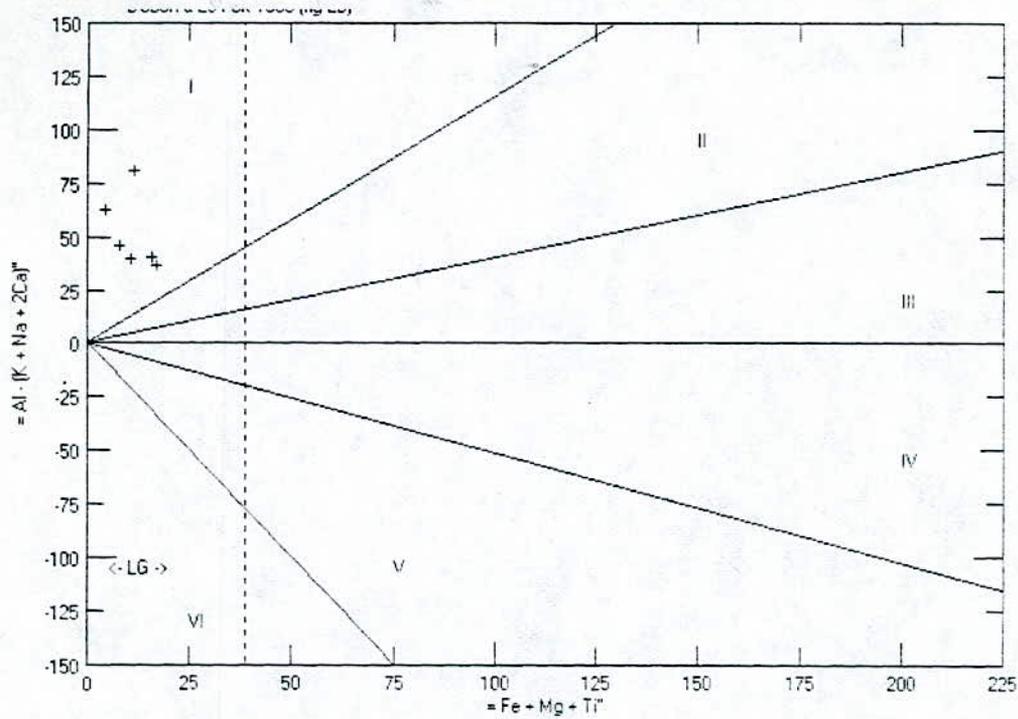


Fig .37

Selon le maître (189) indique que les échantillons sont fortement potassique (fig. 38), (Fig. 39).

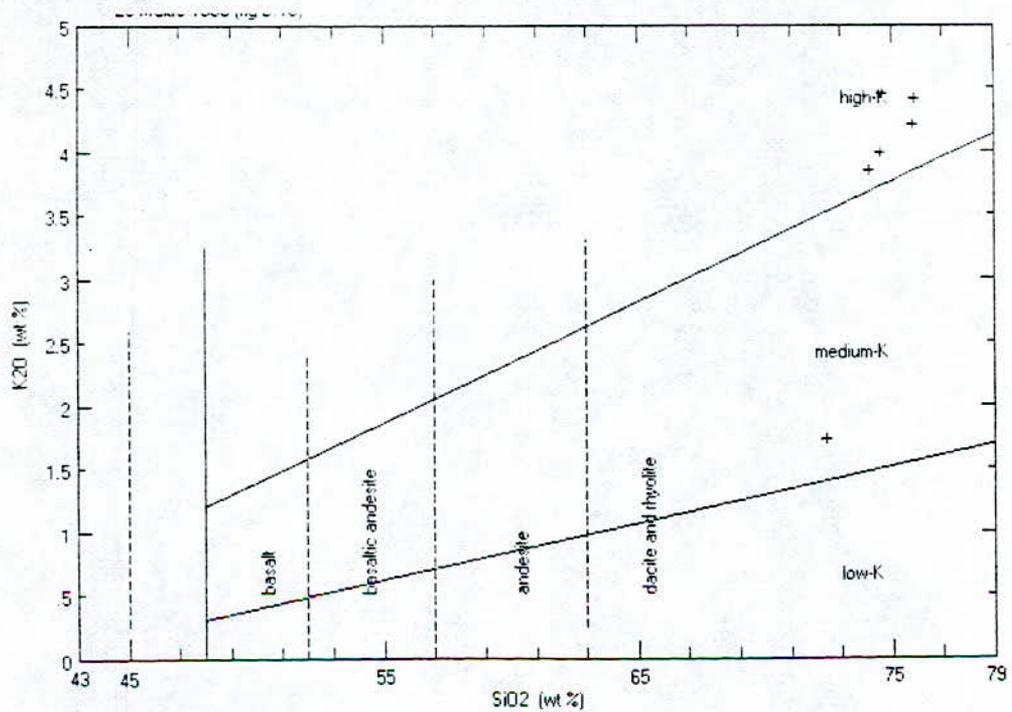


Fig .38

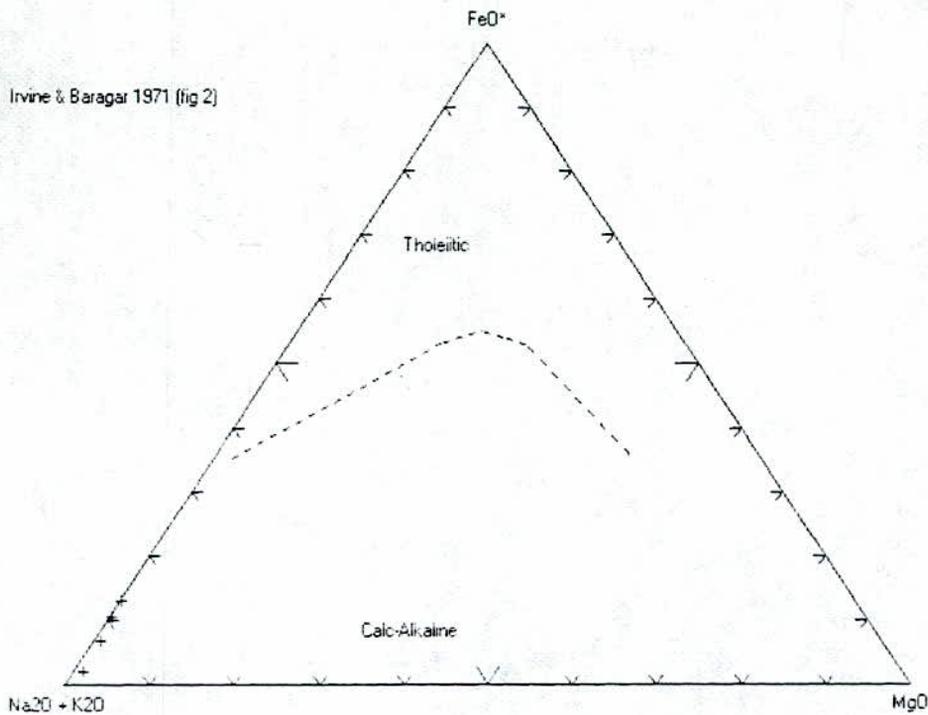


Fig .39

Alors que le diagramme rectangulaire de BATCHELOR et BOWDEN (1985) nous montre une mise en place durant la période post-orogénique (Fig.40).

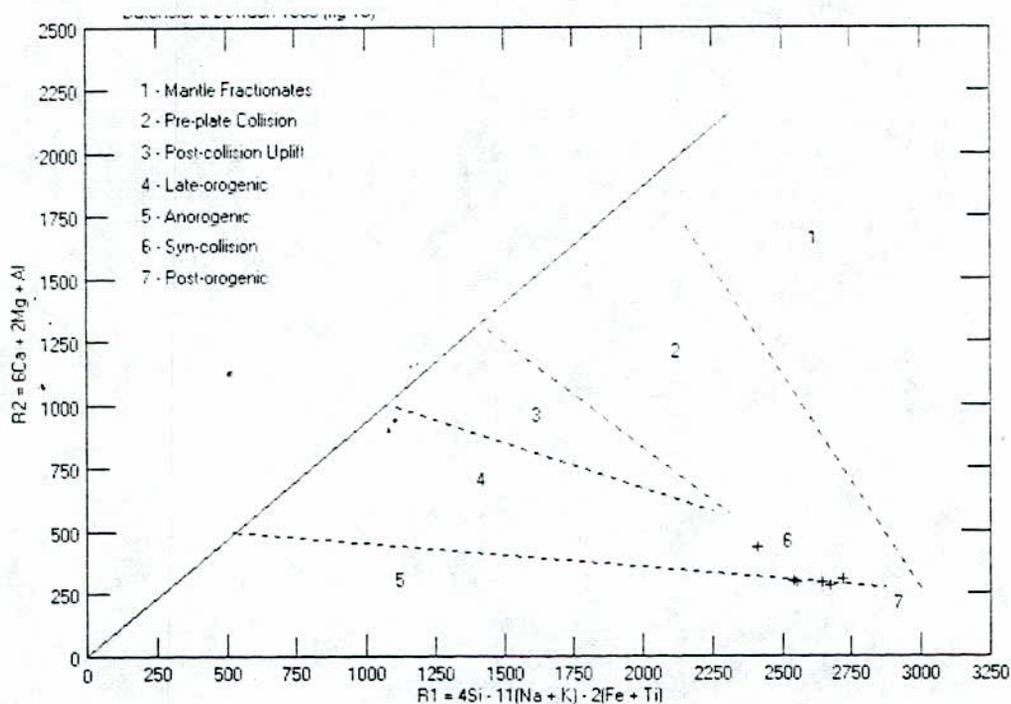


Fig .40

Les spectres de terres rares montrent que les échantillons de leucogranite, dont riche en terres rares lourdes par rapport aux légères avec une anomalie négative en (EU) c'est à dire appauvrissement en cet élément. (Fig.41).

Il est à noter que ces Leucogranites ont pris les mêmes caractéristiques des granites se trouvant en CANADA.

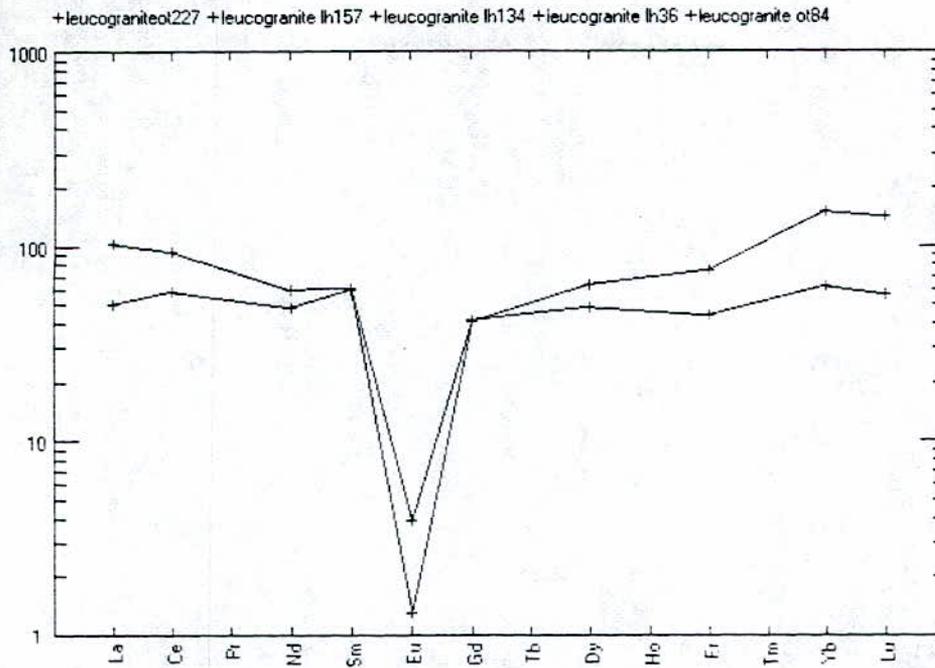


Fig .41

Remarque

Pour l'étude des éléments en traces, il nous a été impossible de voir les variations sur les diagrammes choisis (la vs Ba et Ti vs Cr) étant donné les teneurs en Ba des granites de Tamanrasset sont très élevées.

2 - La région de Silet - Timgaouine

Selon le diagramme de nomenclature de Debon et Le Fort, Les roches plutoniques de la région de **Timgaouine** sont subdivisées en quatre groupes (fig. 42) :

- 1- Groupe : granodiorites;
- 2- Groupe : adaméllites;
- 3- Groupe : syénites,
- 4- Groupe : granite.

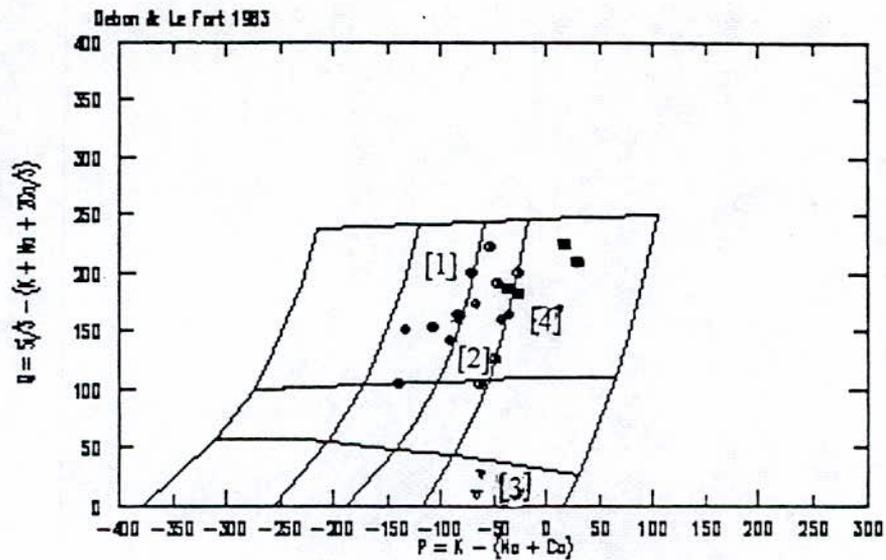


Fig.42

[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 43).

[2] Groupe des adamellites

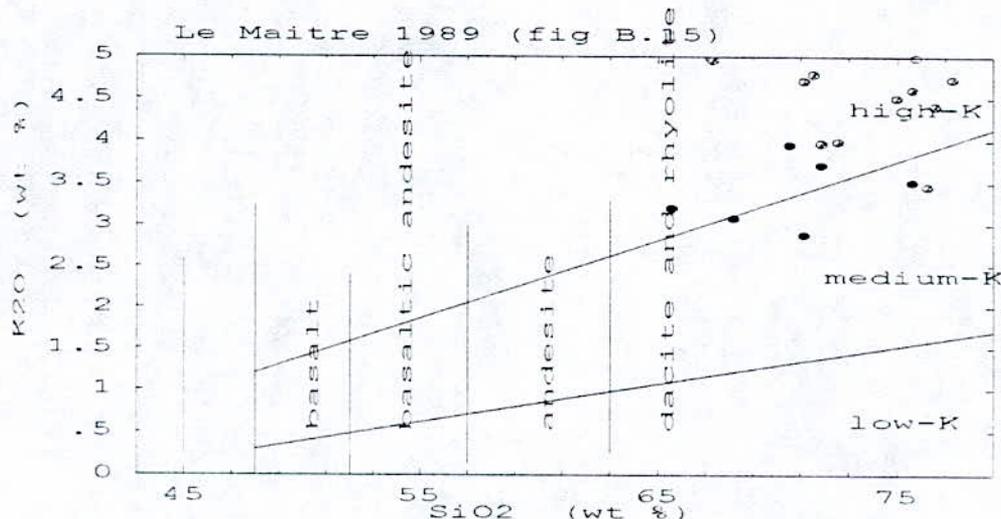
Ce groupe est constitué de roches peralumineuses et de roches métalumineuses respectivement localisées dans le secteur III (ech.217, T1, 187, 47, 215) et le secteur IV (ech. 162, 163, C2, 287, 302). Ce dernier est celui des roches à biotite, hornblende, orthopyroxène, clinopyroxène, épidote primaire et sphène **Fig.43**

[3] Groupe des syénites

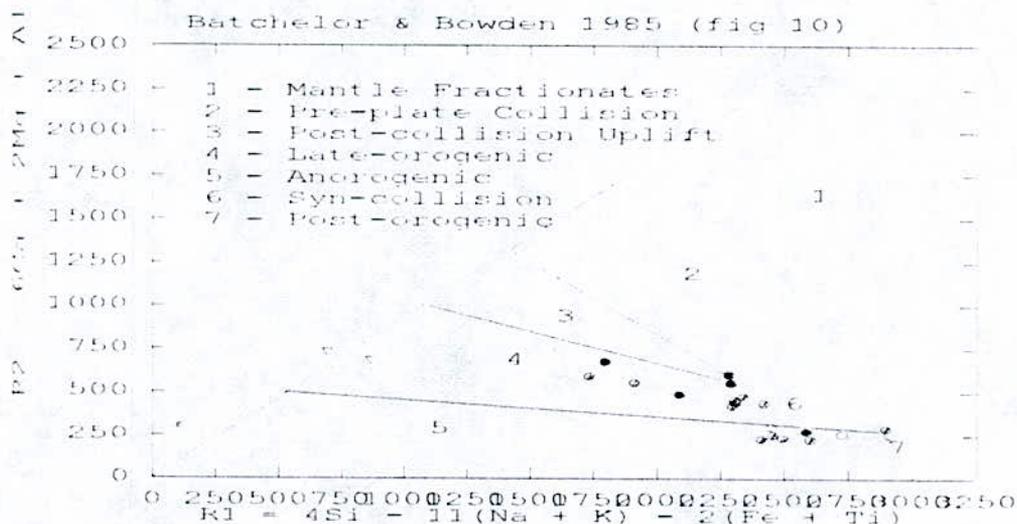
Ce groupe est constitué de roches métalumineuses qui sont localisées dans le secteur IV (ech : 144, 149)

[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)



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. 46).

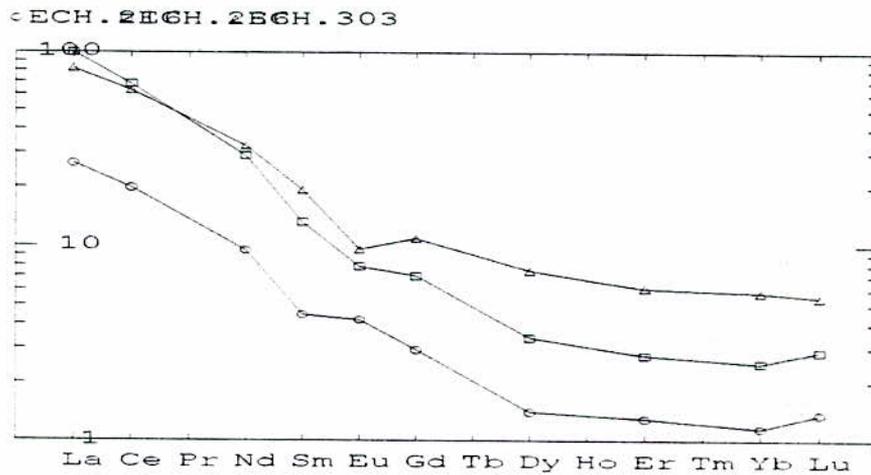


Pour l'étude des éléments en traces, il nous a été impossible de voir leur variations sur les diagrammes choisis (La vs Ba et Ti vs Cr) vu que les teneurs en Ba des plutonites de Timgaouine dépassent parfois 1100 ppm (et que les valeurs de Ti, Cr et La sont inférieures à cette valeur, c'est pour ça que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

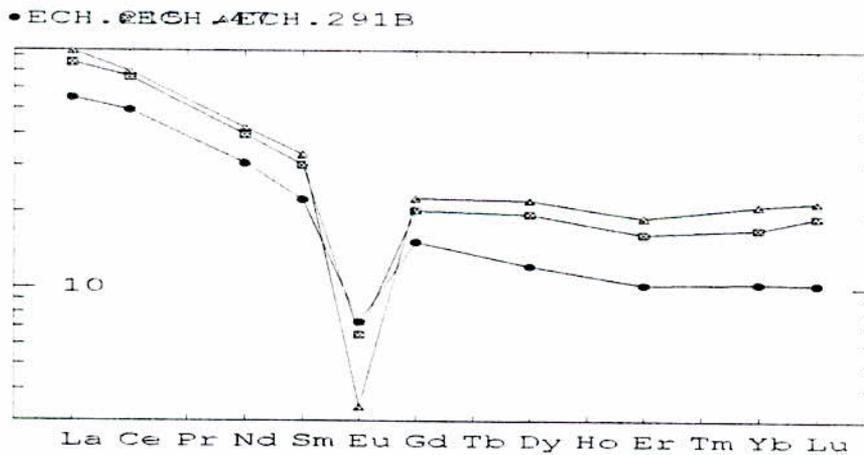
Les profils des terres rares montrent que les échantillons 303, 286 et 216 ont pratiquement les mêmes spectres, ils sont donc très riches en terres rares légères mais relativement déprimés en lourdes (fig. 47).

Norm: PRIM



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. 48)(Fig. 49)

Norm: PRIM



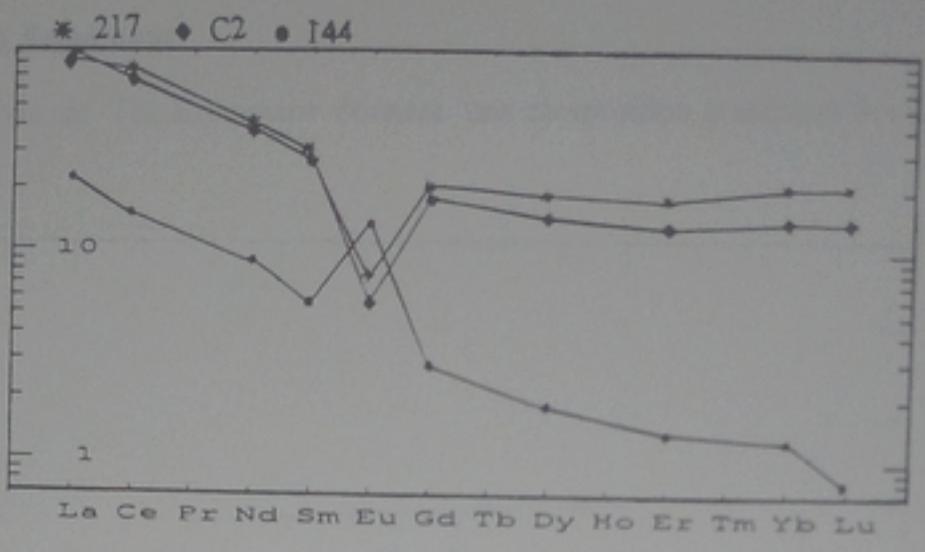


Fig. 49

LA REGION DE L'ADRAR DES IFORS

1- Granite de Tin Ezemmane

Selon le diagramme de Tin Ezemmane donnent une composition granitique des granites (Fig. 42).

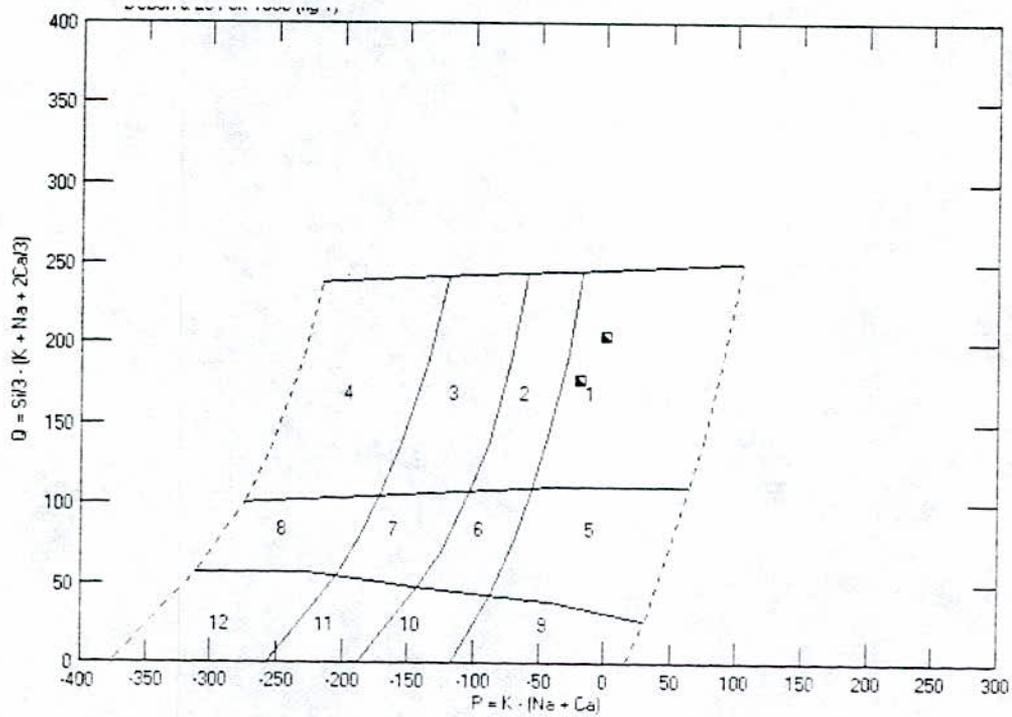


Fig. 42

Ces roches sont toutes des granites peralumineux (secteur II) c'est à dire celui des roches à deux micas avec biotite > muscovite ce qui a été déterminé par la description pétrographique et biotite qui passe à la chlorite et à la moscovite (Fig. 43).

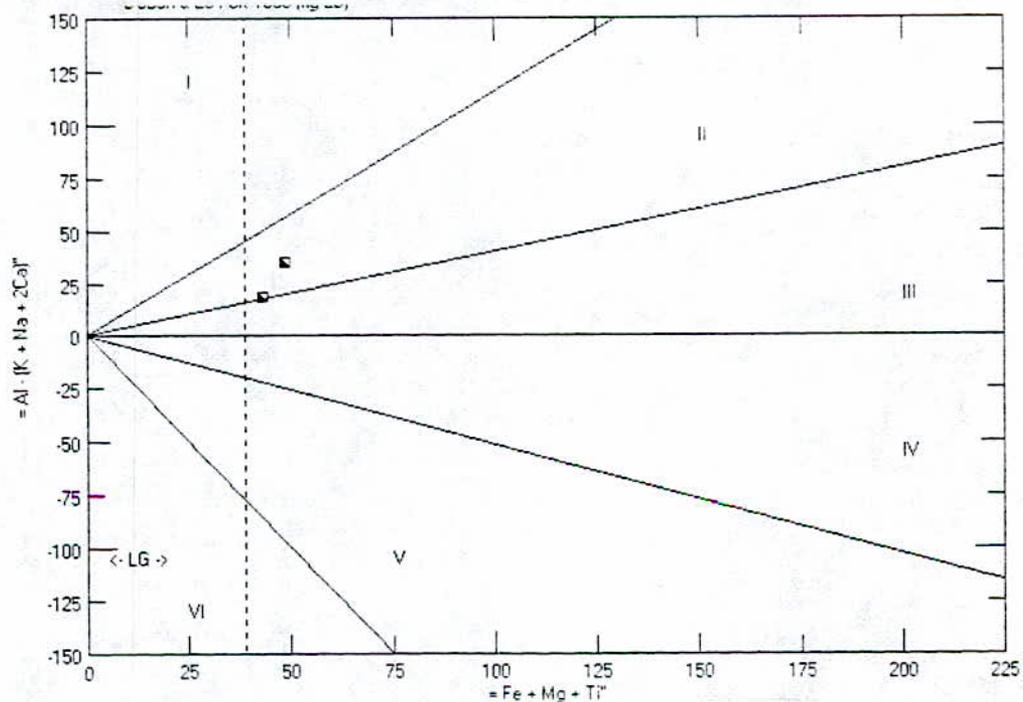


Fig. 43

Ces granites sont de nature calco-alcaline ils sont fortement potassiques (Fig. 44)

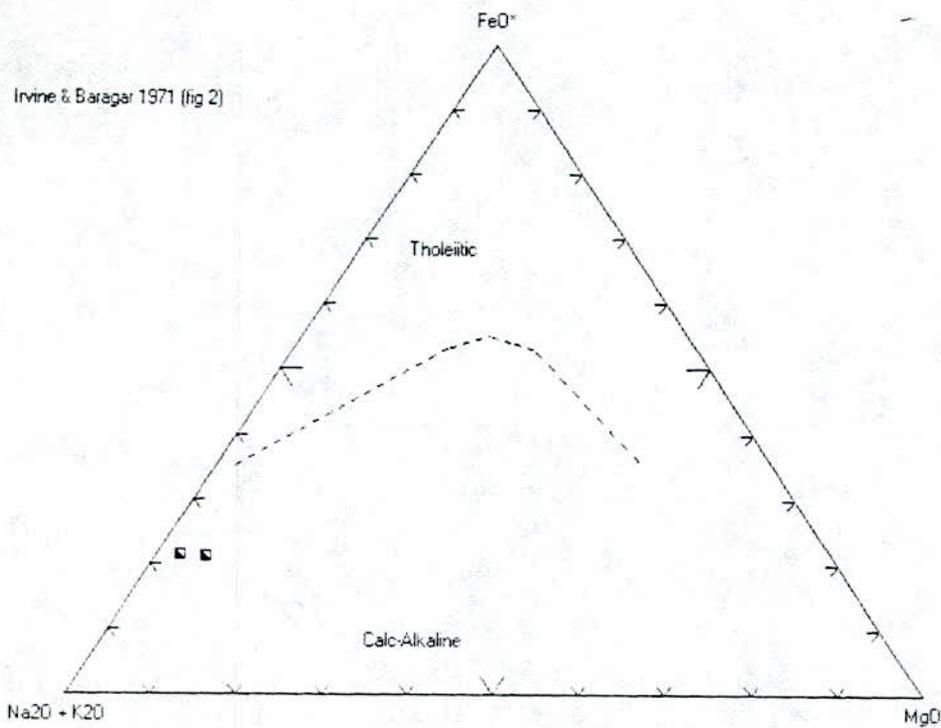


Fig. 44

Selon le diagramme R, R2 Batchelor et Bowden (1985) les granites se sont formés au cours d'une phase orogénique (Fig. 45).

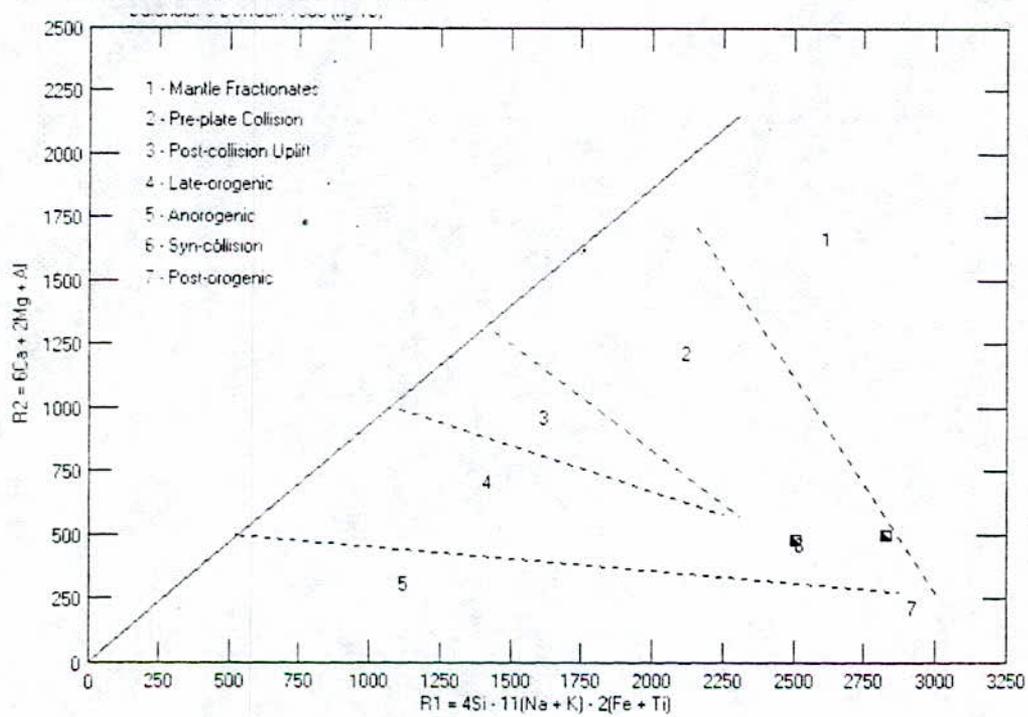


Fig. 45

2 - Le massif d'Amachach

Pour le massif d'Amachach, les échantillons portés sur le diagramme PQ, sont regroupés en trois domaines (Fig. 47) :

- 1 - Granite (g 28, g 29)
- 2 - Adamellite (g 32, g 30)
- 3 - Granodiorite (g 31)

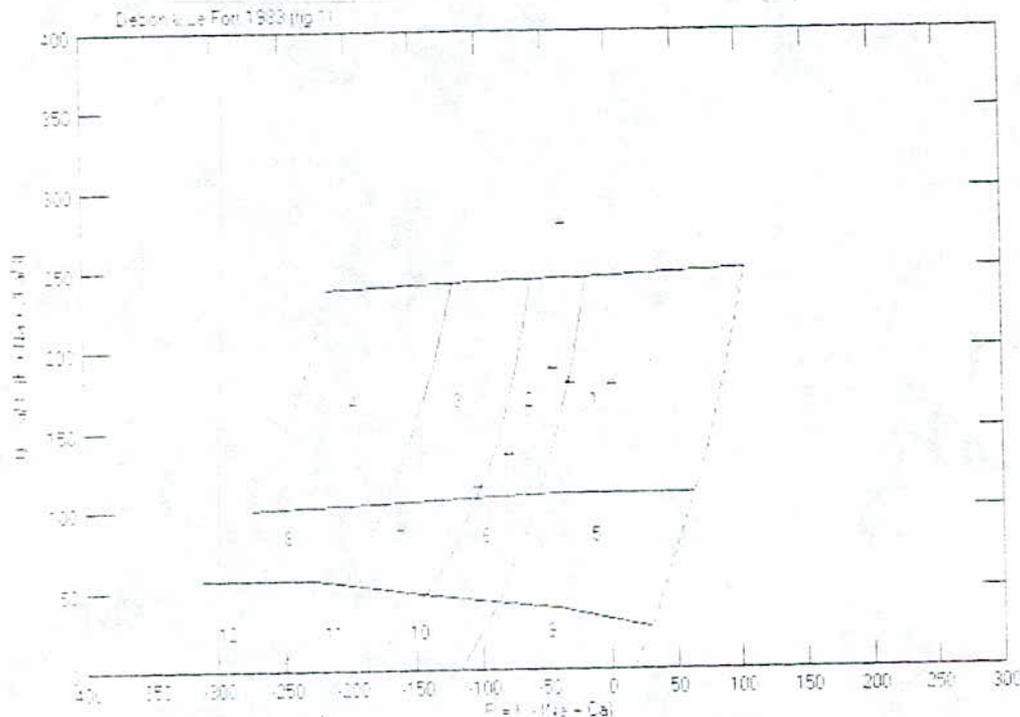


Fig. 47

Le granite est peralumineux, à muscovite et à biolite (Fig. 48), les adamellites (éch : g 32, g 30) sont métalumineux dont l'échantillon (éch : g 32) localisé dans le secteur IV et l'échantillon (éch : g 30) dans le secteur V.

Alors que le granodiorite (éch : g 31) est métalumineux, à muscovite et à biotite (fig. 48), les adamellites (éch : g 32, g 30) sont métalumineux dont l'échantillon (éch : g 32) localisé dans le secteur IV et l'échantillon (éch : g 30) dans le secteur V.

Alors que le granodiorite (éch : g 31) est métalumineux à biotite + amphibole.

Au moyen de diagramme d'Irvine Bragar on observe que les groupes (granite, adamettile) sont situés dans le domaine sub-alkalin avec une nature calco-alkaline (fig. 49), fortement potassique (Fig. 50).

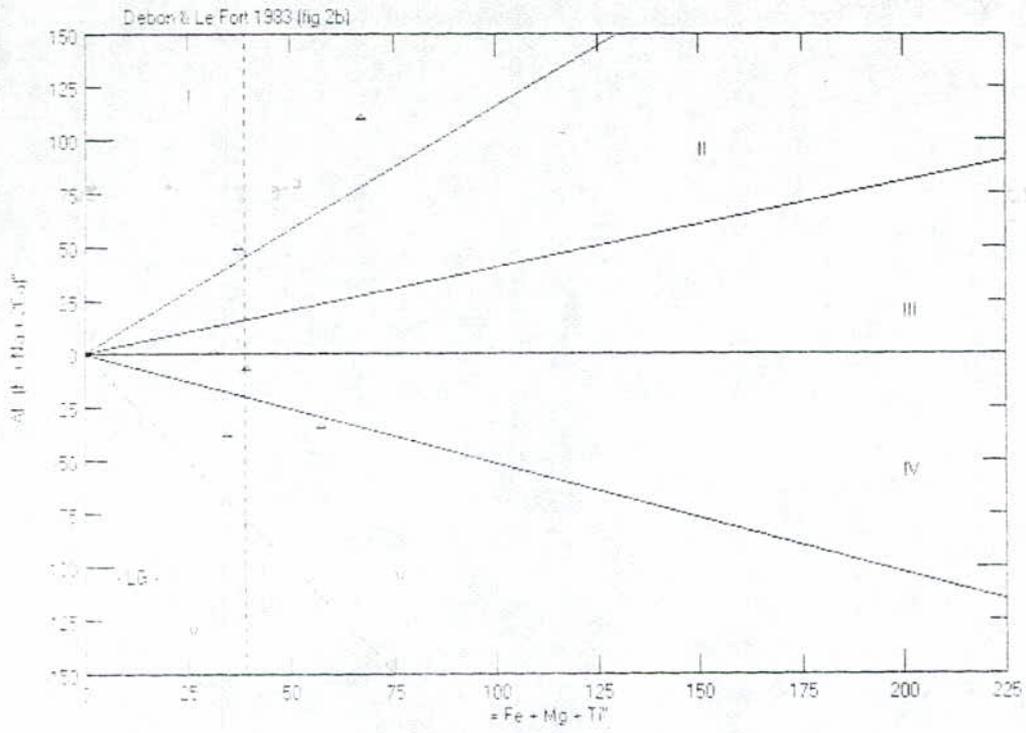


Fig .48

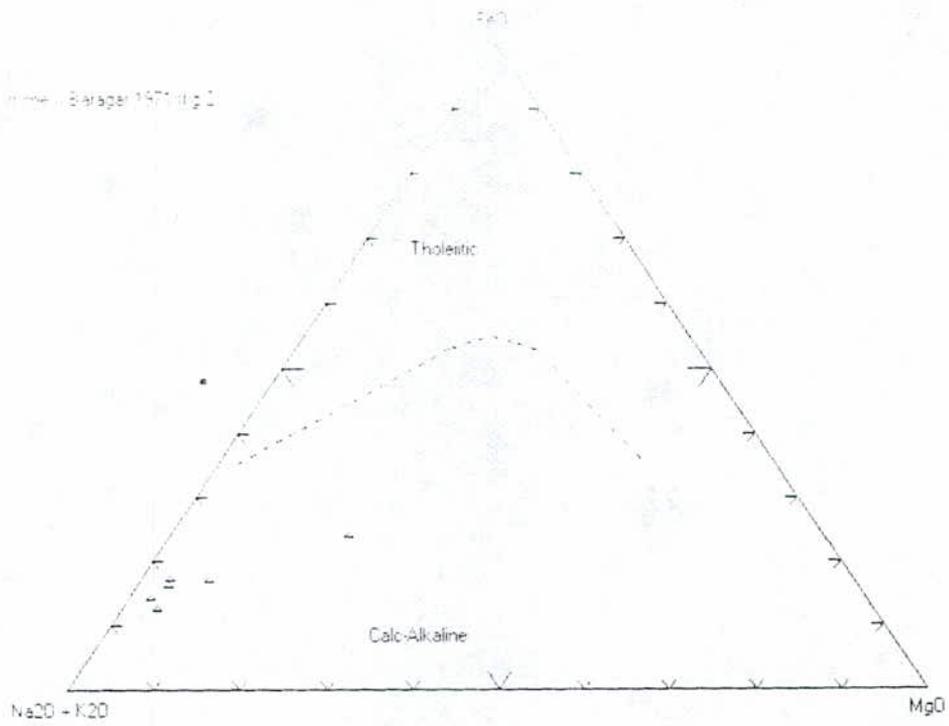


Fig .49

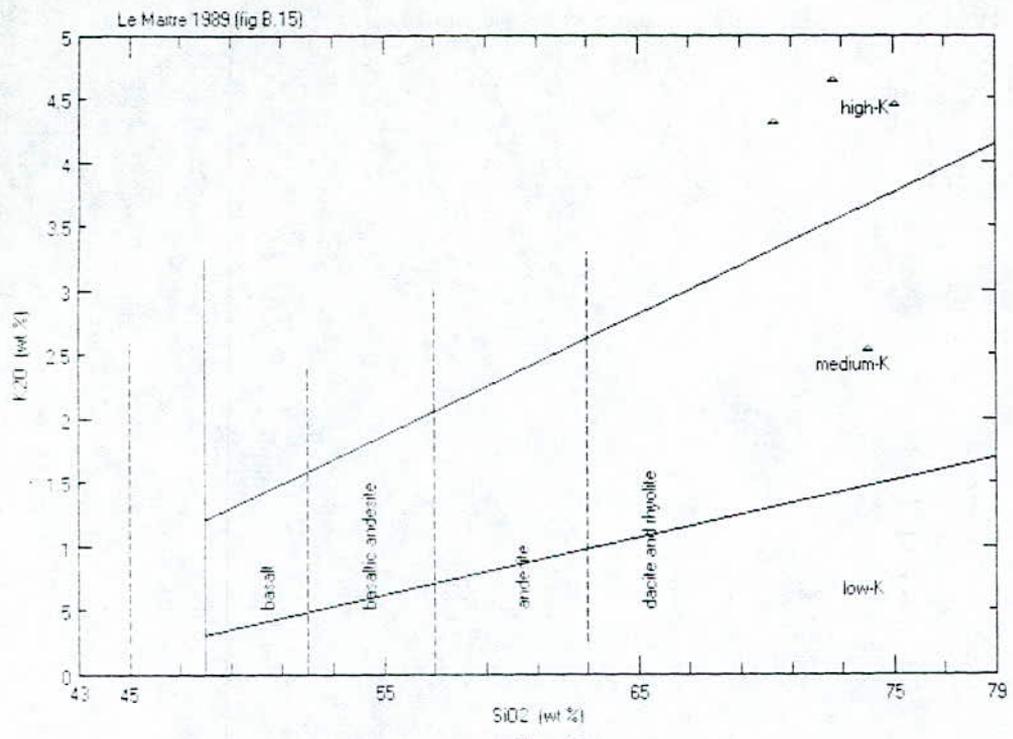


Fig.50

Le diagramme R₁ R₂ montre que ces roches se sont formés à la fin de l'orogénèse panafricaine (Fig. 51).

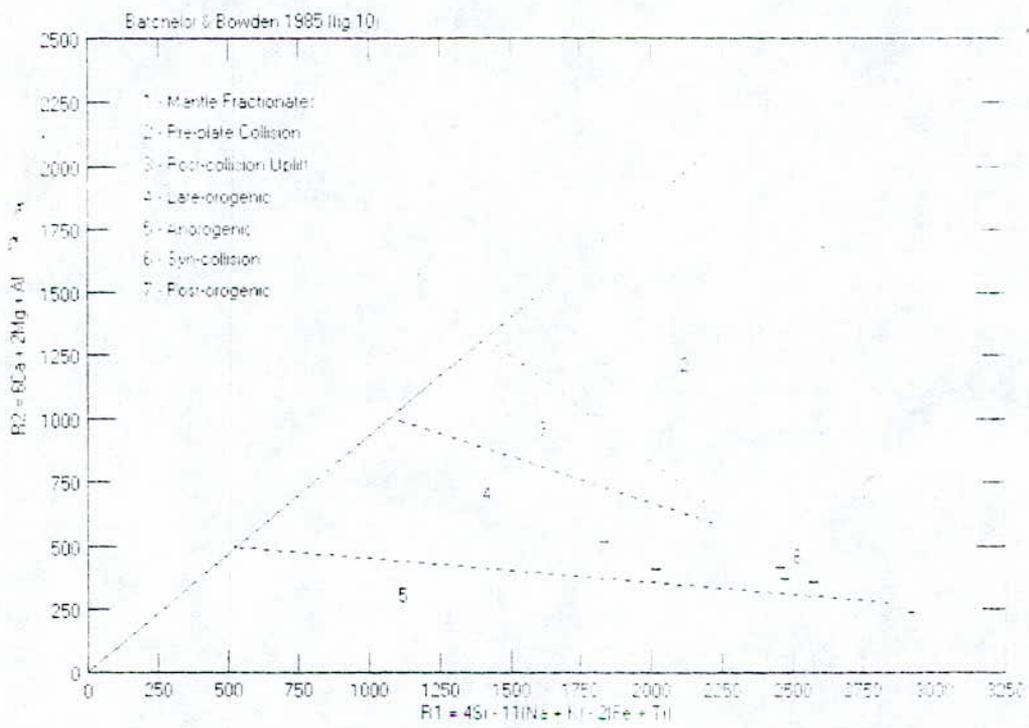


Fig.51

3 - Le massif de Tibéggine

L'échantillon dans la portés du massif est une Granodiorite (Fig. 52) Peralumineux uniquement à biotite il est de nature calco-alkaline (Fig. 53) et orogénique (Fig. 54).

Ce que la présence de biotite est important ce qui démontre que le Granodiorite a cristallisé à partir d'un magma riche en H₂O.

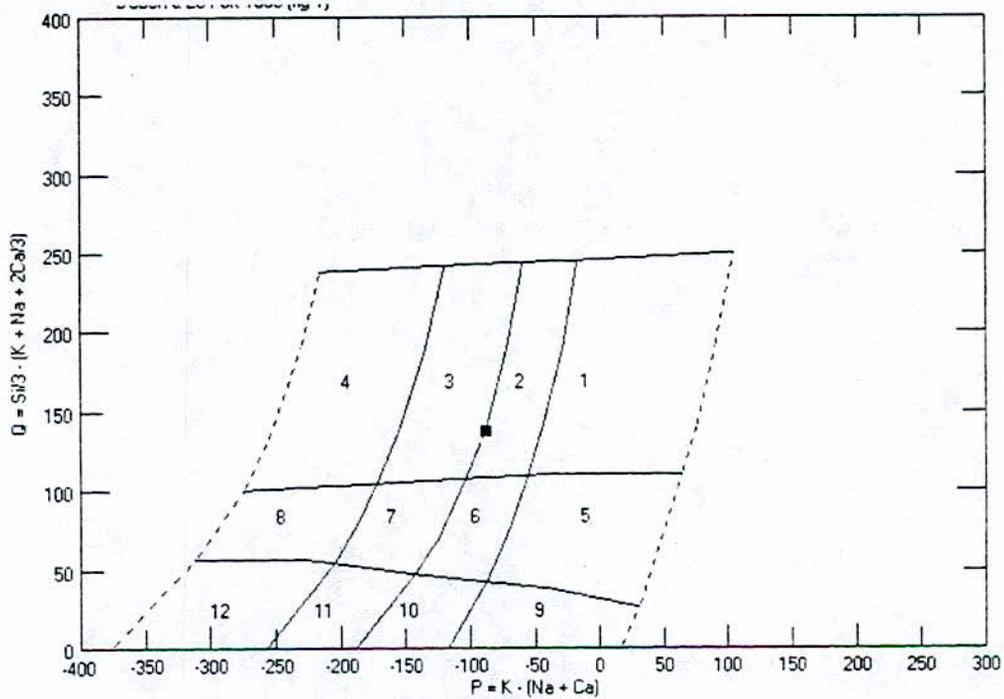


Fig.52

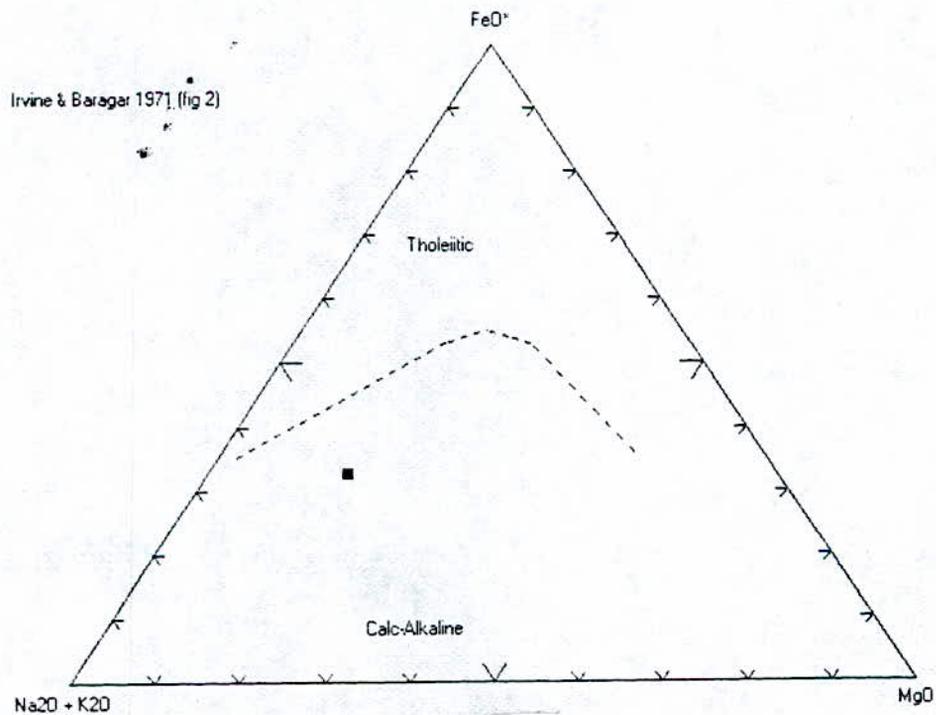


Fig.53

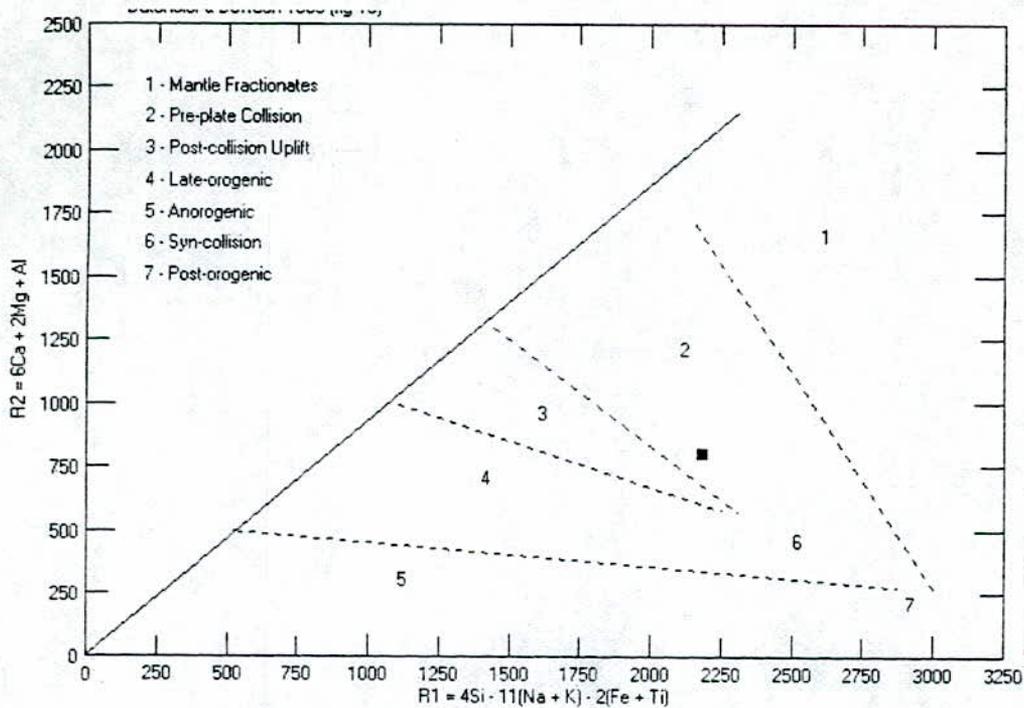


Fig.54

4 - Analyse de granites du type des Iforas

Le diagramme de nomenclature de Debon et le Fort (Fig. 55) montre que les échantillons fortement trois groupes :

- Les échantillons (ech : g 12, g 10, g c 191) sont localisés dans le domaine (1), c'est à dire qu'ils sont de composition granitique.

- Les échantillons (ech : ed 203, g 8, g9, g11) sont localisés dans le domaine (2), cela veut dire qu'ils sont des adamellites.

- Les échantillons (ech : g 14, DD 99, g 7, g 15) sont localisés dans le domaine (3), cela suggère qu'ils des granodiorites.

Les roches de cette région ont une composition variée allant de Granodiorite aux granites en passant par les adamellites.

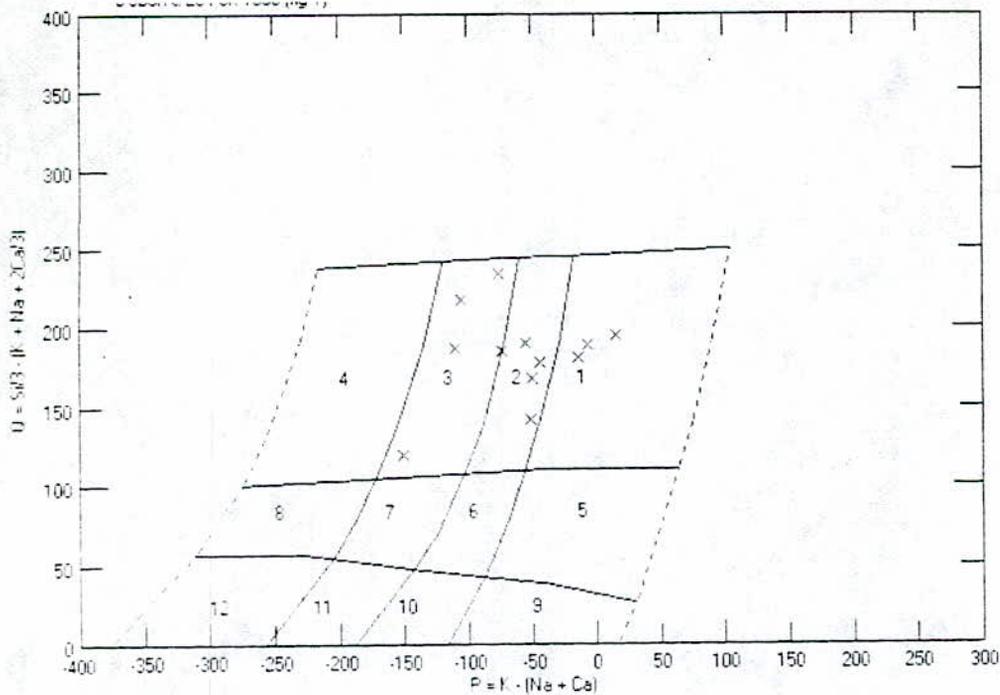


Fig.55

Selon le diagramme des minéraux caractéristiques de Debon et le Fort, on observe la localisation des échantillons en quatre secteurs (Fig. 56) :

- Secteur I : les échantillons (ech : g 14, g 10, g 89, g 8) sont provenus des roches à deux micas, avec biotite > moscovite.
- Secteur II : les échantillons (ech : ed 203, g 12, dd 99, ca 191) sont provenus des roches à deux micas, avec biotite > moscovite.
- Secteur III : les échantillons (ech : g 7, g 15, g 13) sont provenus des roches à biotite.
- Secteur IV : l'échantillon (ech : g 11) est provenu des roches à biotite, amphibole.

C'est à dire que ces roches à horblende, à biotite et à moscovite.

Le diagramme rectangulaire d'Irvine Baragar montre que les échantillons sont en majorité de nature Sub-alkaline (Fig. 57) et de nature calco-alkaline (Fig.58)..

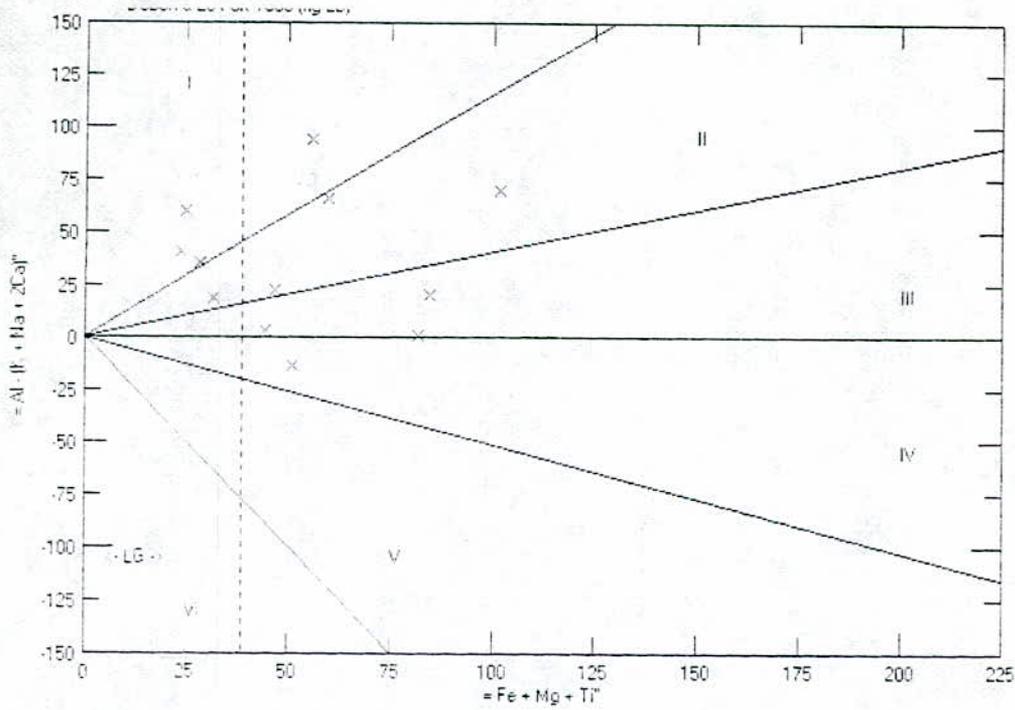


Fig. 56

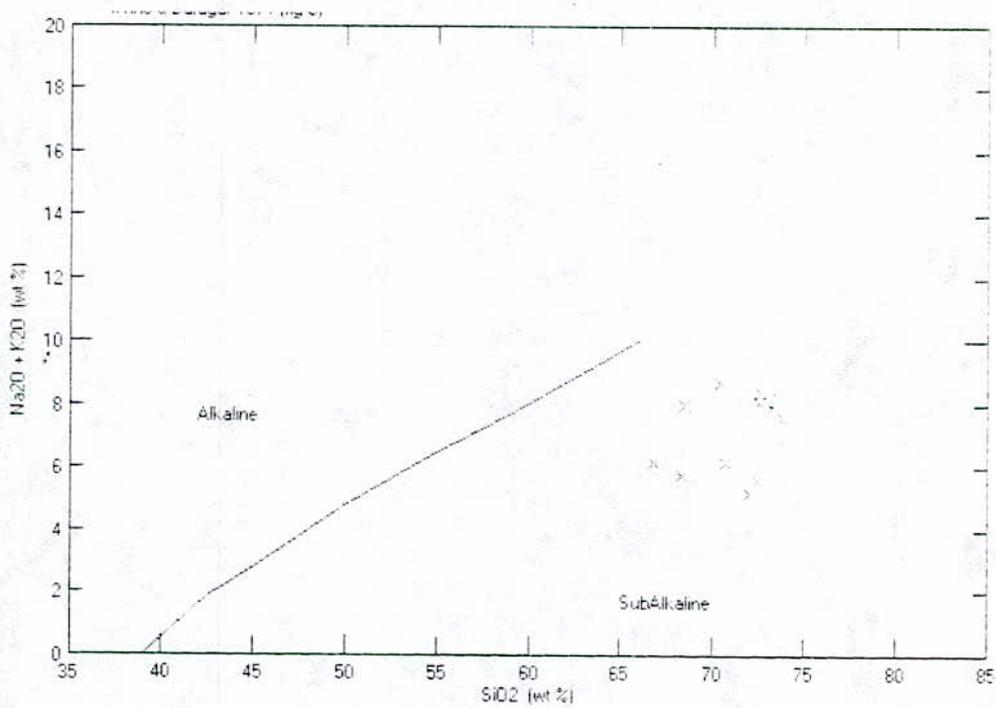


Fig. 57

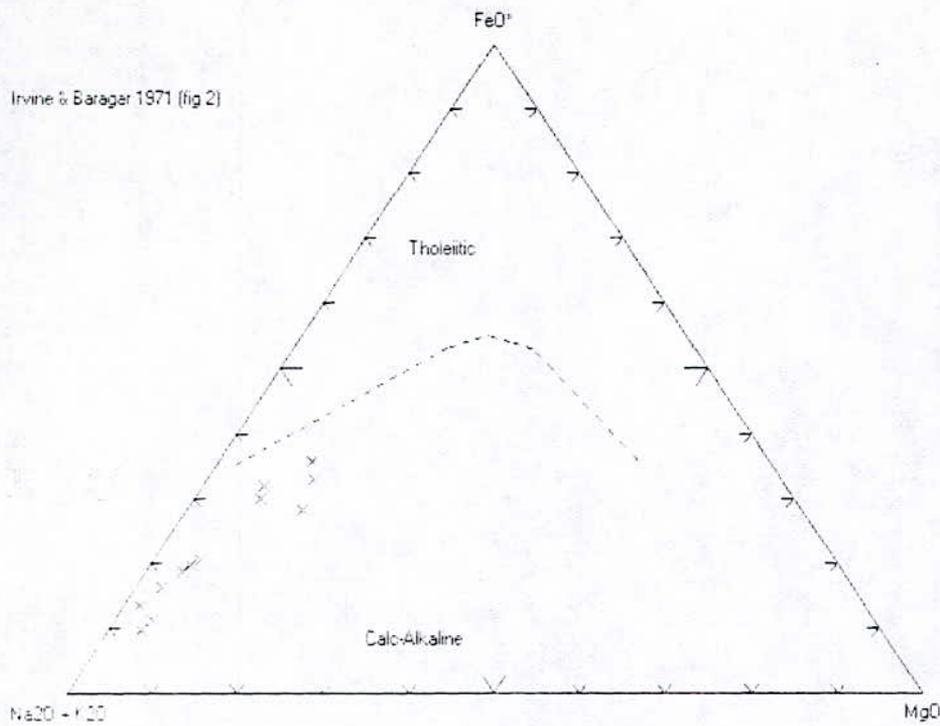


Fig.58

D'après le diagramme rectangulaire Batchelor et Bowden (1985) montre que les échantillons se localisent en plusieurs domaines allant du domaine pré-tectonique jusqu'au domaine tardi-orogénique (Fig. 59).

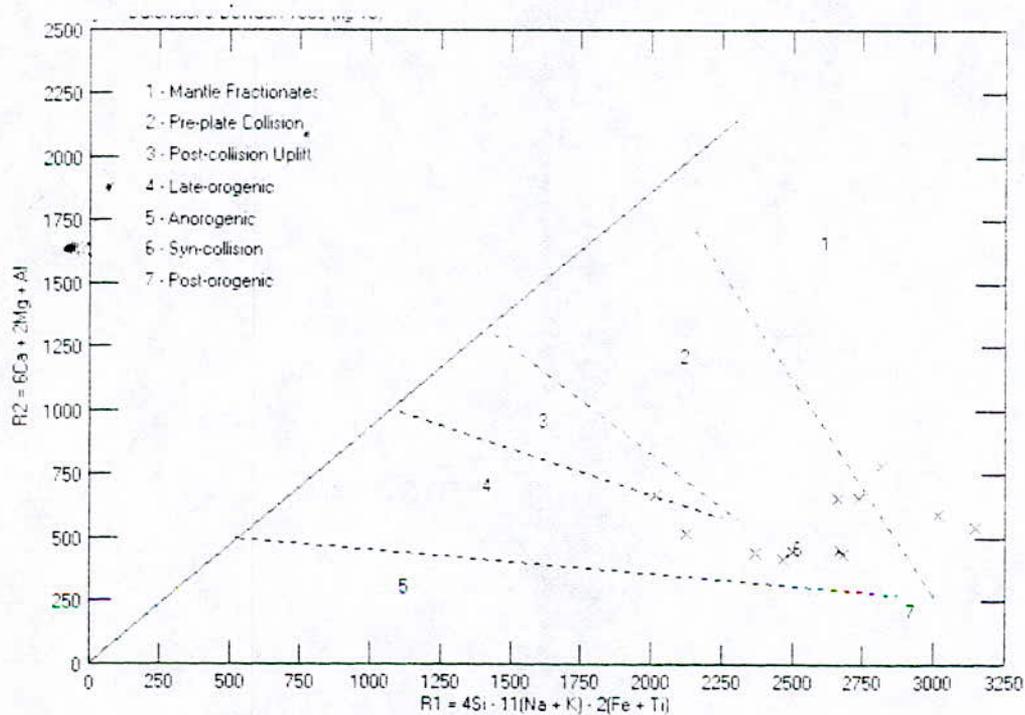
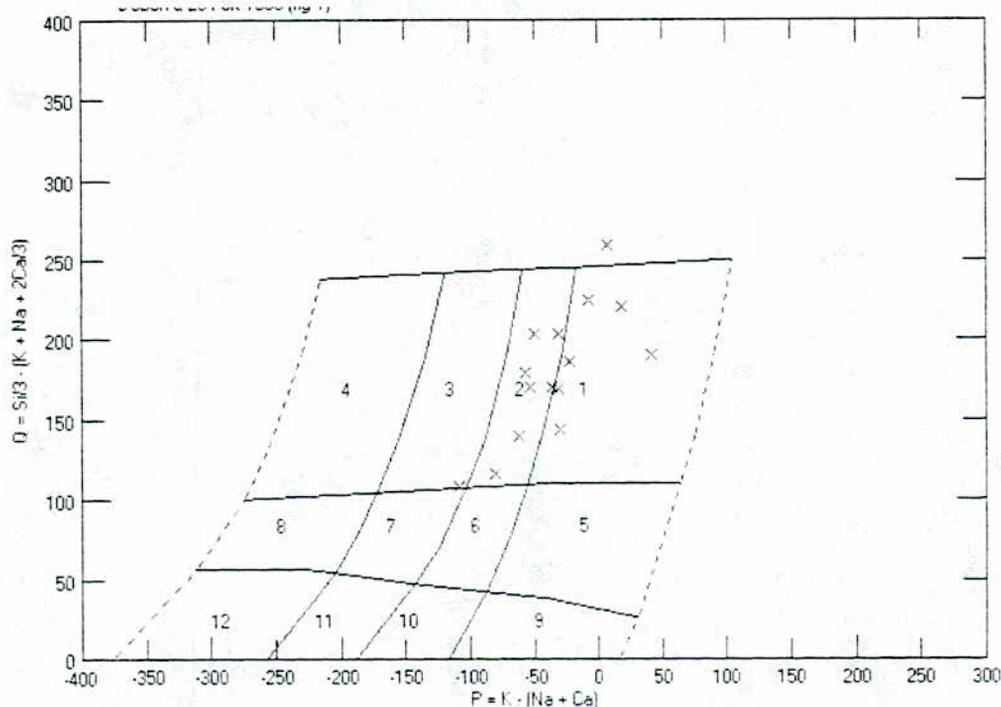


Fig.59

5 - Analyses de granites à aegyrine et amphiboles ou à amphibole sodique seule du Sahara

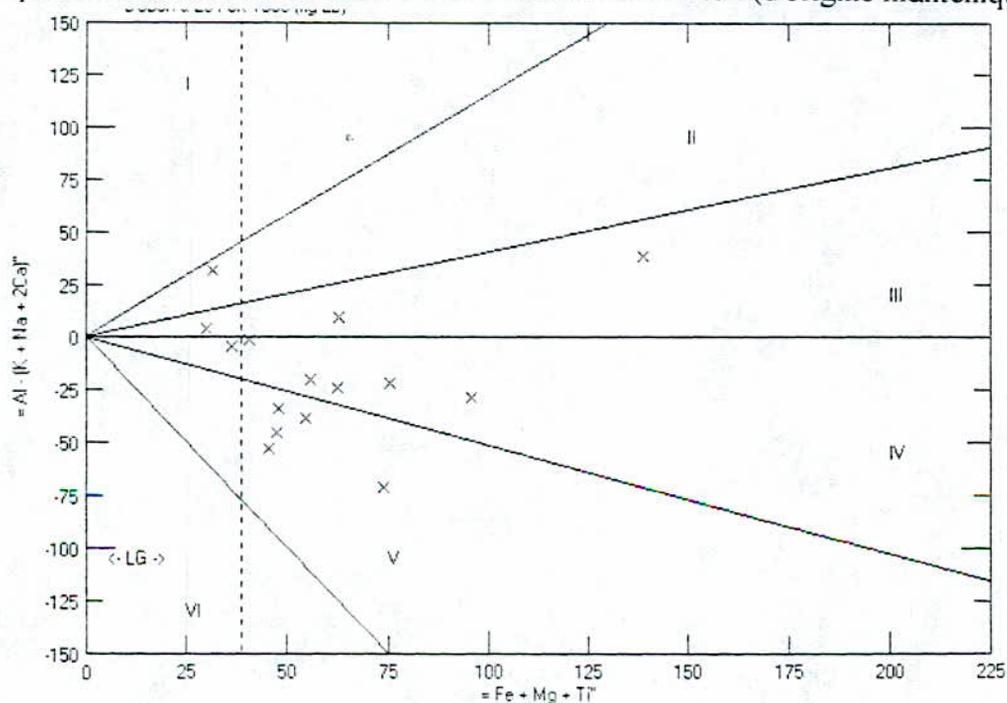
Selon le diagramme de nomenclature de Debon et Le Fort, les roches du Sahara forment des granites des adamellites et des granodiorites (Fig. 60).

Fig.60



D'après le diagramme des minéraux caractéristiques (Fig. 61), ces roches sont à deux micas (ech : g 22), à biotite (ech : gb 454, hc 41, g 27) à amphibole (ech : g 20, e 16, g 17, g 23, g, 26, g 24) et à clinopyroxène, amphibole (ech : g 19, Ib 234, g 18, g 21, g 25) il est à noter que les échantillons de secteur IV et V sont métalumineux (d'origine mantellique).

Fig.61



Le diagramme rectangulaire d'Irvine Baragar (1971) montre que tous les échantillons sont de nature calco-alcaline, une exception faite pour deux échantillons (ech : g 24, g 27) qui sont de nature tholéitique (Fig. 62).

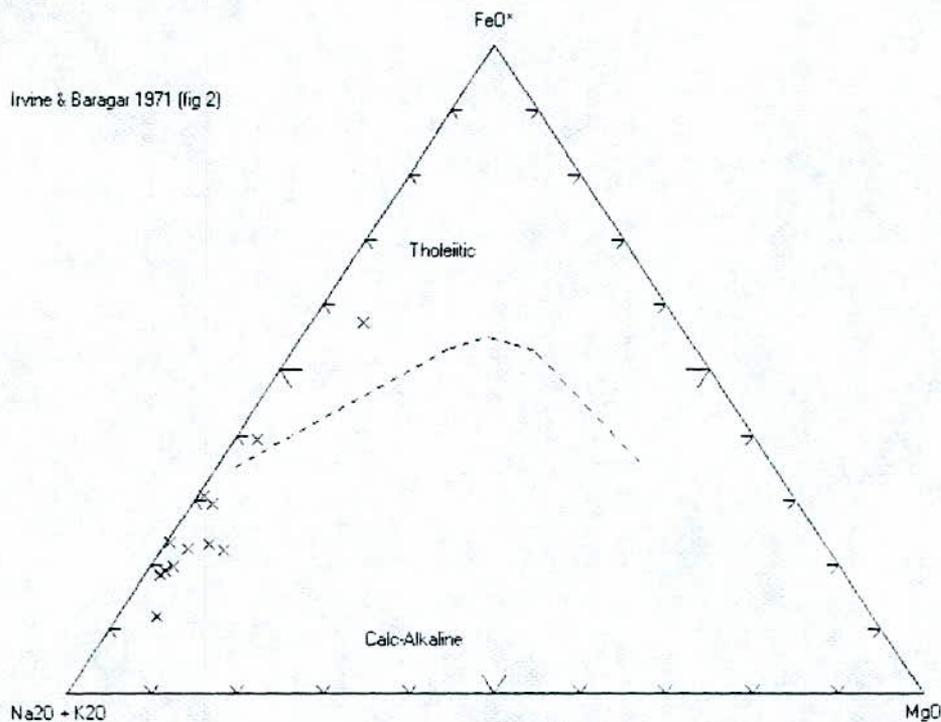


Fig.62

D'après le diagramme rectangulaire de Batchelor et Bowden (1985), on constate que la majorité des échantillons se localisent dans le domaine (6) et (7) post-orogénique (Fig. 63).

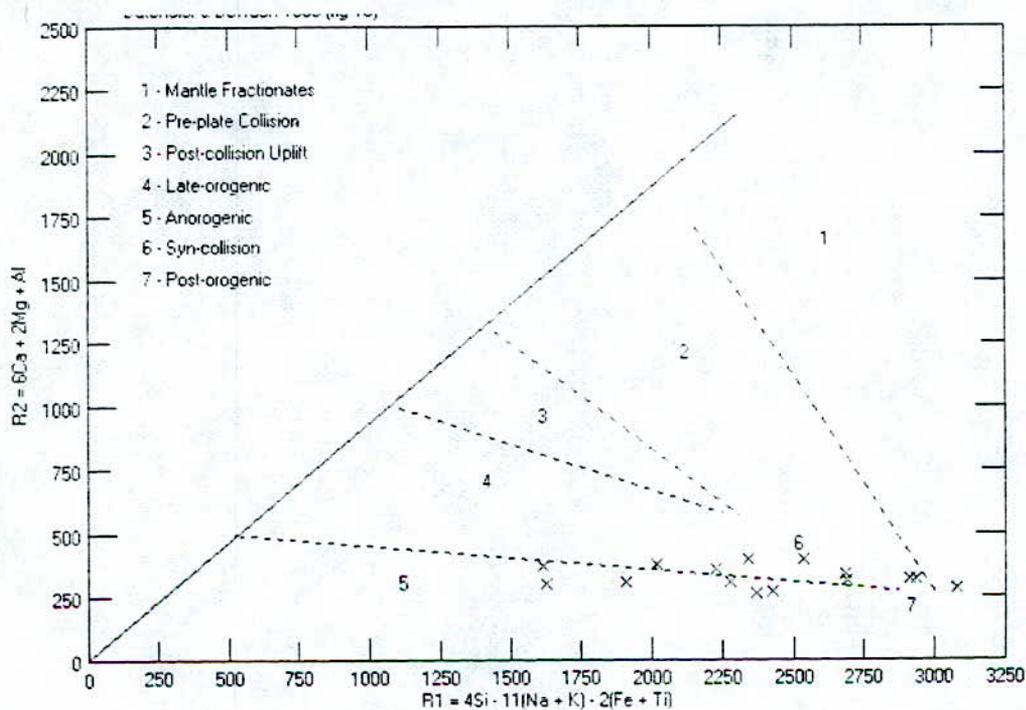


Fig.63

On peut noter comme remarque que les échantillons sont énormément potassique selon le diagramme de la maître (1989) (Fig. 64).

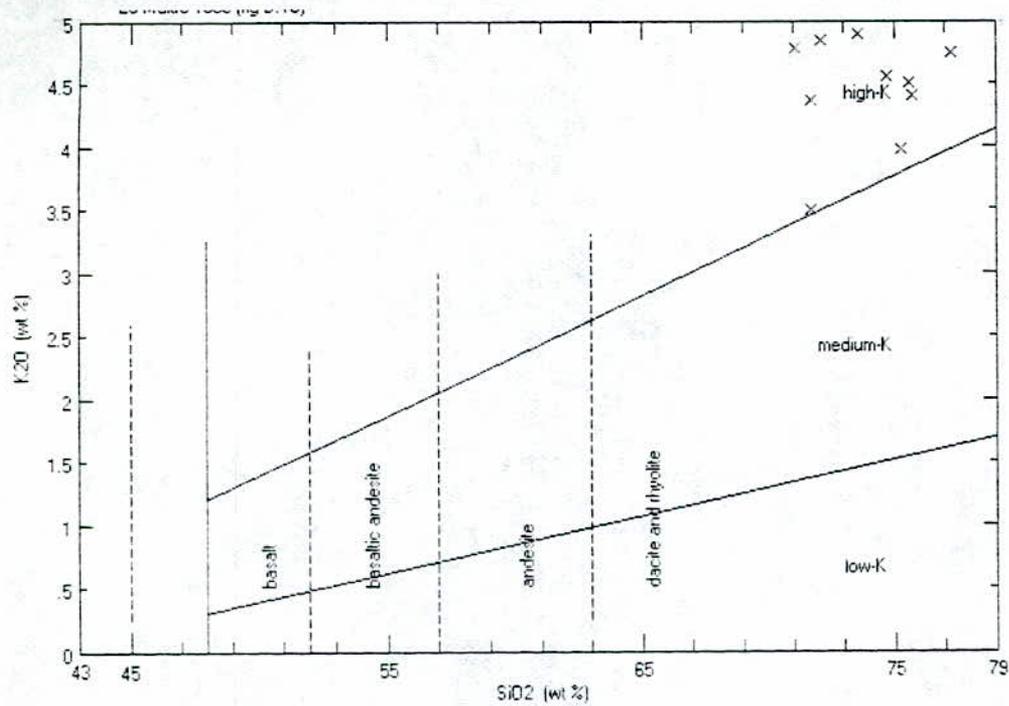


Fig.64

6 - Analyse de quelques svénites à néphéline (Fovaîtes)

Les analyses concernant les différents régions sont classés suivant le diagramme nomenclature en groupe de syénite (ech : s 39, s 40,) (Fig. 65). On note que les échantillons (ech : S33, S34, S36, S37, S38, Ic 118, mc 119) ; sont localisés hors grille de classification ce qu'il fait penser que les échantillons peuvent être des filons ou de nature indéterminée.

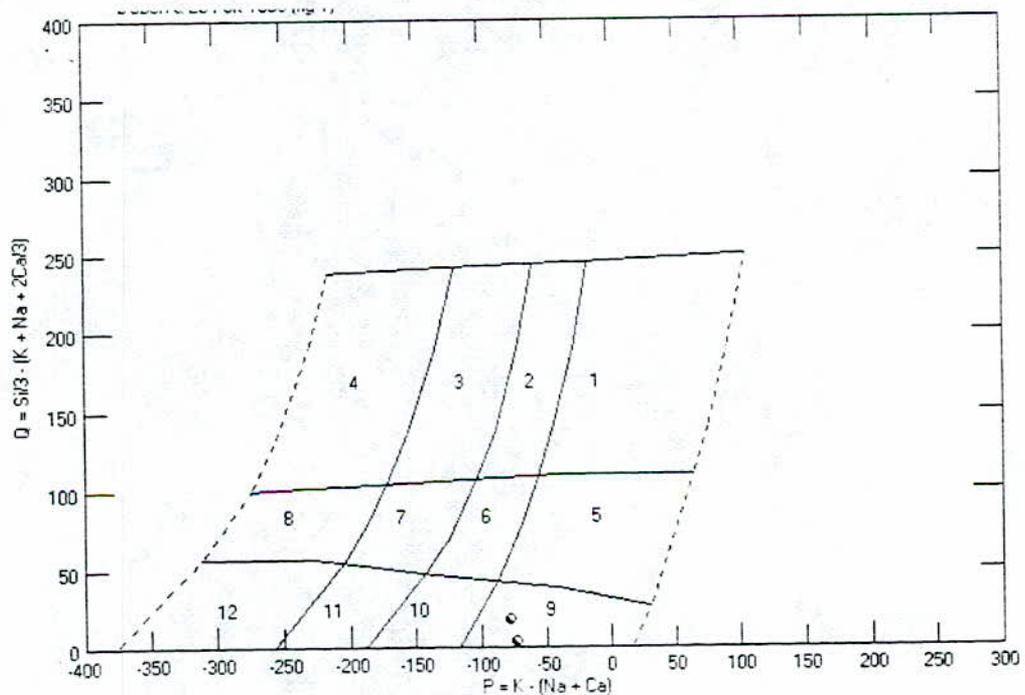


Fig.65

- Pour le groupe de syénite (ech : s 40, s 39) on remarque que syénite (ech : s 39) situe dans le domaine (entre préalumineux et **aluminium) c'est à dire hybride tandis que le syénite (ech : s 40) est peralumineux (Fig. 67).

Le syénite (ech : s 40) localisé dans le secteur IV tandis que (ech : s 39) localisé entre (secteur III et IV).

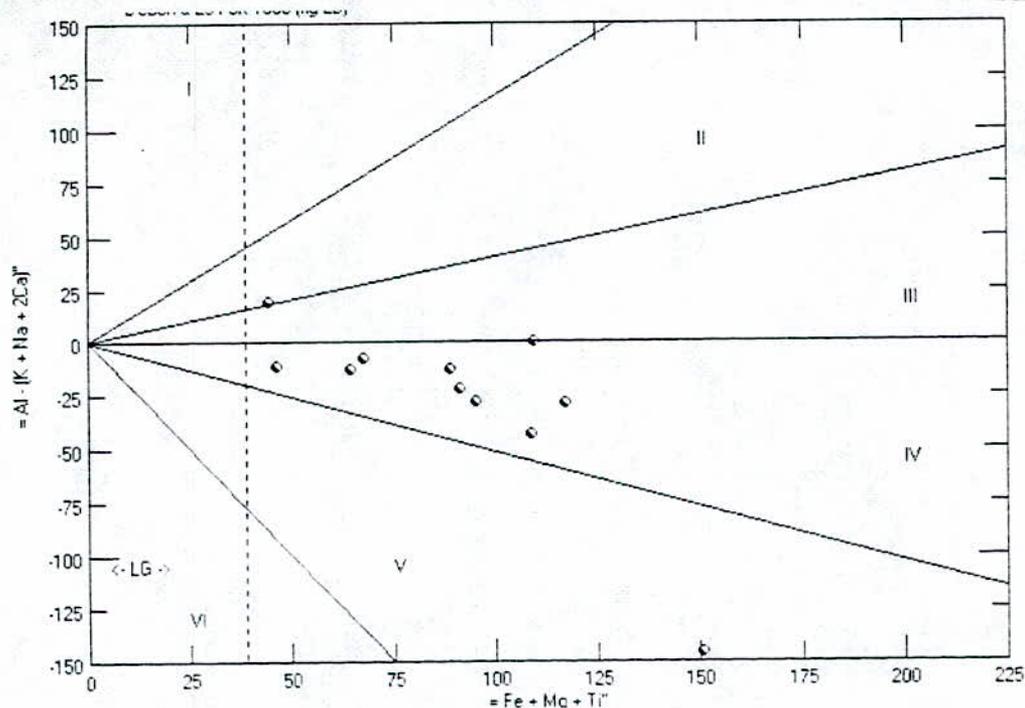


Fig.67

D'après Irvine Baragar (1971), on constate que le groupe de syénite est alcalin dont la nature est calco-alcaline (ech : s 40) et pour (ech : s 39) nature hybride (entre tholeitique et calco-alcaline) (Fig. 68).

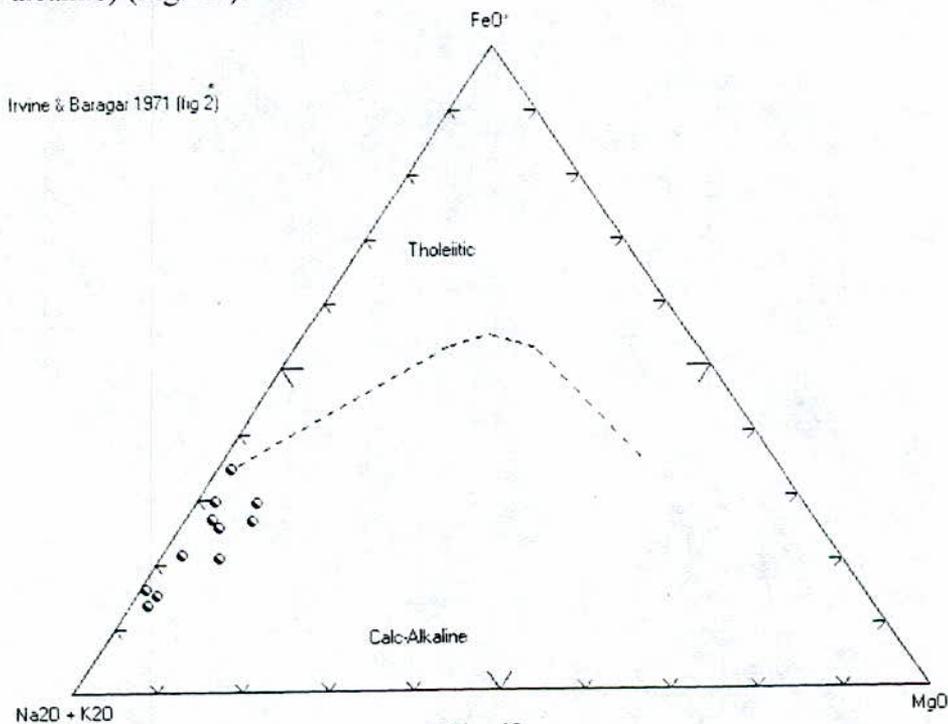


Fig.68

Pour la mise en place de ce syénite (ech : s 39, s 40).

On constate que le formation peut être ancienne, c'est à dire indépendant de cette orogénèse (Fig. 69).

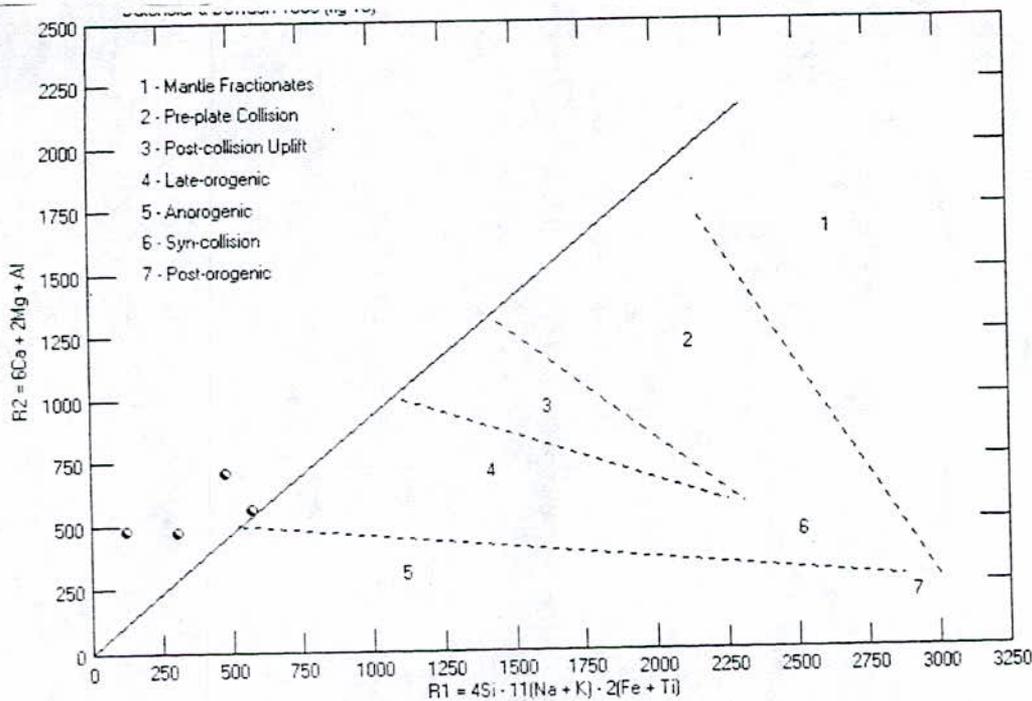


Fig.69

7 - Syénites quartzifères à aegyrine et amphiboles sodiques

Le diagramme de nomenclature P fonction Q de Debon et le Fort montre que les échantillons se répartissent en quatre domaines (Fig.70) :

- Domaine (2) des adamellites (ech : Sy 44)
- Domaine (5), des syénites (ech : Sy 43, Sy 42)
- Domaine (6) des quartz monzites (ech : Sy 47, Sy 45)
- Domaine (9), des syénites (ech : Sy 46, Sy 48)

D'après le diagramme des minéraux caractéristiques de Debon et le Fort (Fig. 71) nous avons remarqué des échantillons en trois secteurs :

- Secteur III : On trouve l'échantillon (ech : Sy 43) donc il correspond aux roches à biotite.
- Secteur IV : nous indique que les échantillons (ech : Sy 44, Sy 42, Sy 46) sont des roches à biotite, amphibole plus ou moins pyroxène.
- Secteur V : les échantillons (ech : Sy 45, Sy 48) sont composés de clinopyroxène et amphibole. Ils sont des roches métalumineux.

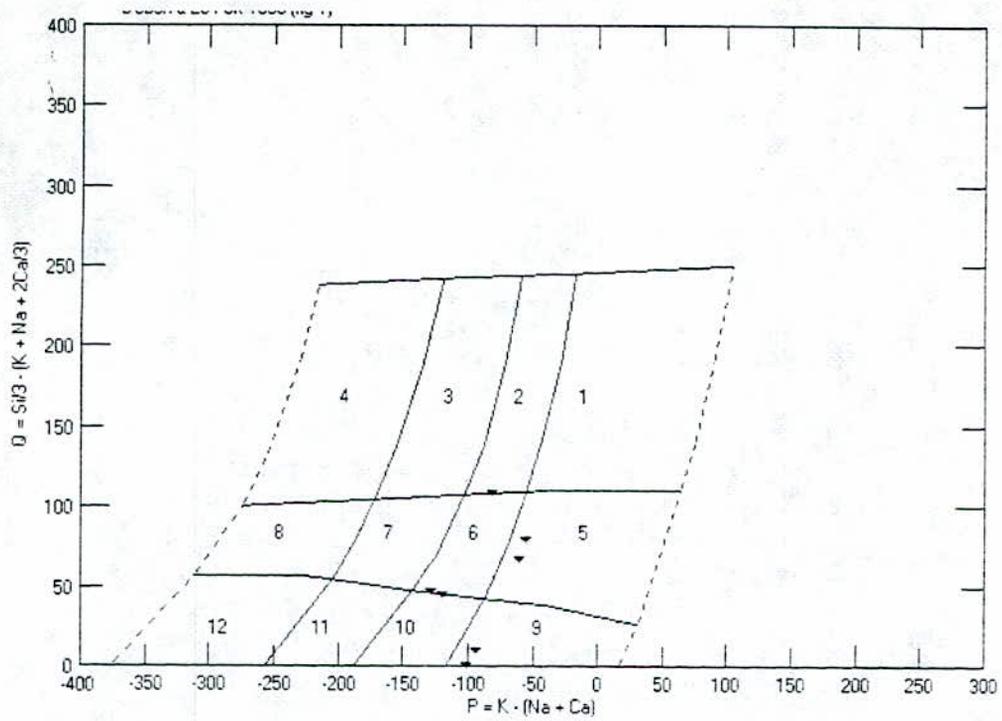


Fig.70

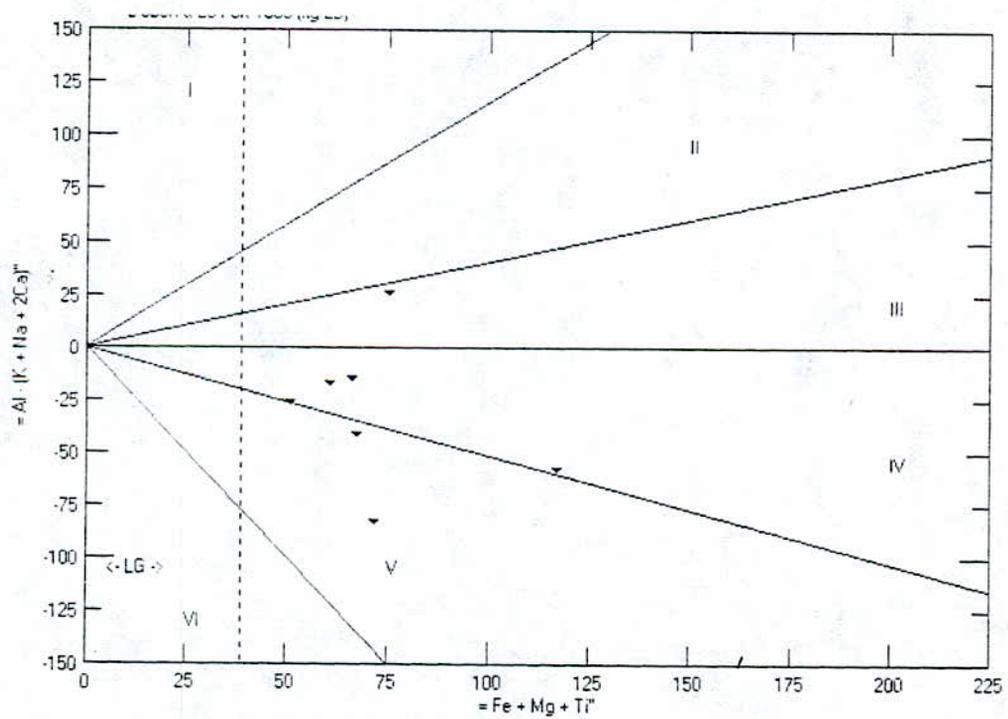
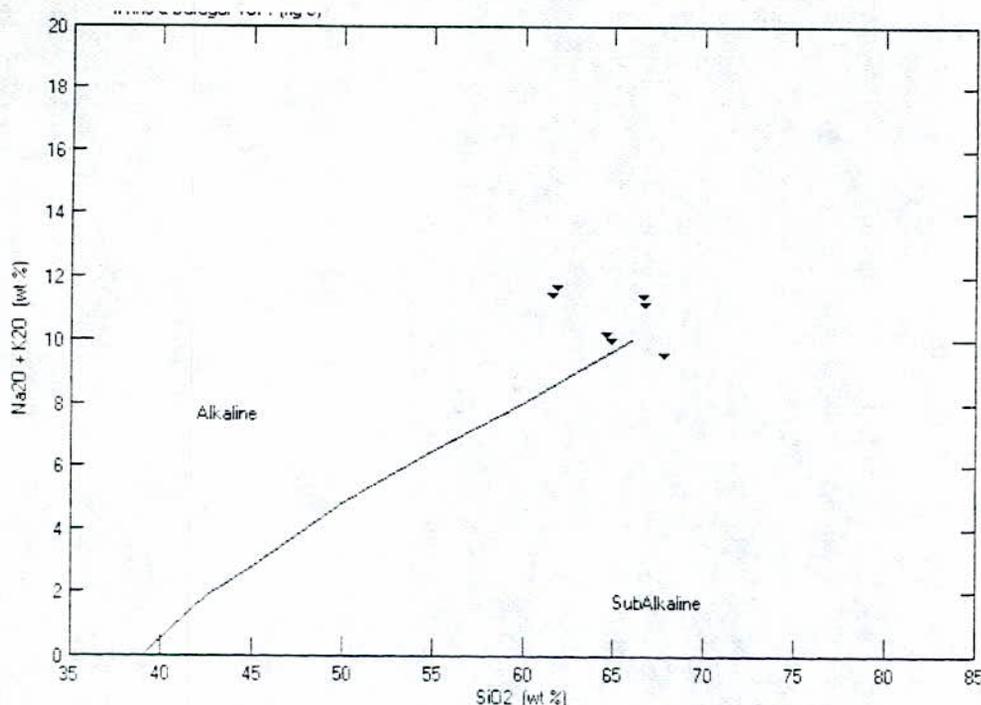


Fig.71

Le diagramme rectangulaire d'Irvine Baragar montre que les échantillons sont en majorité de nature : -alcaline (Fig. 72).

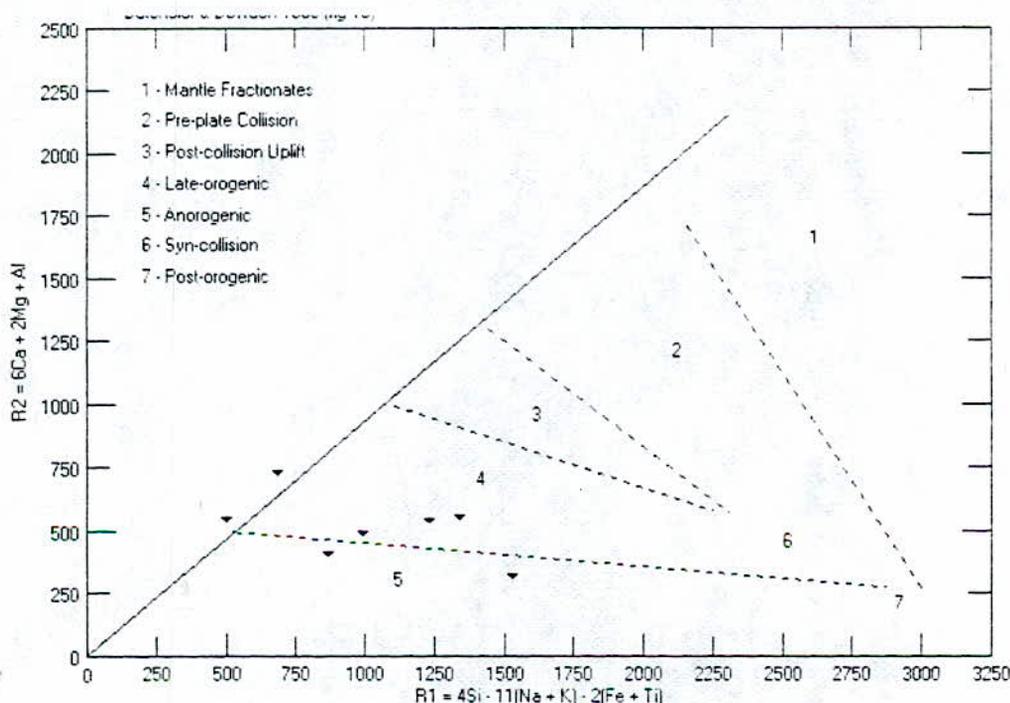
Fig.72



Dans le diagramme rectangulaire Batchelor et Bowden (1985) les échantillons occupent deux domaines :

Domaine (4) où les échantillons (ech : Sy 43, Sy 42, Sy 47) se sont tardi-orogénique, alors que le domaine (5) est occupé par les échantillons (ech : Sy 45, Sy 44) correspond à une période anorogénique, c'est à dire que leur mise en place est indépendamment de tous mouvements orogéniques (Fig.73) :

Fig.73



8 - Analyses de quelques roches intermédiaire ou basiques.

D'après le diagramme de nomenclature (Fig. 74) Il s'agit des :

- 1° Tonalites (ech : d 57)
- 2° Quartz monzonites (ech : d 58)
- 3° Quartz diorite (quartz gabbro, quartz anorthosile) (ech : pd 56)
- 4° Gabbros (ech : d59, d60, d61) sont tous des métalumineux.

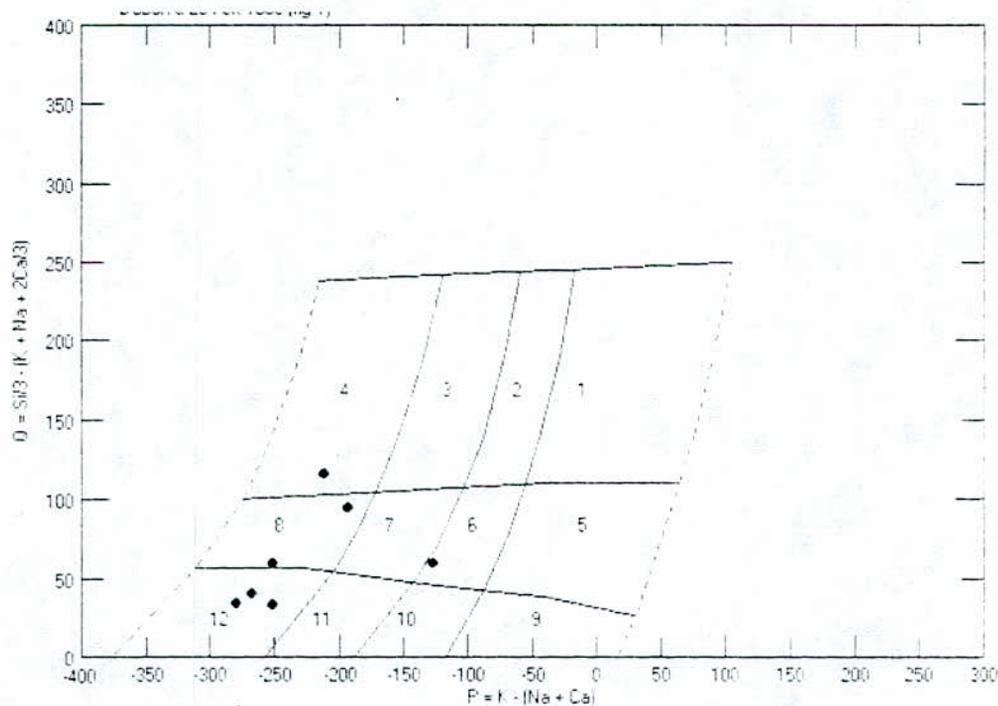


Fig.74

9 - Analyse de quelques phonolites et microsvénites

D'après le diagramme des minéraux caractéristiques Debon et Le Fort les roches sont à biotite plus ou moins muscovite (Fig. 75), d'autre sont à hornblende (Fig. 75).

Le diagramme Ivrine Baragar montre que la majorité des échantillons se situent dans le domaine alcalin (Fig. 76).

On note que ces échantillons n'apparaissent pas sur le diagramme Batchelor et Bowden ce qui indique la mise en place est indéterminée.

Fig.75

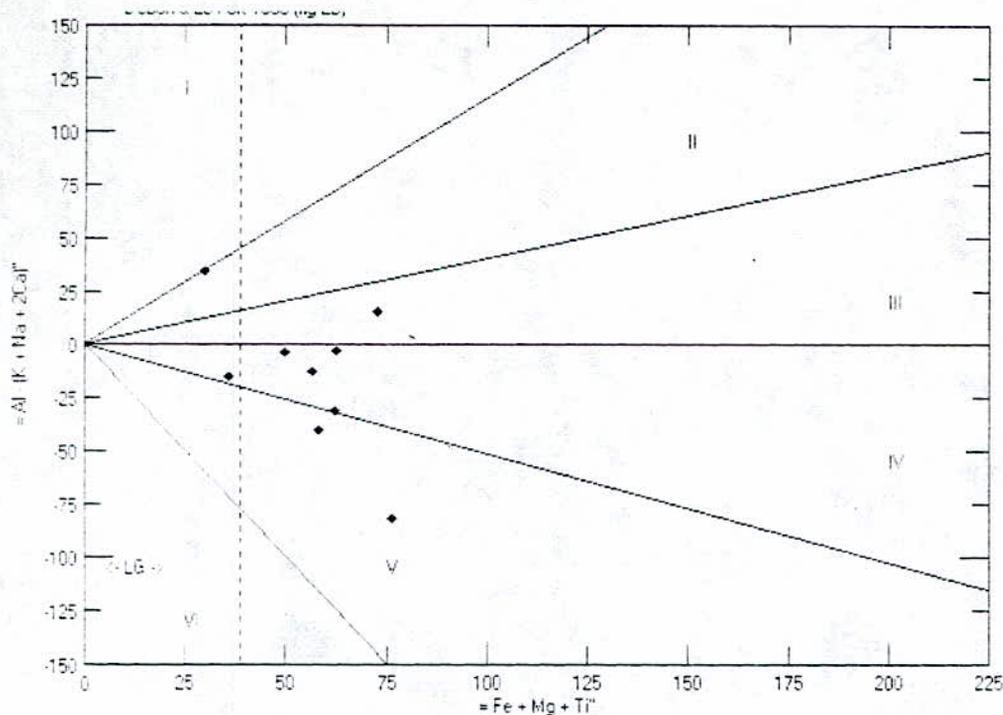
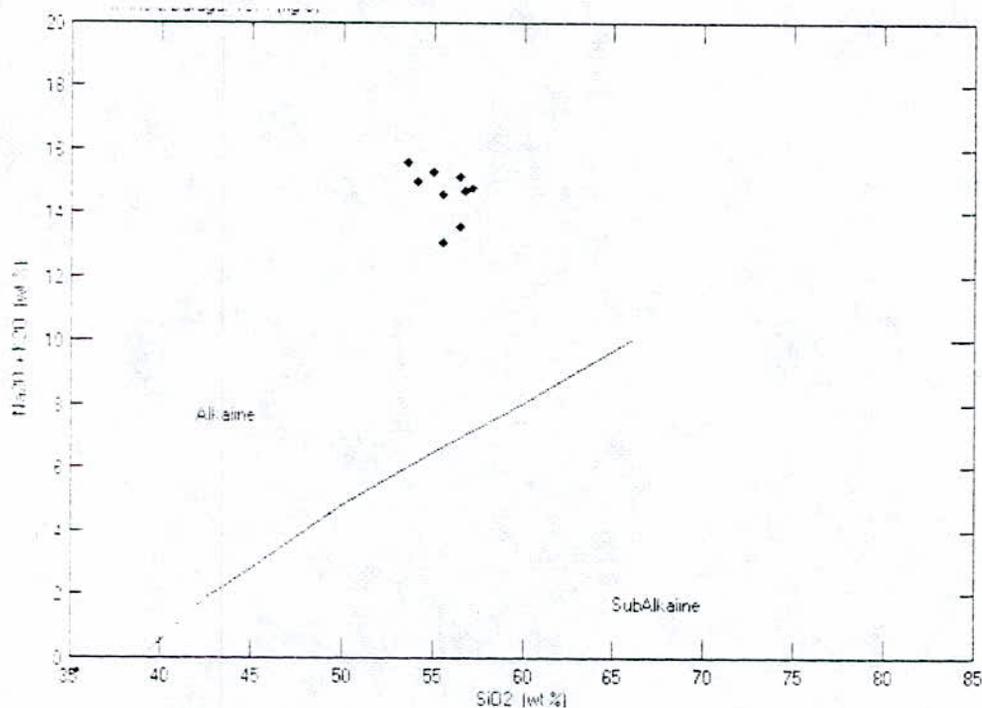


Fig.76



Remarque

D'après les diagrammes précédents ces échantillons sont fortement potassiques (high K) cela veut dire que ces plutons sont formés à l'intérieur du domaine continental donc l'origine crustal de la mise en place dans la phase orogénique donc on peut dire sur les échantillons qui n'apparaissent pas sur le diagramme de nomenclature appartiennent au groupe de granite en plus de ça tant que la nature est calco-alcaline donc étroitement associés à l'édification des chaînes des montages ou les zones de subductions.

Conclusion générale

L'évolution géologique au Hoggar est étroitement liée à l'évolution orogénique panafricaine dans l'espace et dans le temps, par ailleurs la compréhension de l'origine et de l'évolution magmatique des granitoïdes des régions d'étude nécessite une comparaison avec ceux de l'Adrar au Mali qui sont les mieux étudiés. Nous savons que l'Adrar des Iforas constitue le prolongement Sud de la chaîne pharasienne (Hoggar occidental).

Donc l'étude pétrographique et géochimique nous a conduit à subdiviser le magmatisme des zones d'études en deux séries distinctes :

*** - La série des granitoïdes calco-alcaline:**

Elle est représentée par des granites types Tourirts anti-mylonites, de nature calco-alcaline, Orientés, composés microscopiquement du microline et du biotite plus ou moins Amphiboles, les types les plus représentatifs sont les granites de (Ahelehedj, In tounine, Anfeg, Tifferkit). Cette série est d'origine lithosphérique due à un mélange de magmas crustal et mantellique.

*** - La série des granitoïdes alcaline:**

Elle a une tendance géochimique alcaline, composée de granitoïdes post-mylonites, non orientée et non écrasés, à Amphiboles sodique et micropertithes les plus représentatifs sont les granites d'Abonkor et d'Adrar des Iforas, les granitoïdes alcalins sont (les phonolites et les microsénites) associés à des rhyolites et des ignimbrites aboutissent avec une différenciation plus pauvre en silice à des types syénitique et trachytique, la mise en place du magmatisme alcalin, est-elle liée à une réactivation de failles de décrochement pan-africaine, ou à un régime de distension, ou bien à un soulèvement (bombement) du socle.

Les données géochimiques indiquent que la transition d'un magmatisme calco-alcalin à alcalin marque un changement de source mantellique qui aurait été provoqué par renversement du champ des contraintes.

En Afrique, les granites à aegyrine et Amphiboles sodiques (riébeckites) sont toujours répondus avec les mêmes caractères, ils forment des provinces de complexes alcalins paléozoïques dans le monde sont généralement sursaturés en quartz, tandis que ceux du mésozoïque sont sous-saturés avec l'apparition des carbonatites, c'est le cas dans le rift Ethiopien et le triangle d' Afar où on assiste à la formation d'une marge passive à lithosphère mince.

Une liaison paragénetique de toutes les minéralisations du Hoggar (Or, U, Sn, W) avec le magmatisme évolue calco-alcalin et alcalin.

Les solutions hydrothermales de ce magmatisme ont lissivé des roches encaissantes anciennes.

Nous savons que le bouclier Touareg a subi un soulèvement provoquant des bouleversements structuraux, accompagné d'une phase de distension avec un développement d'un système de failles profondes qui a favorisé l'émergence d'un magmatisme, d'origine astérogénique pourrait faire du Hoggar une province alcaline, perspective en minéralisation de W, Sn, U, Au et terres rares caractère que l'on trouve dans celle du Niger et du Nigeria, d'âge bien postérieur.

Au Nigeria, l'association des gisements à biotite et des granites à riébeckite est un fait à noter, on peut se demander si, par analogie, les granites post-tectoniques à biotite, et ceux à riébeckite ne sont pas deux différentes séries d'un seul magma parent, il est probable que ceux lignées présentent des relations génétiques étroites.

ANNEXES

-La région de Tamanrasset..

Sample	anveg ot19	anveg ot47	anveg ot24	anveg ot14	tifferkit ot29:	tifferkit ot32	ahelhedj ot225	ahelhedj ot231	ahelhedj ot235
SiO ₂	66.84	65.41	69.56	71.91	71.62	70.96	71.70	74.59	71.16
TiO ₂	0.77	0.83	0.48	0.22	0.30	0.35	0.35	-	-
Al ₂ O ₃	15.30	16.05	14.78	14.64	14.74	14.57	13.77	12.51	13.26
Fe ₂ O ₃	3.89	5.05	2.89	1.86	2.34	2.55	2.81	2.87	2.63
MnO	0.07	0.08	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
MgO	1.45	1.77	0.91	0.28	0.72	1.20	0.44	0.30	0.29
CaO	3.15	3.76	2.48	1.36	1.81	2.00	1.27	1.00	1.03
Na ₂ O	3.82	4.09	3.52	3.43	3.26	3.35	3.24	3.20	3.23
K ₂ O	4.10	2.56	3.99	5.69	4.72	4.63	5.36	5.15	5.25
P ₂ O ₅	0.26	0.34	0.11	0.08	0.26	0.09	0.04	-	-
Total	99.65	99.94	98.77	99.50	99.82	99.74	99.02	99.66	96.90
H ₂ O	0.54	0.51	1.06	0.40	0.57	0.75	1.30	0.56	1.33
Mg f	42.47	40.97	38.41	22.97	37.86	48.24	23.67	17.15	17.92
Sr	-	-	1.50	1.00	5.50	-	22.00	-	9.50
Y	-	-	0.10	0.20	0.50	-	3.80	-	4.00
K	34035	21251	33122	47234	39182	38435	44495	42752	43582
Rb	136	9	135	979	220	193	350	332	356
Ba	877	470	1002	146	655	569	378	280	316
Sr	512	594	623	271	277	191	73	69	76
Li	-	-	-	-	-	-	51.00	-	47.00
Ti	4616	4976	2878	1319	1799	2098	2098	-	-
Y	25	23	-	5	-	15	60	-	50
La	41.90	63.10	-	37.80	-	42.40	78.60	-	71.90
Ce	82.30	113.80	-	66.80	-	82.20	146.00	-	148.00
Nd	42.80	53.70	-	26.10	-	30.20	60.90	-	54.10
Sm	7.60	9.70	-	4.00	-	5.60	11.90	-	10.90
Eu	1.70	2.10	-	1.00	-	1.00	1.00	-	1.10
Gd	6.10	7.10	-	2.90	-	3.70	9.70	-	7.80
Dy	4.00	4.30	-	1.20	-	2.40	8.80	-	7.40
Er	2.00	1.90	-	0.70	-	1.20	4.90	-	4.20
Yb	1.90	1.80	-	0.40	-	1.30	5.50	-	4.60
Lu	0.30	0.30	-	0.10	-	0.20	0.80	-	0.60
F	-	-	-	-	-	-	0.25	-	0.27

Sample	leucograni	leucograni	leucograni	leucograni	leucograni	leucograni
	OT 227	LH 154	LH 157	LH 36	0t84	0t274
SiO ₂	74.66	75.89	74.11	72.40	75.86	74.58
TiO ₂	0.16	-	0.05	-	-	0.04
Al ₂ O ₃	13.34	13.99	14.48	16.30	14.18	13.02
Fe ₂ O ₃	1.05	0.68	0.86	0.17	0.63	1.26
MnO	0.05	0.06	0.06	0.02	0.05	0.09
MgO	0.03	0.09	-	0.09	-	0.03
CaO	0.33	0.22	-	1.06	0.18	0.49
Na ₂ O	3.54	4.11	3.77	5.64	4.21	3.61
K ₂ O	4.46	4.42	3.85	1.74	4.22	3.99
P ₂ O ₅	-	-	-	-	0.09	-
Total	97.62	99.46	97.18	97.42	99.42	97.11
H ₂ O	1.56	0.63	1.47	2.25	0.66	1.74
Mg f	5.36	20.77	0.00	51.18	0.00	4.50
Sr	284.00	47.00	-	272.00	117.00	-
W	14.00	4.80	-	60.00	5.60	-
K	37024	36692	31960	14444	35031	33122
Rb	903	891	998	236	765	783
Ba	12	22	45	99	9	33
Sr	10	14	21	88	9	38
Li	544.00	398.00	489.00	104.00	203.00	424.00
Ti	959	-	300	-	-	240
Y	107	-	-	-	115	114
La	34.10	-	-	-	16.50	9.80
Ce	81.60	-	-	-	50.30	37.10
Nd	37.70	-	-	-	30.40	17.00
Sm	12.40	-	-	-	12.20	9.30
Bu	0.30	-	-	-	0.10	0.20
Gd	11.50	-	-	-	11.20	8.50
Dy	16.60	-	-	-	21.70	15.80
Er	9.90	-	-	-	16.70	10.80
Yb	13.70	-	-	-	33.20	17.60
Lu	1.90	-	-	-	4.80	2.40
F	0.95	0.67	0.85	2.08	0.49	1.09

File Name	in tounine in tounine in tounine in tounine in tounine				
Sample	LH47	0t63	0t73	0t64	0t276
SiO ₂	73.78	76.35	76.07	76.38	78.04
TiO ₂	0.23	0.14	0.12	0.07	-
Al ₂ O ₃	12.40	12.40	12.47	12.40	12.16
Fe ₂ O ₃	2.23	1.75	1.68	1.37	0.68
MnO	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02
MgO	0.03	0.14	0.03	-	-
CaO	0.78	0.62	0.66	0.52	0.27
Na ₂ O	2.81	3.13	2.75	3.32	3.88
K ₂ O	5.25	5.38	5.21	4.88	4.00
P ₂ O ₅	0.06	-	-	-	-
Total	97.61	99.94	99.02	98.98	99.05
H ₂ O	1.27	0.51	0.61	0.78	0.74
Mg #	2.60	13.68	3.42	0.00	0.00
Sn	11.00	-	-	2.70	-
W	2.00	-	-	2.70	-
R	43582	44661	43250	40510	33205
Rb	378	401	341	736	495
Ba	304	86	172	31	193
Sr	62	22	38	31	9
Li	95.00	-	-	-	-
Ti	1379	839	719	420	-
Y	-	146	119	-	147
La	-	52.20	90.70	-	36.90
Ce	-	114.30	181.50	-	82.70
Nd	-	56.50	91.70	-	45.60
Sm	-	16.20	20.90	-	14.70
Bu	-	0.50	0.90	-	0.40
Gd	-	15.40	18.30	-	14.60
Dy	-	18.60	17.80	-	18.90
Er	-	10.80	9.20	-	11.10
Yb	-	11.50	9.60	-	13.80
Lu	-	1.60	1.40	-	1.90
F	0.35	-	-	-	-

-La région de L'Adrar des Iforas

File Name	nb 290	ob 22	t 49	t 50	t 51	t 52	t 53	t 54	t 55	d161
Sample										
SiO ₂	54.15	56.75	55.54	56.54	56.50	53.60	57.24	55.56	55.00	65.20
TiO ₂	0.25	0.35	-	0.30	0.21	0.23	0.28	0.20	0.30	0.70
Al ₂ O ₃	19.50	21.05	21.18	22.33	24.54	23.74	21.64	21.36	21.25	16.60
Fe ₂ O ₃	5.00	3.10	1.56	1.43	1.70	4.81	3.31	1.62	3.20	2.30
FeO	0.57	0.94	2.15	1.18	0.27	0.47	0.34	0.40	0.50	2.40
MnO	0.18	0.12	-	-	0.16	0.09	0.24	0.30	0.28	0.08
MgO	0.10	0.24	0.52	0.75	0.09	0.12	-	0.30	0.30	2.25
CaO	1.02	1.70	1.38	1.94	0.70	0.68	1.08	1.30	0.66	3.45
Na ₂ O	9.90	6.40	8.32	8.39	9.07	8.56	6.85	7.00	9.80	3.25
K ₂ O	5.10	8.30	4.73	5.20	6.09	7.05	7.94	7.60	5.50	3.70
P ₂ O ₅	-	0.01	0.06	-	-	-	0.09	0.04	0.05	0.36
Total	95.77	98.96	95.44	98.06	99.33	99.35	99.01	95.68	96.84	100.29
H ₂ O	3.55	0.55	-	-	0.97	1.17	1.09	4.66	3.10	0.40
Mg #	3.40	10.29	20.68	35.14	8.18	4.27	0.00	22.35	13.66	47.29
K	42337	68901	39265	43167	50555	58524	65912	63090	45657	30715
Ti	1499	2098	-	1799	1259	1379	1679	1199	1799	4197
Cl	-	-	0.50	0.87	-	-	-	-	0.50	-

Sample	yu	sy42	sy43	sy44	sy45	sy46	sy47	sy48
SiO ₂	12.00	64.65	64.90	67.78	66.62	61.92	66.68	61.60
TiO ₂	36.00	0.50	1.05	0.18	0.34	0.78	0.26	-
Al ₂ O ₃	45.00	16.50	17.40	13.45	15.50	16.14	16.67	17.11
Fe ₂ O ₃	-	2.75	2.55	3.63	2.14	4.32	1.67	3.09
FeO	-	1.50	0.15	0.95	2.14	1.92	0.84	0.54
MnO	-	0.27	0.14	0.05	0.10	-	0.11	-
MgO	-	0.20	1.15	-	0.28	1.07	0.61	1.04
CaO	-	1.95	1.49	0.56	0.88	1.72	1.28	3.25
Na ₂ O	-	4.55	4.50	5.14	6.46	5.81	6.39	5.35
K ₂ O	-	5.70	5.50	4.43	4.93	5.89	4.74	6.11
P ₂ O ₅	-	0.13	0.24	-	0.08	0.13	0.14	-
Total	93.00	98.70	99.07	96.17	99.47	99.70	99.39	98.09
H ₂ O	-	0.24	0.50	0.61	0.50	0.25	0.34	0.63
Mg #	0.00	8.27	45.60	0.00	10.93	24.72	31.69	35.82
R	-	47317	45657	36775	40925	48895	39348	50721
Ti	215820	2998	6295	1079	2038	4676	1559	-

Sample	hc41	ib234	gb454	e16	g17	g18	g19	g20	g21	g22	g23	g24	g25	g26	g27
SiO ₂	73.60	75.60	77.10	77.20	74.62	75.72	71.70	74.70	73.59	75.29	73.55	72.10	71.08	70.84	71.72
TiO ₂	0.20	0.25	0.25	0.10	0.24	0.18	0.25	0.18	0.22	-	0.18	0.47	0.38	0.08	-
Al ₂ O ₃	11.90	10.25	11.54	11.30	12.09	10.62	13.95	12.78	12.50	13.33	12.20	11.62	11.46	12.36	9.60
Fe ₂ O ₃	3.25	2.23	0.95	1.85	0.66	1.01	2.03	0.80	2.04	0.52	2.75	3.37	5.08	5.57	8.93
FeO	0.87	1.50	0.29	0.65	2.12	2.35	0.75	1.37	1.12	1.40	0.26	2.68	0.41	0.34	0.34
MnO	0.05	0.07	0.04	-	0.07	0.01	-	0.09	0.04	-	-	-	0.05	0.15	0.28
MgO	0.30	0.11	0.45	0.30	0.60	-	0.35	0.21	0.07	0.22	0.90	0.41	-	-	0.89
CaO	0.25	1.01	0.67	0.80	1.22	0.54	0.78	0.44	1.22	0.64	1.08	1.08	0.76	0.64	0.48
Na ₂ O	2.61	3.35	2.60	2.90	3.31	4.35	5.80	4.41	4.56	3.80	3.74	3.57	5.19	4.02	1.82
K ₂ O	6.15	4.50	5.40	4.75	5.03	4.41	4.37	4.56	5.05	3.97	4.90	4.85	4.78	5.27	3.50
P ₂ O ₅	-	0.35	-	0.14	-	-	0.24	0.05	0.02	0.03	-	-	0.05	-	-
Total	99.18	99.22	99.29	99.99	99.96	99.19	100.22	99.59	100.43	99.20	99.56	100.15	99.24	99.27	97.56
H ₂ O	0.10	0.20	0.20	0.25	0.19	0.65	0.25	0.27	0.09	0.30	-	-	0.71	0.59	1.93
Mg f	12.35	5.29	41.19	18.76	28.26	0.00	19.49	15.19	4.05	17.35	36.97	11.34	0.00	0.00	15.92
K	51053	37356	44827	39431	41756	36609	36277	37854	41922	32956	40676	40261	39680	43748	29055
Ti	1199	1499	1499	600	1439	1079	1499	1079	1319	-	1079	2818	2278	480	-

Sample	lc118	mc119	s33	s34	s35	s36	s37	s38	s39	s40	s41
SiO ₂	58.25	55.40	58.85	57.46	57.07	49.16	56.68	51.64	60.08	60.40	60.24
TiO ₂	0.60	0.90	0.50	-	0.23	1.82	1.79	0.40	0.88	0.94	0.56
Al ₂ O ₃	19.35	21.30	20.86	22.34	22.86	25.64	15.69	22.32	18.00	16.66	17.92
Fe ₂ O ₃	2.70	2.20	1.34	2.10	2.22	0.41	4.45	5.44	6.64	4.56	3.96
FeO	2.00	1.80	1.04	2.16	0.74	1.92	2.00	1.66	0.56	1.12	1.44
MnO	0.14	0.10	-	-	0.09	0.07	0.10	0.09	0.30	0.19	0.20
MgO	0.80	1.27	0.36	0.46	0.13	0.40	1.80	0.50	0.31	1.31	0.60
CaO	2.70	3.02	1.50	0.91	1.07	4.14	2.00	1.96	1.00	1.60	0.96
Na ₂ O	3.75	5.50	6.74	9.84	8.60	9.45	6.38	8.34	5.76	5.38	5.80
K ₂ O	8.25	7.55	7.01	4.48	5.33	2.98	8.29	6.67	6.19	5.87	7.16
P ₂ O ₅	0.16	0.25	0.02	0.17	1.53	0.12	0.29	0.14	0.05	0.07	0.05
Total	98.70	99.29	98.22	99.92	99.87	96.11	99.47	99.16	99.77	98.10	98.89
H ₂ O	0.85	0.65	-	-	0.28	3.28	0.70	1.51	0.86	1.35	1.08
Hg #	24.35	37.45	22.22	16.83	7.80	23.75	34.82	11.97	7.79	30.89	17.61
K	68486	62675	58192	37190	44246	24738	68818	55370	51385	48729	59437
Ti	3597	5396	2998	-	1379	10911	10731	2398	5276	5635	3357
Cl	-	-	0.60	0.06	-	-	-	-	-	-	-

Sample	ca191	dd99	ed203	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13	g14	g15	fb325	gc220
SiO ₂	66.85	72.40	73.80	68.50	72.59	73.53	73.25	70.40	72.52	68.30	72.02	70.70	72.60	73.00
TiO ₂	1.05	0.40	0.25	0.50	0.12	0.09	0.20	0.10	0.36	0.30	0.20	0.32	0.30	0.35
Al ₂ O ₃	16.00	15.60	14.00	17.00	15.18	14.95	15.25	14.35	14.10	15.58	15.57	14.05	14.50	14.20
Fe ₂ O ₃	1.65	1.10	1.25	0.60	0.13	0.86	0.77	2.00	1.57	1.80	1.92	1.95	1.50	1.35
FeO	2.65	1.70	0.40	1.40	1.01	0.16	0.57	0.62	0.70	1.85	1.00	1.25	0.95	0.90
MnO	0.05	-	-	0.02	0.02	0.06	0.03	-	-	-	0.07	0.02	0.07	0.03
MgO	1.25	0.70	0.30	0.45	0.45	0.39	0.19	0.65	0.51	1.32	0.61	1.45	0.30	0.60
CaO	2.65	2.35	1.58	2.95	1.17	0.97	1.21	1.90	1.36	3.85	1.94	2.90	1.70	1.80
Na ₂ O	1.68	3.40	3.50	5.00	3.86	3.78	2.46	3.78	3.01	2.35	2.83	3.55	3.00	2.25
K ₂ O	4.50	2.20	4.10	3.00	4.52	4.52	5.50	4.93	5.10	3.40	2.40	2.65	5.10	5.00
P ₂ O ₅	0.26	0.13	0.06	0.11	0.27	0.05	0.02	0.13	0.01	0.10	0.09	0.09	0.11	-
Total	98.59	99.98	99.24	99.53	99.32	99.36	99.45	98.86	99.24	98.85	98.65	98.93	100.13	99.48
H ₂ O	0.70	0.35	0.30	0.18	0.71	0.48	0.12	1.23	0.40	0.10	0.08	0.38	0.35	0.70
Hg #	35.01	31.68	25.96	29.25	41.57	42.67	21.14	32.37	30.08	40.40	28.50	46.24	18.86	33.58
K	37356	18263	34035	24904	37522	37522	45657	40925	42337	28224	19923	21998	42337	41507
Ti	6295	2398	1499	2998	719	540	1199	600	2158	1799	1199	1918	1799	2098

- La région de Silet-Timgaouine

TABLEAU DES ANALYSES CHIMIQUES (TIMGAOUINE)

Sample Name	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	H2O	K	Rb	Ba	Sr	Tl	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	4.71	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.