Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 87 (2000-2001)

Heft: 3

Artikel: Typologie du zircon dans les granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour et d'Ougnat (Saghro, Anti-Atlas, Maroc) : comparaison et signification géodynamique

Autor: El Baghdadi, Mohamed / El Boukhari, Abdelmajid / Jouider, Amal

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-281400

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 87.3: 237-259. ISSN 0037-9603

Typologie du zircon dans les granitoïdes de Sidi Flah–Bouskour et d'Ougnat (Saghro, Anti-Atlas, Maroc): comparaison et signification géodynamique

par

Mohamed EL BAGHDADI[1], *Abdelmajid EL BOUKHARI*[2], *Amal JOUIDER*[3], *Abdelhalim BENYOUCEF*[1] et *Samir NADEM*[1]

Abstract.– EL BAGHDADI M., EL BOUKHARI A., JOUIDER A., BENYOUCEF A. et NADEM S., 2001. Zircon typology of Sidi Flah-Bouskour and Ougnat granitoids (Saghro, Anti-Atlas, Morocco): comparison and geodynamic implications. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 87.3*: 237-259.
Both Sidi Flah-Bouskour and Ougnat granitoids belong to the Saghro intrusions; they are the nearest and the farthest from the major Anti-Atlas accident respectively. These complexes are composed of quartz diorite, amphibole granodiorite and biotite granite in Sidi Flah, and quartz diorite, amphibole/biotite granodiorite and garnet granite in the Ougnat hills. Zircon typology in these granitoids shows three magmatic trends. First, a medium-K calc-alkaline granodioritic trend formed by quartz diorites and amphibole granodiorites in both complexes. Second, a high-K calc-alkaline trend is recorded by biotite granites in Sidi Flah. Both trends have an hybrid mantle-crust origin. A garnet granite represents the third trend with a crustal origin. These signatures recorded by Saghro granitoids suggest crustal thickening during the Neoproterozoic.

Keywords: Saghro, zircon, granitoids, calco-alcalin, crustal

Résumé.–EL BAGHDADI M., EL BOUKHARI A., JOUIDER A., BENYOUCEF A. et NADEM S., 2001. Typologie du zircon dans les granitoïdes de Sidi Flah – Bouskour et d'Ougnat (Saghro, Anti-Atlas, Maroc): Comparaison et signification géodynamique. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 87.3*: 237-259.
Les granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour et ceux de l'Ougnat (Saghro, Anti-Atlas) représentent respectivement les intrusions les plus proches et les plus éloignées par rapport à l'accident majeur de l'Anti-Atlas. Ils sont composés de diorite quartzique, de granodio-

[1]Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 523, Béni Mellal (23000), Maroc. E-mail : mbagdadi@fstbm.ac.ma
[2]Département de Géologie, Faculté des Sciences Semlalia, B.P.S15, Marrakech
[3]Division Technique, Préfecture de Béni Mellal

CODEN: BSVAA6
© Société vaudoise des Sciences naturelles
Droits de reproduction réservés

rite à amphibole et de granite à biotite à Sidi Flah et de diorite quartzique, de granodiorite à amphibole/biotite et de granite à grenat à Ougnat. La typologie du zircon appliquée à ces granitoïdes montre l'existence de trois tendances magmatiques dans les deux boutonnières: une tendance granodioritique ou moyennement potassique représentée par les diorites quartziques et les granodiorites et une tendance calco-alcaline plus potassique représentée par le granite à biotite à Sidi Flah. Ces deux suites possèdent une origine hybrides croûte-manteau. Le granite à grenat de l'Ougnat traduit une origine plutôt crustale. Cette répartition montre que le composant crustal augmente depuis Sidi Flah jusqu'à l'Ougnat, impliquant un épaississement crustal au niveau de Saghro au cours du Néoprotérozoïque.

Mots-clés: Saghro, zircon, granitoïdes, calco-alcalin, crustal.

INTRODUCTION

Le massif de Saghro est considéré comme un arc volcanique au cours du Néoprotérozoïque (SAQUAQUE 1992, BENZIANE ET YAZIDI 1992). Il est situé au nord de l'accident majeur de l'Anti-Atlas (AMA) ou paléo-zone de subduction et au sud de l'accident sud atlasique (ASA) (fig. 1A) dans le domaine mobile de l'orogenèse panafricaine qui constitue une ceinture autour du craton ouest africain (HEFFERAN *et al.*, 2000). Le massif est affecté par une phase majeure de déformation panafricaine (B1) datée à 685 ± 15 Ma (CLAUER 1976). Cette phase est caractérisée par la mise en place de massifs de diorites, de diorites quartziques et de granodiorites suivant des couloirs orientés N130° à Sidi Flah-Bouskour (NERCI 1988, EZZOUHAIRI 1989) et à Boumalne-Dadès (RJIMATI *et al.* 1992). Cette phase est suivie par une phase tardive (B2) d'intensité faible et sans transformations métamorphiques significatives qui est responsable de la mise en place de massifs granitiques dans les bouton-

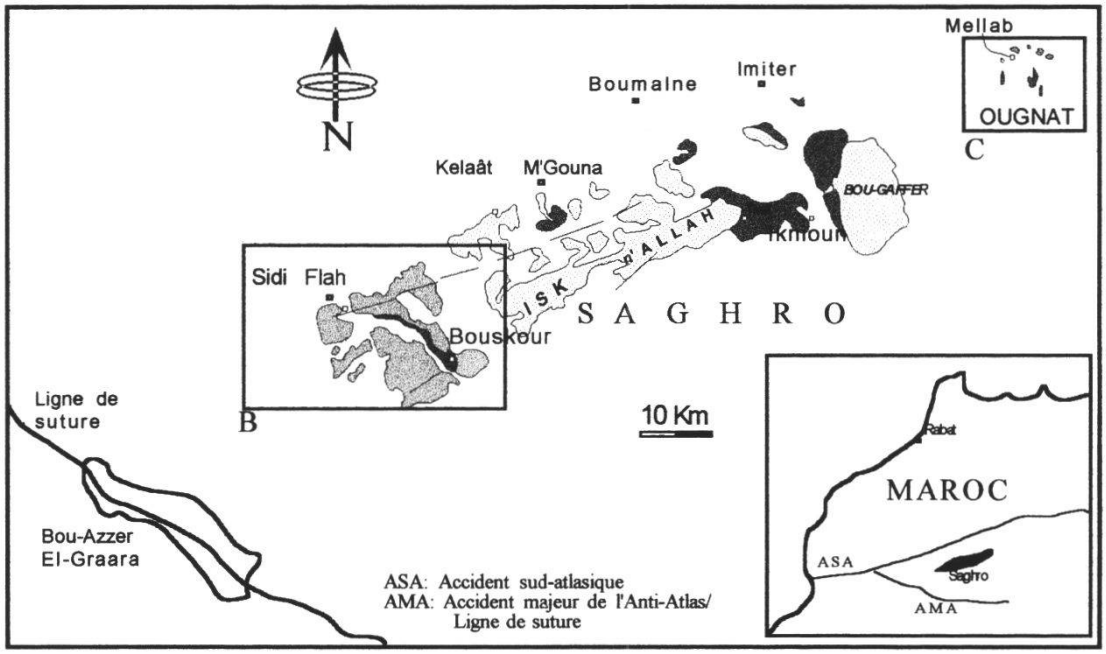

Figure 1.A–Cartes géologiques des secteurs étudiés.
Situation des différentes intrusions du massif de Saghro par rapport à la ligne de suture ou Accident Majeur de l'Anti-Atlas (AMA) à Bou-Azzer El Graara; ASA: Accident Sud Atlasique.

nières de Sidi Flah-Bouskour et de l'Ougnat. La boutonnière de Sidi Flah-Bouskour est plus proche de la zone de subduction que la boutonnière de l'Ougnat. Cette différence de proximité a conduit à la mise en place de deux types de granites d'origines différentes dans les deux sites.

L'objectif de cette note est l'étude comparative des granitoïdes dans les boutonnières de Sidi Flah-Bouskour et l'Ougnat par la méthode de la typologie du zircon pour déterminer l'effet de la proximité d'une zone de subduction dans la mise en place des granitoïdes de Saghro.

Cadre géologique

La boutonnière de Sidi Flah-Bouskour, orientée NW-SE, appartient au système panafricain du Saghro occidental (fig. 1B). Elle est formée par une série volcanique et volcano-sédimentaire déposée au Néoprotérozoïque inférieur. Cette série est affectée par une déformation majeure syn-schisteuse orientée NE-SW (Saquaque 1992, Rjimati *et al.* 1992a), suivie de la mise en place de roches basiques à intermédiaires (gabbro, diorite quartzique et granodiorite à amphibole), alignées suivant une bande NW-SE dont la mise en place est interprétée comme s'étant produite dans des méga-fentes de tension (Ezzouhairi 1989). Cette activité magmatique est rapportée à un épisode calco-alcalin (Tixeront 1971, Ezzouhairi 1989, Nerci 1988, Nadem 1995) d'âge panafricain de 680 Ma (Rb/Sr, Ezzouhairi 1989). Ces intrusions sont recoupées par un massif de granite à biotite daté à 580 ± 5 Ma (Rb/Sr, Mrini 1993).

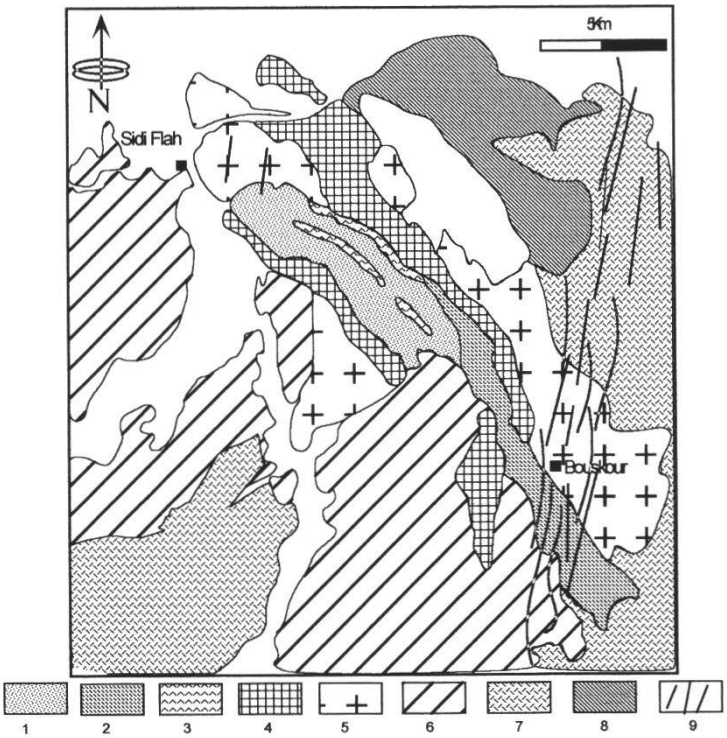

Figure 1B.–Carte géologique de la boutonnière de Sidi Flah–Bouskour.
1) Série volcanique et volcano-sédimentaire du Néoprotérozoïque inférieur; 2) Volcanisme basique (andésite); 3) Diorite quartzique; 4) Granodiorite à amphibole; 5) Granite à biotite; 6) Intrusion de Skoura-Tamouzirhft; 7) Volcanites du Néoprotérozoïque terminal; 8) Microgranite rose; 9) Filons de rhyolite de Bouskour.

La boutonnière de l'Ougnat fait partie de l'Anti-Atlas oriental. Elle représente la continuité nord-est de la chaîne de Saghro dont les terrains sont d'âge néoprotérozoïque (fig. 1C). La boutonnière est caractérisée par la présence d'un socle néoprotérozoïque inférieur formé essentiellement d'une série volcano-sédimentaire en bandes orientées NNE-SSW (Abia 1991). Cette dernière est intrudée par des petits massifs de diorite quartzique et de granodiorite qui sont à leur tour intrudés par un granite à grenat qui n'affleure qu'à cet endroit dans tout le Saghro. Selon Abia (1991), Abia *et al.* (1995) et Chouhaidi *et al.* (1995), les granitoïdes de l'Ougnat s'organisent en deux unités géochimiquement différentes et d'origines différentes. Les données isotopiques (εNdi) fournies par Mrini (1993) lui permettent d'avancer une même origine essentiellement crustale des deux unités évoluant par différenciation magmatique (voir discussion).

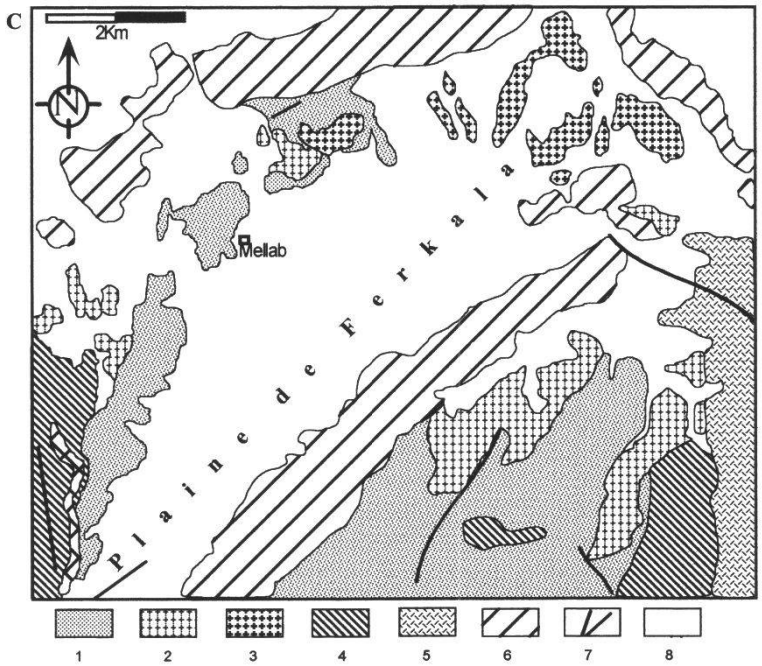

Figure 1 C.–Carte géologique de la boutonnière de l'Ougnat.
1) Série volcano-sédimentaire du Néoprotérozoïque inférieur; 2) Diorite quartzique et granodiorite; 3) Granite à grenat; 4) Corps basiques de l'Ougnat (gabbros, microdiorite); 5) Couverture volcanique du Néoprotérozoïque supérieur; 6) Cambrien; 7) Failles; 8) Alluvions quaternaires.

Pétrographie

1.–*Les granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour*

La diorite quartzique affleure en bandes (≈10 m d'épaisseur) allongées suivant la direction N130°. Elle est intrusive dans la série volcanique et volcano-sédimentaire du Néoprotérozoïque inférieur. La déformation pénétrative dans la diorite quartzique est orientée NW-SE. La roche possède une couleur vert sombre avec une texture grenue. Sa paragenèse primaire contient du plagioclase (50% en volume de la roche , An30-40), de l'amphibole (26%) qui est une

hornblende verte, du quartz (11%), de la biotite (7%), de rares cristaux de feldspath potassique (3%) et des minéraux accessoires représentés par des minéraux opaques, apatite, zircon et titanite. La paragenèse secondaire est formée de chlorite magnésienne, actinote et épidote. La composition modale reportée dans le diagramme triangulaire Q-A-P (Quartz - Feldspath Alcalin - Plagioclase) de STRECKEISEN (1976) montre que la roche se situe dans le champ des diorites quartziques (fig. 2).

L'affleurement de la granodiorite à amphibole dans le secteur de Sidi Flah-Bouskour est limité à un couloir NW-SE bordant la série volcanique et volcano-sédimentaire sur une largeur variant entre 1,5 et 3 km. Comme la diorite quartzique, la granodiorite à amphibole développe une auréole de métamorphisme de contact dans la série volcano-sédimentaire du Néoprotérozoïque inférieur. Les structures de déformation ainsi que l'allongement des intrusions de la diorite et de la granodiorite parallèlement aux structures de déformation de la série volcano-sédimentaire montrent que ces deux unités ont enregistré les traits de la déformation majeure B1. La granodiorite montre la présence de deux types d'enclaves; des xénolithes de pyroxénites interprétés par EZZOUHAIRI (1989) comme des fragments de la croûte inférieure et de rares enclaves microgrenues sombres. La roche est grenue, de couleur vert sombre. La composition minéralogique moyenne comprend le quartz (22% du volume total de la roche), le plagioclase (49%, An20-25), l'orthose (12%). L'amphibole (10%) est une hornblende verte, sa transformation en chlorite est marquée par l'alignement des oxydes le long des plans de clivage. La biotite est moins abondante (5%). Ce faciès est très riche en zircon et apatite. L'analyse modale permet de le classer parmi les granodiorites (fig. 2).

Le granite à biotite affleure largement dans la bande N et NE de Bouskour ainsi que dans le flanc SW de la boutonnière et se distingue aisément des autres faciès par sa couleur claire. Il est moins déformé que les unités précédentes et montre une altération avancée. Nommé aussi granite de Bouskour, il recoupe la granodiorite à amphibole dont il contient des enclaves. La roche est de couleur gris clair à blanc et sa texture grenue montre parfois une tendance porphyrique. La composition minéralogique moyenne est formée de quartz (29%), d'oligoclase (36%), d'orthose perthitique (26%) et de biotite (7%). Les minéraux accessoires (1-2%) regroupent le zircon, la magnétite, l'apatite, la titanite. Cette composition permet de situer ce granite dans le diagramme Q-A-P dans le champ des monzogranites (fig. 2).

Les granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour montrent l'existence de deux lignées magmatiques dans le diagramme Q-A-P de LAMEYRE et BOWDEN (1982). La diorite quartzique et la granodiorite s'alignent suivant une tendance calco-alcaline moyennement potassique (*K-medium calc-alcaline serie*) et le granite à biotite semble suivre une lignée calco-alcaline plus potassique (*High-K calc-alcaline serie*) (fig. 2A).

2.–*Les granitoïdes de l'Ougnat*

Ces intrusions affleurent en petits massifs dispersés n'excédant pas 1 à 3 km^2 de superficie comparativement aux massifs plurikilométriques de Saghro. Elles forment un arc convexe vers le nord autour de la plaine de Ferkala (fig. 1C).

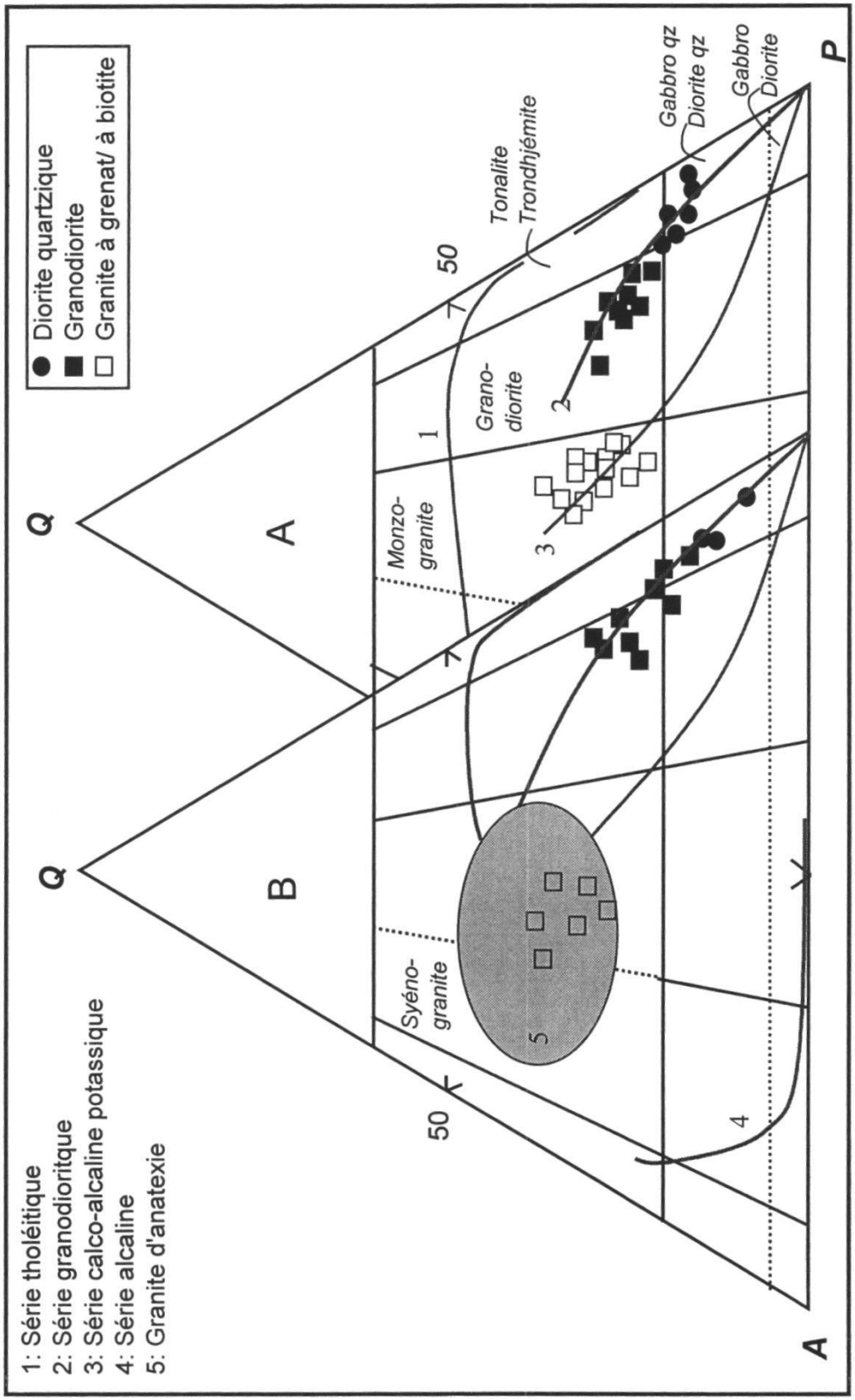

Figure 2.–Diagramme Q-A-P (STRECKEISEN 1976) dans lequel sont reportées les analyses modales des granitoïdes de la boutonnière de Sidi Flah-Bouskour (A) et ceux de la boutonnière de l'Ougnat (B). Les courbes numérotées représentent les suites magmatiques déterminées par LAMEYRE et BOWDEN (1982).

La diorite quartzique se trouve associée généralement à la granodiorite formant les mêmes pointements. La roche est de couleur vert sombre. Sa minéralogie montre l'abondance d'une hornblende verte (45%) et du labrador (39%). Le quartz, le feldspath potassique et la biotite ne représentent que des quantités faibles. Accessoirement, on trouve l'apatite, le zircon et des oxydes de fer.

La granodiorite affleure en petits pointements au NE et au SE du village de Mellab. Elle intrude la série volcano-sédimentaire du Néoprotérozoïque inférieur. La roche est de couleur gris sombre et contient comme minéraux l'andésine-oligoclase (49%), la hornblende verte (19 %), la biotite (8%) et le quartz (16%). Le feldspath potassique est faiblement représenté. Le zircon, l'apatite, l'hématite et le sphène représentent les minéraux accessoires. A proximité du granite à grenat, la granodiorite devient très riche en biotite (17%); par contre, l'amphibole devient de plus en plus rare, parfois absente (0 à 4%). Elle montre des cristaux de grenat limpides et semblables à ceux du granite à grenat. Ceci suggère une influence du magma acide sur la granodiorite permettant d'avoir par endroit des formes de mélange entre deux liquides contrastés.

Le granite à grenat affleure sous forme de petits massifs fortement arénitisés au sud-ouest et au nord-est du village de Mellab. Il est intrusif dans la granodiorite dont il prend des fragments sous forme de xénolithes. Il s'agit d'une roche grenue et leucocrate tachetée en rose. Sa minéralogie contient le quartz (31%), l'orthose (36%), l'albite (28%) et le grenat (2%). La biotite, le zircon, l'apatite et les minéraux opaques sont rares.

Le diagramme Q-A-P permet de classer ces roches respectivement parmi les diorites quartziques, les granodiorites et les monzogranites (fig. 2b). En terme de lignée magmatique, le diagramme Q-A-P réutilisé par LAMEYRE et BOWDEN (1982) met en jeu une discontinuité entre la diorite quartzique/granodiorite et le granite à grenat. Les premières s'alignent suivant une évolution calco-alcaline granodioritique (*K-medium calc-alcaline serie*) alors que le granite à grenat est situé dans le domaine des granites d'anatexie (fig. 2).

TYPOLOGIE DU ZIRCON

La méthode de la typologie du zircon, décrite dans plusieurs travaux antérieurs (PUPIN et TURCO 1972, PUPIN 1980, 1997), est basée sur le développement relatif des faces prismatiques (indice T) et pyramidales (indice A) des cristaux (fig. 3). L'application de la méthode aux roches plutoniques tend à fournir des idées sur la pétrogenèse, les relations génétiques et l'origine des termes considérés (PUPIN et TURCO 1981, SCHERMAIER *et al.* 1992). Les leucogranites d'origine anatectique possèdent des indices A et T faibles, par contre les granites d'origine mantellique ont des indices A et T élevés. Les granites orogéniques issus d'une hybridation croûte-manteau se placent en position intermédiaire. Des études plus récentes sur la géochimie et la structure interne du zircon (VAVRA *et al.* 1999, PUPIN 1997, NASDALA *et al.* 1999, HOSKIN 2000, HOSKIN *et al.* 2000, CAIRONI *et al.* 2000) mettent l'accent sur la nécessité de tenir en compte la croissance du cristal depuis la première germination pour la détermination des nucleus hérités des phases magmatiques antérieures (PUPIN 1997).

INDICE T	INDICE A								Prismes
100	B	AB_1	AB_2	AB_3	AB_4	AB_5	A	C	0
200	H	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	G_{1-3}	I	110
300	Q_1	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	P_1	R_1	110>>
400	Q_2	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	P_2	R_2	110>
500	Q_3	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	P_3	R_3	110=10
600	Q_4	S_{16}	S_{17}	S_{18}	S_{19}	S_{20}	P_4	R_4	100>
700	Q_5	S_{21}	S_{22}	S_{23}	S_{24}	S_{25}	P_5	R_5	100>>
800	E	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	D	F	100
Pyramides	211	211>>	211>	211=	101>	101>>	101	301	

Figure 3.–Position des principaux types et sous-type de la classification typologique dans le diagramme (IA, IT) (PUPIN 1985).

1.–*Les granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour*

La diorite quartzique

Elle contient des cristaux de zircon généralement subautomorphes, légèrement jaunâtres et limpides, sans surcroissance ni excroissance. Les inclusions présentes sont variées (tableau 1). Les cristaux rencontrés ne présentent pas de groupements ni de noyaux reliques. Ils sont légèrement zonés et ne présentent pas de gradins de croissance. Les lacunes sont abondantes surtout les lacunes de surface. Les cristaux sont fortement fracturés. L'élongation moyenne des cristaux non fracturés est de 1,54. Les populations moyennes de zircon de quatre échantillons sont étalées avec un développement préférentiel du prisme {100} alors que les pyramides {211} et {101} sont presque à égalité. Elles sont concentrées autour d'un noyau (maximum statistique) de forte fréquence S_{17-18} (fig. 4).

La granodiorite à amphibole

Elle est très riche en zircons de forme automorphe, généralement incolores, parfois les cristaux sont bruns. Les inclusions cristallisées sont abondantes (tableau 1). Les groupements sont multiples, impliquant plusieurs individus en éventail. Les surcroissances sont rares (dépôt de surface, surcroissances sommitales). Les cristaux présentent parfois des noyaux bulleux ou opaques avec une abondance des lacunes et des gradins de croissance permettant une zonation des cristaux. L'élongation moyenne des cristaux non fracturés est de 1,7.

Tableau 1.–Abondance des inclusions, des différents types et valeurs de l'élongation des cristaux de zircon des plutonites de Sidi Flah-Bouskour.

	Diorite quartzique	Granodiorite à amphibole	Granite à biotite
Inclusions solides	64%	13%	17%
Inclusions cristallisées	36%	74%	70%
Inclusions fluides	0%	13%	13%
Type S	96%	88%	76%
U	2%	7%	10%
P	2%	3%	10%
T	0%	0%	2%
J	0%	1%	1%
D	0%	1%	1%
Elongation	1.54	1.70	1.93

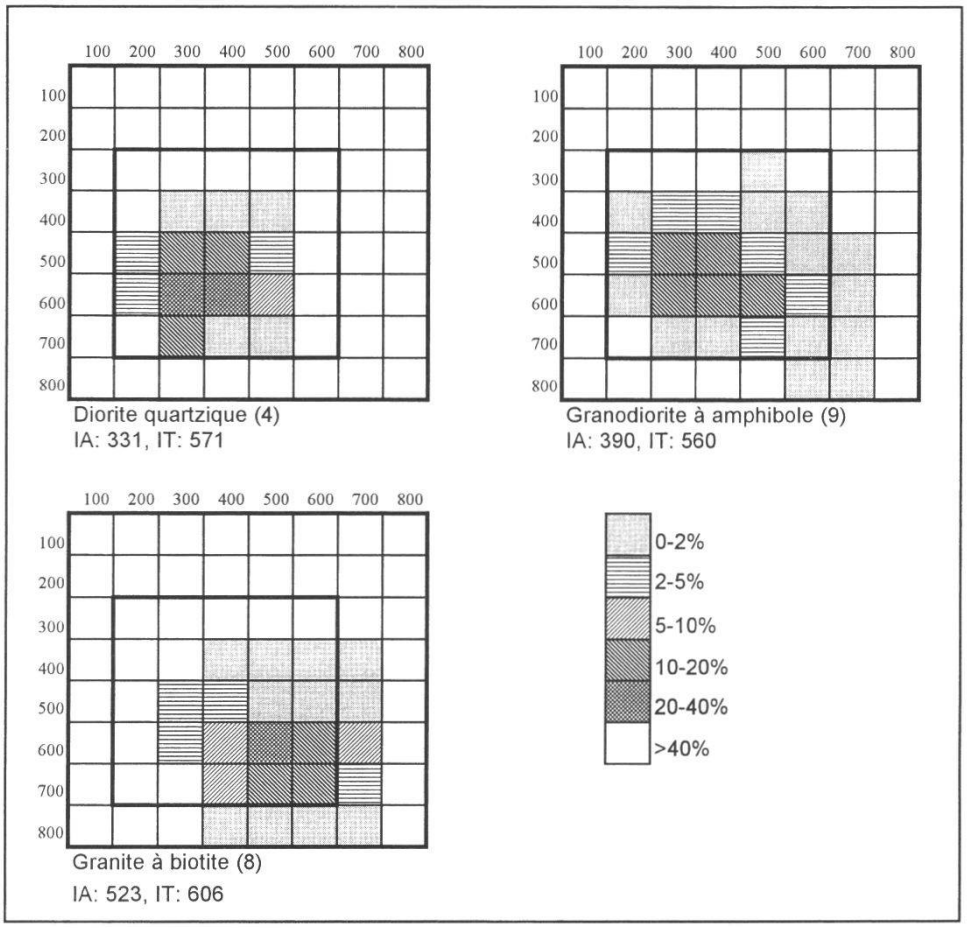

Figure 4.–Distribution typologique moyenne des populations de zircons des granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour. Les valeurs moyennes des indices A et T sont reportées en marge de chaque grille. (n) nombre d'échantillons. Chaque grille correspond à la distribution moyenne du nombre (n) d'échantillons de chaque type de roche.

Les populations de zircon de neuf échantillons sont très étalées autour d'un noyau de forte fréquence élargi $S_{12\text{-}13\text{-}18}$ (fig. 4). Cette répartition est semblable à celle des populations de zircon de la diorite quartzique.

Le granite à biotite

Les cristaux de zircon sont automorphes à subautomorphes, zonés et à surcroissance très développée et épaisse. Cette surcroissance peut être sommitale, unilatérale ou totale. Les cristaux sont généralement bruns, parfois sombres, contenant des inclusions variées et des lacunes. Les cristaux de ce granite montrent des groupements variés, prismatiques, pyramidaux et obliques. Les excroissances sont abondantes et le cœur des cristaux peut être formé de bulles ou de fragments sombres. L'élongation moyenne des cristaux non fracturés est de 1,93. Les populations de zircon ont donné une distribution typologique moyenne peu étalée avec une concentration autour d'un noyau de forte fréquence S_{19} (fig. 4).

Dans le diagramme typologique (A, T), les granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour occupent le domaine des granites hybrides calco-alcalins (fig. 5).

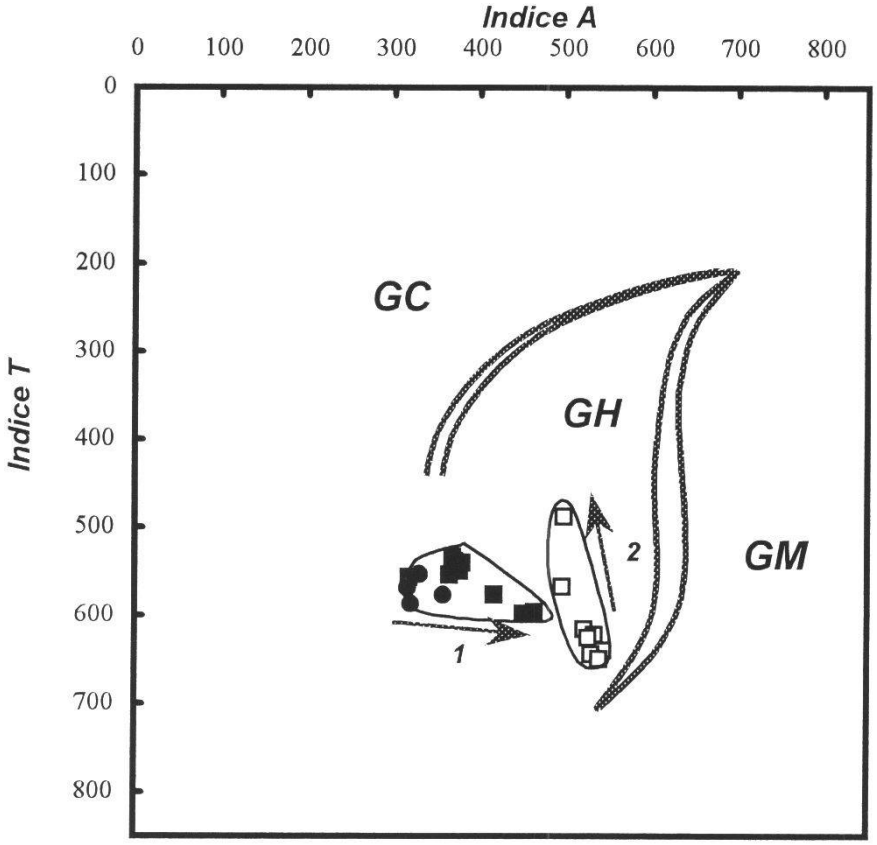

Figure 5.–Position des points moyens (A, T) des populations de zircons des granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour dans le diagramme (IA-IT). (1) Suite granodioritique, (2) Suite granitique. **GC**: domaine des granites crustaux, **GH**: domaine des granites hybrides (croûte-manteau), **GM**: domaine des granites mantelliques. La dénomination des champs suit celle de AMENZOU et EL MOURAOUAH (1997)

2.–*Les granitoïdes de l'Ougnat*

La diorite quartzique

Elle présente des zircons subautomorphes (fragmentés) à automorphes, légèrement colorés en brun jaune, zonés et renfermant des inclusions solides et cristallisées (tableau 1). Les groupements de cristaux et les surcroissances zonaires sont rares. L'élongation moyenne des cristaux de zircon de la diorite

quartzique est de 1,86 (tableau 2). Les populations de zircon sont peu étalées et oscillent autour du noyau de forte fréquence S_{18}, S_{18-19} (fig. 6). L'abondance des types est donnée dans le tableau 2.

Tableau 2.–Abondance des inclusions, des différents types et valeurs de l'élongation des cristaux de zircon des plutonites de l'Ougnat.

	Diorite quartzique	Granodiorite à amphibole	Granodiorite à biotite (faciès de bordure)	Granite à grenat
Inclusions cristallisées	85%	78%	68%	55%
Inclusions solides	11%	14%	21%	25%
Inclusions fluides	4%	7%	11%	20%
Type S	92%	85%	99.5%	97%
U	3%	11%	0,5%	1%
J	5%	3%	0%	0%
N	0%	1%	0%	0%
L	0%	0%	0%	2%
Elongation	1,86	1,90	2,30	2,85

La granodiorite

La granodiorite à amphibole possède des cristaux de zircon automorphes, incolores et sans noyaux reliques. Les surcroissances sommitales sont rares. Les cristaux sont zonés, faiblement fracturés et riches en gradins concentriques. Les groupements sont de type prismatique. L'élongation moyenne des cristaux de zircon de la granodiorite à amphibole est de 1,90 (tableau 2). La distribution des populations de zircon est identique à celle des populations dans la diorite quartzique. Elle montre un noyau de forte fréquence S_{18-19} avec apparition des sous-types plus alcalins S_{20} et S_{25} (fig. 6).

Les cristaux de zircon de la granodiorite à biotite (faciès côtoyant le granite à grenat) montrent des différences notables par rapport à ceux de la granodiorite à amphibole. Ils sont automorphes, légèrement colorés et fortement zonés. Les inclusions vitreuses sont plus abondantes que dans les roches précédentes (tableau 2). Les surcroissances zonaires sont développées et peuvent englober totalement le minéral. Les cristaux montrent des associations en deux ou trois individus à axes c parallèles. Les nucleus reliques ont des formes allongées induisant ainsi des cristaux néoformés à élongation plus élevée E= 2,3 (PUPIN 1997). Les populations de zircon de ce faciès montrent des noyaux S_{7-12} (fig. 6).

Le granite à grenat

Il montre des cristaux de zircon incolores à rosâtres, faiblement zonés et très riches en inclusions fluides par rapport aux zircons des roches précédentes. Les groupements prismatiques, les surcroissances jaune brun et à structure zonaire, les noyaux de forme allongée et les gradins sont abondants. La moyenne de l'élongation de sept populations de zircon donne une valeur de 2,85. La distribution typologique des types et sous-types montre l'apparition du sous-type L_1 alors que le type S reste largement dominant (tableau. 2). Le

noyau de forte fréquence des populations de zircon dans le granite à grenat est partagé entre les sous-types S_1, S_2 et S_7 (fig. 6).

La diorite quartzique et la granodiorite se placent dans le diagramme typologique (A, T), dans le domaine des granites hybrides calco-alcalins alors que le granite à grenat occupe le domaine des granites crustaux (fig. 7).

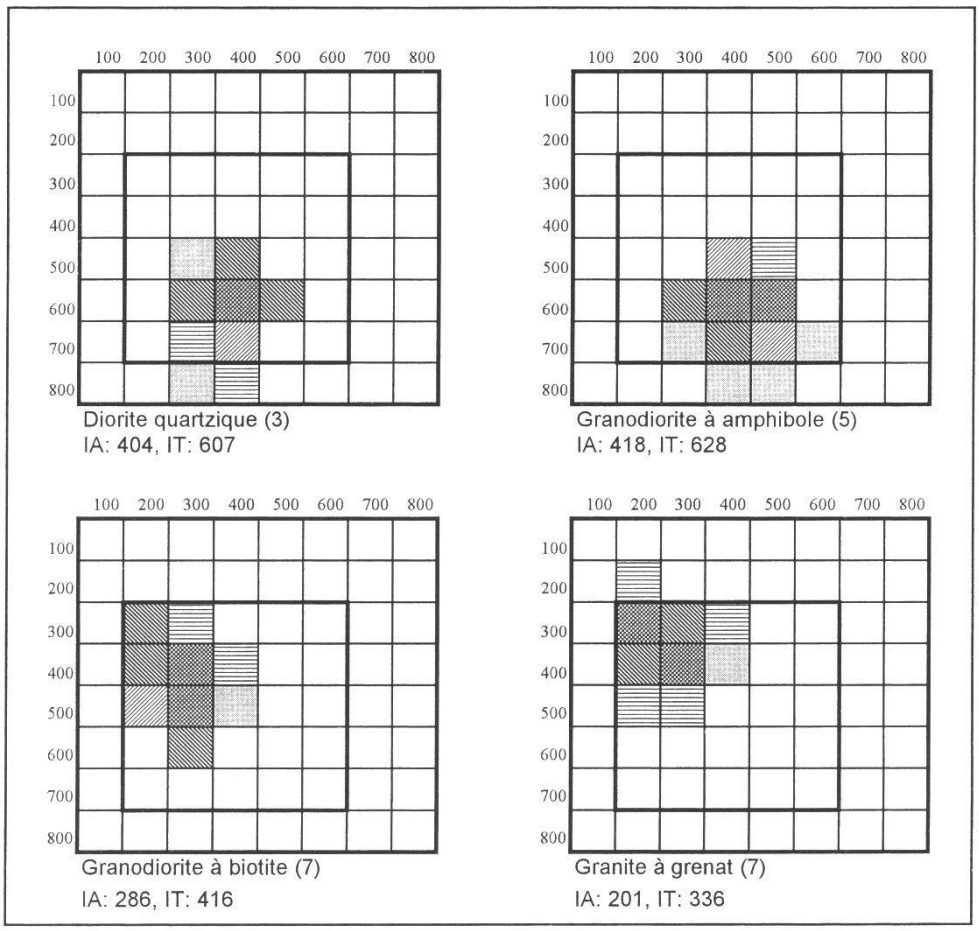

Figure 6.–Distribution typologique moyenne des populations de zircon des granitoïdes l'Ougnat. Les valeurs moyennes des indices A et T sont reportées en marge de chaque grille. (n) nombre d'échantillons. Même distribution que la figure 4.

Discussion et conclusion

Le massif de Saghro est considéré lors du Néoprotérozoïque comme un arc volcanique (Saquaque *et al.* 1992, Benziane et Yazidi 1992) sous lequel plonge une croûte océanique en subduction vers le nord (Saquaque 1992). Les travaux récents des séries volcano-sédimentaires du Néoprotérozoïque inférieur de Kelaât Mgouna (Fekkak *et al.* 1999, 2000), d'Imiter (Ouguir *et al.* 1996) et dans l'intrusion de Tagmout au sud de Saghro (Mokhtari *et al.* 1995) montrent l'existence d'un rift continental immature au sein de Saghro indiquant la présence d'une croûte continentale et par conséquent une marge active. L'accident majeur de l'Anti-Atlas représentant la ligne de suture a joué le rôle d'une zone de subduction. Perpendiculairement à cette zone, une

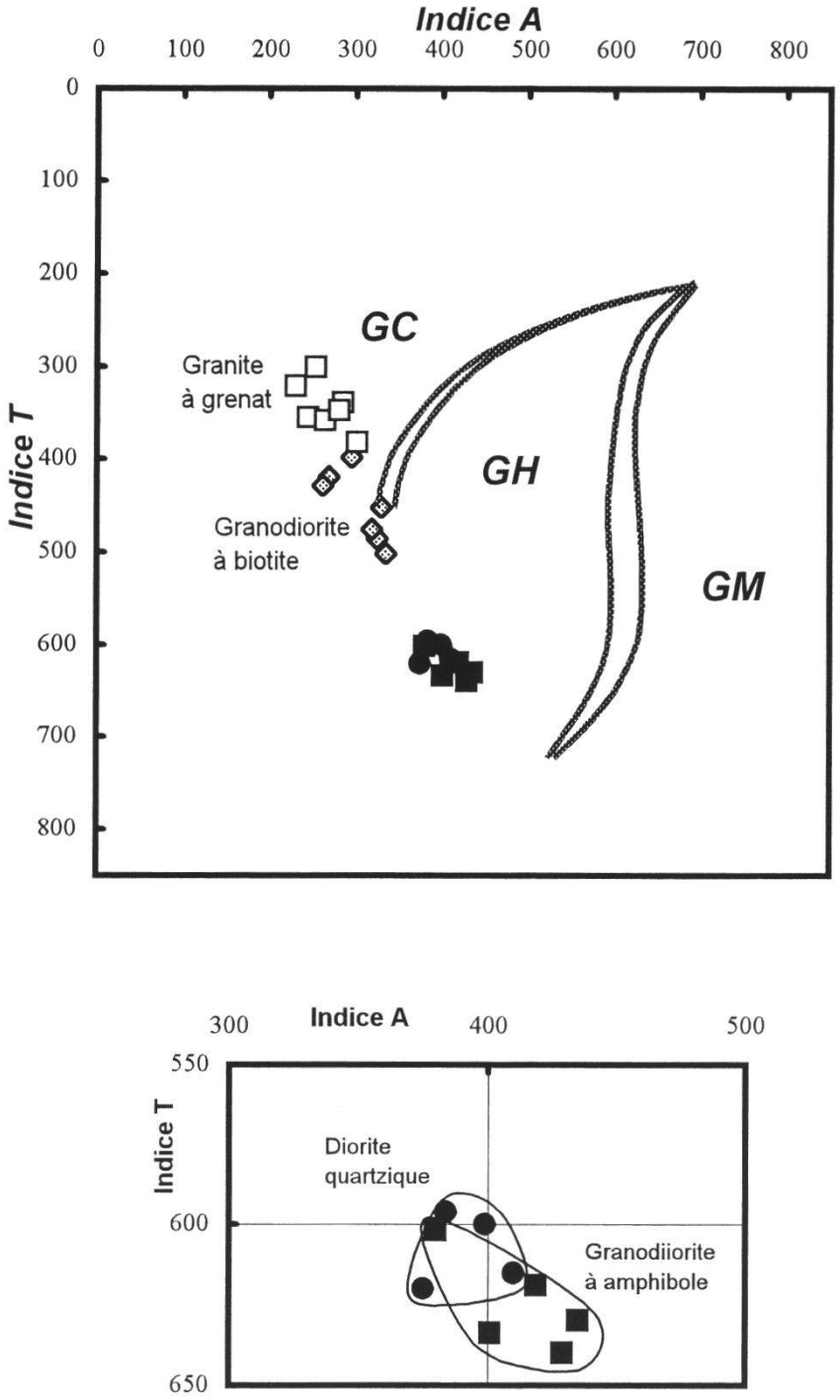

Figure 7.–Position des points moyens (A,T) des populations de zircons des granitoïdes l'Ougnat dans le diagramme (IA-IT). Même légende que la figure 4. Losange grisé: granodiorite à biotite qui résulte de l'influence du magma acide.

importante activité magmatique s'est manifestée tout au long du Saghro et de l'Ougnat avec mise en place de plusieurs intrusions: Skoura, Sidi Flah-Bouskour, Kelaât Mgouna, Imiter, Iknioun et Mellab. Les intrusions de Sidi Flah-Bouskour et de l'Ougnat représentent les plutonites proximales et distales des intrusions de Saghro par rapport à la zone de subduction à Bou-Azzer El Graara. A travers l'étude pétrographique et la typologie de zircon de ces intrusions, nous avons constaté que leurs granitoïdes suivent deux tendances évolutives:

–les diorites quartziques et les granodiorites s'alignent suivant une tendance calco-alcaline moyennement potassique. Les populations de zircon des diorites quartziques montrent une forte fréquence dans les sous-types S_{17-18} induisant un indice A faible (Sidi Flah «SF»: 331; Ougnat «OG»: 404) et un indice T élevé (SF: 571; OG: 607). Les granodiorites à amphibole montrent des populations de zircon à étalement identique à celui des populations des diorites quartziques avec apparition des sous-types D, J_5, P_4 et P_5. Ceci favorise une augmentation de l'indice A tandis que l'indice T est peu variable. La migration vers des indices A (SF: 390; OG: 418) plus élevés est marquée depuis les diorites quartziques jusqu'aux granodiorites à amphibole par un enrichissement du milieu en alcalins, comme on peut le constater dans le diagramme Na_2O-CaO-K_2O (fig. 8). Ces roches forment une série calco-alcaline moyennement potassique ou granodioritique (fig. 5 et 7).

–Le granite à biotite de Sidi Flah-Bouskour montre des populations de zircons à dominance du sous–type S_{19} impliquant un indice A et T élevés (respectivement 523 et 606) avec expression nette des types P, D et J. Les points moyenne (A, T) et la T.E.T. permettent de classer le granite à biotite parmi les granites hybrides croûte-manteau impliquant une suite calco-alcaline plus riche en alcalins que la suite précédente. Ce granite cristallise dans un milieu plus riche en alcalins et son évolution se traduit par une diminution de l'indice T alors que l'indice A reste sensiblement constant. Il s'aligne dans le diagramme (A, T) suivant une tendance calco-alcaline potassique '2a' (fig. 9 T.E.T.) (PUPIN 1988) et montre un enrichissement en potassium (fig. 8).

Le granite à grenat de l'Ougnat est engendré par une anatexie crustale provoquée par la montée et la mise en place des corps basiques associés. Il montre des cristaux de zircon à développement de la pyramide {211} et du prisme {110} qui conduit à l'apparition des sous-type S_1, S_2, S_6 et S_7 impliquant des indices A et T faibles. Le report de ces indices dans le diagramme (A, T) ainsi que les T.E.T. (fig. 9) permettent de classer le granite à grenat, en absence d'enclaves microgrenues et des structures migmatitiques, parmi les leucogranites alumineux d'origine crustale intrusifs et non pas autochtones.

Le report des roches étudiées dans le diagramme ACF (fig. 10) montre que: (1) à Sidi Flah, toutes les roches se placent à cheval entre le domaine péralumineux et le domaine métalumineux (S-type et I-type selon CHAPPELL et WHITE 1974, 1992) suggérant une origine à partir d'une source mantellique «*mantle derived magma*» hybridée par du matériel crustal; (2) à Ougnat, seul le granite à grenat est placé dans le domaine des granites S-type et coïncide avec les liquides expérimentaux issus de la fusion partielle des leucogranites ('1' BENARD *et al.* 1985) et des pélites ('2' HOLTZ et JOHANNES 1991); par contre, la diorite quartzique et la granodiorite dérivent plutôt d'une source mantellique.

Les intrusions du Néoprotérozoïque des boutonnières de Sidi Flah-Bouskour et de l'Ougnat comportent principalement des diorites quartziques, des granodiorites à amphibole d'origine hybride et qui suivent des tendances calco-alcalines (EL BAGHDADI *et al.* 1999, 2001; SAADAN 1993, NADEM 1995, BENHARREF 1991, CAMARA 1993, AIT ISHA 1996, ABIA 1991, EZZOUHAIRI 1989). Aucune boutonnière autre que celle de l'Ougnat ne montre l'affleurement d'un granite à *grenat* d'origine purement crustale. Dans la boutonnière de Sidi Flah-Bouskour (la plus proche de la zone de suture à Bou Azzer El Graara), affleure un granite leucocrate à biotite dont la géochimie (NADEM

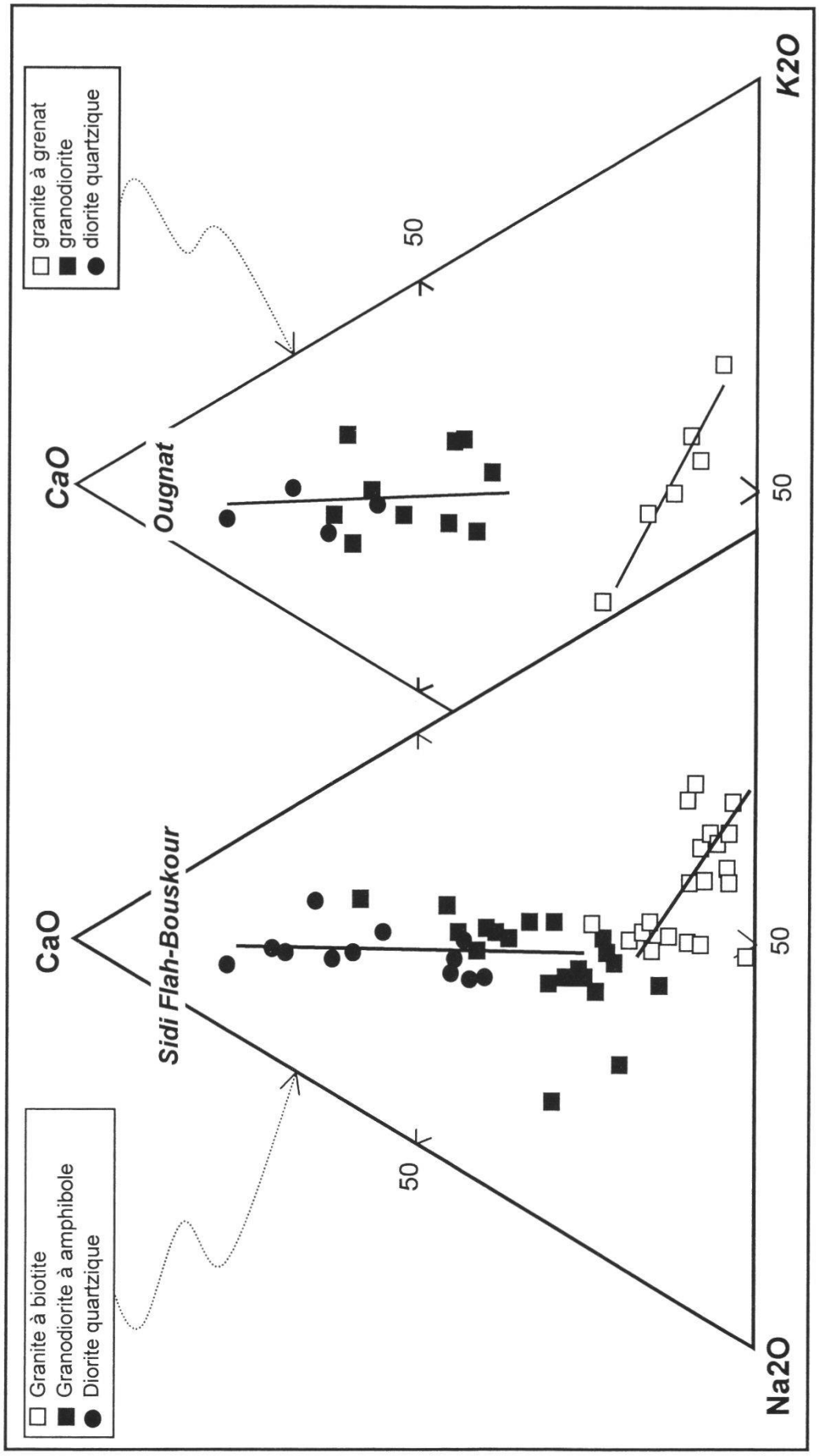

Figure 8.–Diagramme Na_2O-CaO-K_2O des granitoïdes de Sidi Flah-Bouskou et de l'Ougnat qui montre les différences chimiques entre les suites granodioritiques d'une part et les granites à biotite et à grenat d'autre part. Ces derniers montrent un enrichissement net en potassium.

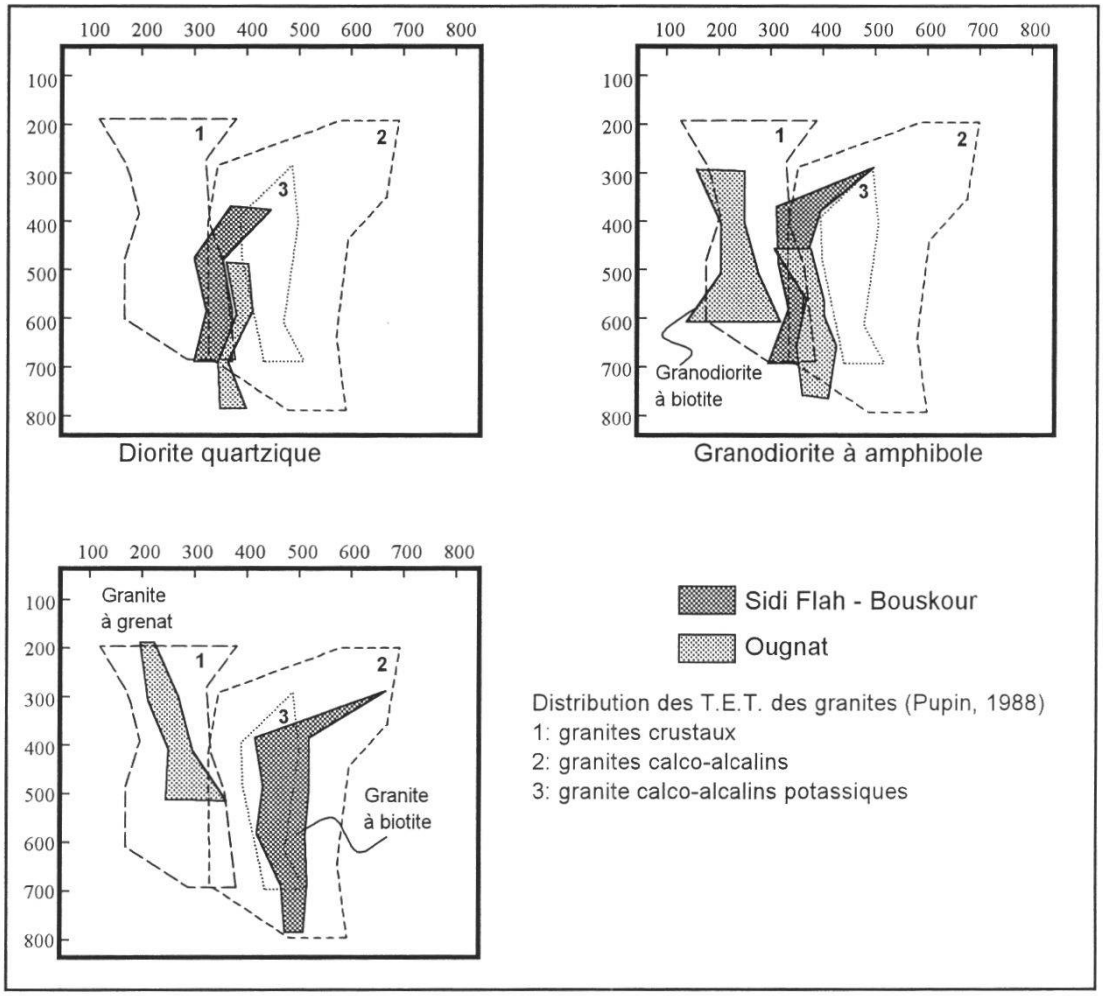

Figure 9.–Position des tendances d'évolution typologique T.E.T. des populations de zircons des granitoïdes de la boutonnière de Sidi Flah-Bouskour et de l'Ougnat. Les domaines des T.E.T. des granites anatectiques, calco-alcalins et calco-alcalins potassiques (PUPIN 1988) sont reportés à titre de comparaison.

1995, EZZOUHAIRI 1989), la minéralogie, la typologie du zircon, la géochimie et les données isotopiques (MRINI 1993) le font considérer comme d'origine mantellique avec une forte participation crustale. Il appartient à une série calco-alcaline potassique (EL BAGHDADI *et al.* 1999). Les données isotopiques du néodyme du granite à biotite de Sidi Flah-Boukour montrent que la valeur de εNdi est comprise entre -1,8 et –2,4 et celle du granite à grenat de l'Ougnat est égale à -4,5 (MRINI 1993). Cette variation montre que le composant crustal augmente depuis Sidi Flah jusqu'à Ougnat, où se met en place un granite purement crustal par anatexie. Ainsi, les variations observées à travers ou à l'intérieur des arcs ou des marges actives depuis les roches faiblement potassiques jusqu'aux roches hautement potassiques (shoshonites) sont interprétées par plusieurs hypothèses; 1) variation du degré de fusion en fonction de la profondeur (STERN *et al.* 1993, PRICE *et al.* 1999); 2) variation de la composition des fluides issus de la croûte subductée (PRICE *et al.* 1999); 3) influence de l'épaisseur de la croûte (MEEN 1987). Donc, en dépit des résultats disponibles actuellement, nous concluons que les variations observées dans les granitoïdes de Sidi Flah-Bouskour et de l'Ougnat au Néoprotérozoïque supérieur impliquent

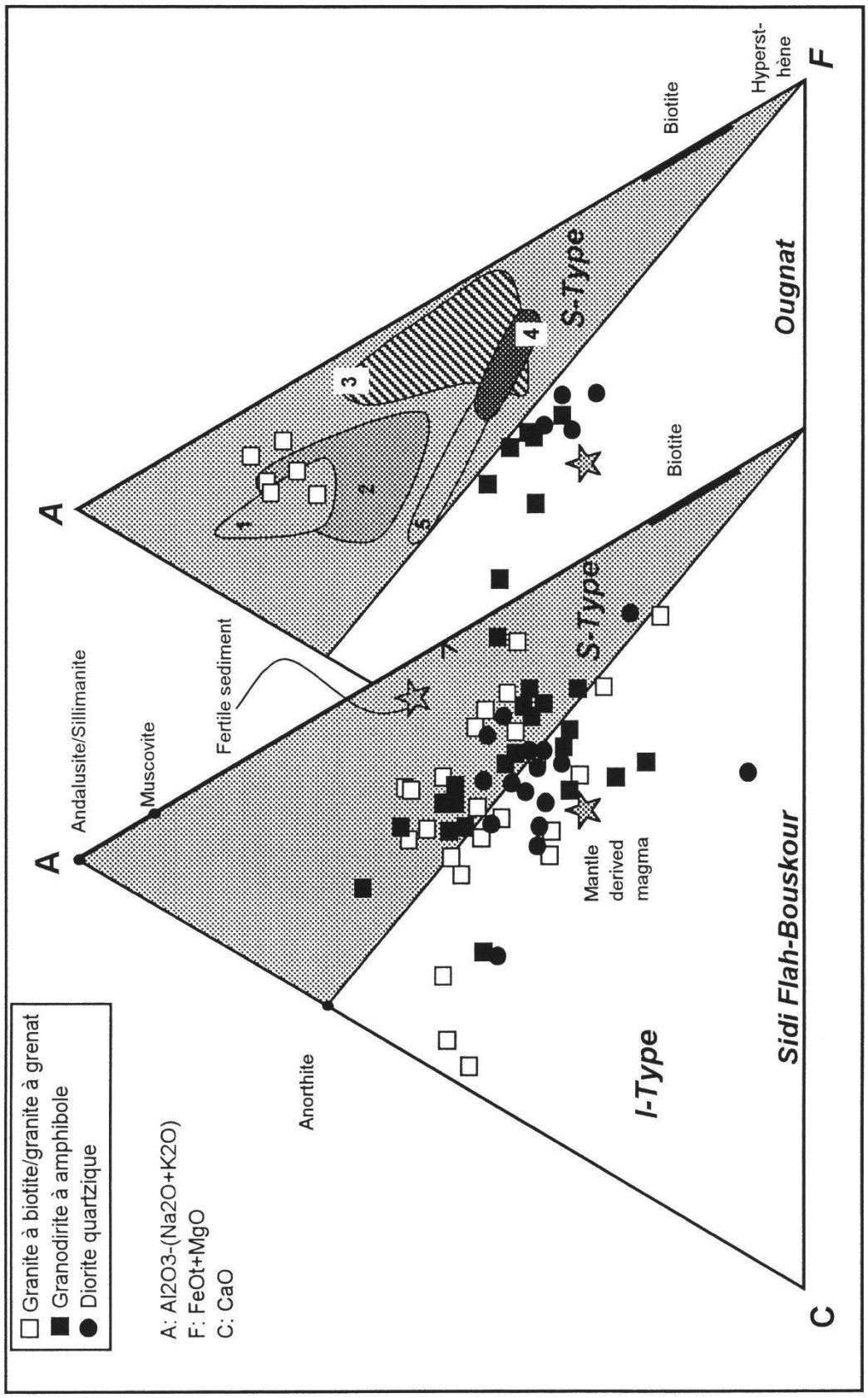

Figure 10.–Diagramme ACF montrant la position des différentes roches de chaque boutonnière par rapport à la limite entre les domaines péralumineux et métalumineux ou les domaines du S-type et I-type granites (CHAPPELL et WHITE 1974, 1992). Les étoiles caractérisent la composition moyenne d'une source mantellique et celle des sédiments permettant d'avoir des mobilisats acides (CHAPPELL et WHITE 1992). Les champs 1 et 2 correspondent aux liquides expérimentaux issus de la fusion partielle des leucogranites (BÉNARD *et al.* 1985) et des pélites (HOLTZ et JOHANNES 1991) respectivement.

l'existence d'une zonalité magmatique spatiale à travers cet arc. Le processus magmatique responsable de cette zonalité sera probablement lié à une interaction entre magma «hybride» à long séjour crustal (KOYAGUCHI et KANAKO 1999, EDWARDS *et al.* 1991) avec une croûte continentale qui devient de plus en plus épaisse en s'éloignant de la zone de subduction (MEEN 1987). Cet épaississement crustal qui ne montre pas une tectonique tangentielle ni métamorphisme de HP-HT comme dans le cas de l'orogenèse hercynienne, peut être à l'origine de l'influence crustale qui se sent en s'éloignant de la zone de suture.

Au niveau de Saghro, avec une zone de suture et une ceinture ophiolitique (LEBLANC 1981, LEBLANC et LANCELOT 1980) situé plus au sud-ouest (Bou-Azzer, fig. 1) et la présence d'un granite anatectique dans la partie la plus éloignée, le modèle proposé apparaît en contradiction avec celui proposé par PUPIN (1985, 1988) qui suggère la zonalité suivante en s'éloignant de la zone de suture:

–tonalites et granites calco-alcalins (4a) à faible indice T;
–granites anatectiques;
–granites calco-alcalins et calco-alcalins potassiques (4b et c) à fort indice T;
–granites subalcalins et granites alcalins.

La même zonalité a été définie (sans granite alcalin) dans les granites hercyniens de la méséta marocaine (AMENZOU et EL MOURAOUAH 1997). Dans le massif de Saghro, on trouve tous les termes cités mais sans zonalité suivant ce modèle; mais ce qui est évident, c'est que la teneur en potassium augmente en s'éloignant de la zone de suture (granites alcalins et subalcalins d'Isk n'Allah et de Bou-Gaffer; figure 1A). Les travaux réalisés au niveau de la suture à Bou-Azzer (LEBLANC 1981, LEBLANC et LANCELOT 1980, SAQUAQUE *et al.* 1989, SAQUAQUE 1992, NAIDOO *et al.* 1991, HEFFRAN *et al.* 1992, MRINI 1993) ne signalent jamais la présence d'un granite anatectique près de cette zone mais plutôt des granodiorites faiblement potassiques. Il faut aussi signaler qu'une bonne partie de cet arc entre Bou-Azzer et Sidi Flah est complètement sous des terrains paléozoïques et pourrait probablement abriter des roches acides à signature collisionnelle. Cependant, sur la base des affleurements existants, nous pouvons déduire que le plutonisme de Saghro peut être rattaché au premier type signalé par PUPIN (1988) dans lequel la phase de subduction est très importante, suivie par une phase de collision très limitée; d'ailleurs, la taille des massifs du granite à grenat est très petite. Des travaux en cours soupçonnent la présence d'un très petit massif de granite à muscovite primaire dans la boutonnière de Boumalne-Dadès et qui est probablement d'origine crustale.

En se basant sur les résultats disponibles, y compris les âges radiométriques (MRINI 1993, LEVRESSE *et al.* 2001), le modèle proposé pour le magmatisme du massif de Saghro et l'Ougnat est le suivant (fig. 11): les premières intrusions qui se mettent en place dans ce système de subduction sont les granodiorites faiblement potassiques de Bou-Azzer vers 667 Ma (non présentées dans ce travail). Au fur et à mesure de la maturité de l'arc, les magmas moyennement et fortement potassiques prennent naissance à partir du manteau lithosphérique en dessous de Saghro. Le long séjour de ce magmatisme dans la croûte selon le modèle de KOYAGUCHI et KANAKO (1999) permet son enrichissement en LILE et HFSE qui caractérisent le magmatisme potassique. La phase de compression majeure (B1) permet l'obduction de l'ophiolite de Bou-

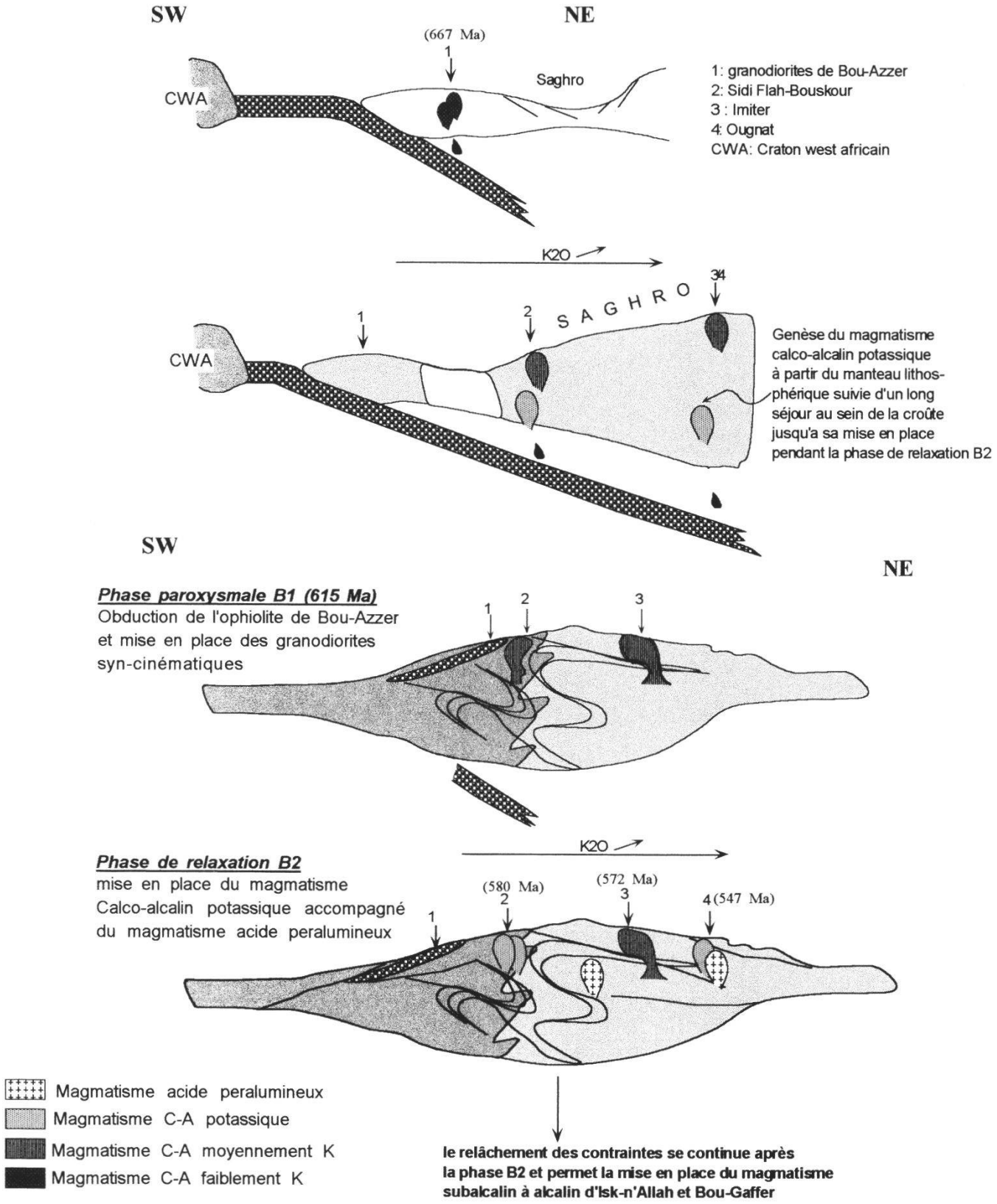

Figure 11.–Modèle géodynamique proposé pour expliquer le magmatisme de Saghro et l'Ougnat par rapport à la suture ophiolitique de Bou-Azzer. L'effet dominant dans ce sketch est l'épaississement crustal qui influence la composition globale des roches qui ont pris naissance dans ce système de subduction. Les âges donnés sont ceux de MRINI (1993) et LEVRESSE *et al.* (2001).

Azzer et la mise en place de granodiorite syncinématique à Imiter (IGHID *et al.* 1989) et à Bou-Azzer. Elle est datée à 615 Ma (DUCROT 1979). Cette phase est suivie par une relaxation des contraintes qui permet la mise en place d'un magmatisme post-collisionnel fortement potassique (granite à biotite de Sidi Flah, 580 Ma) qui est accompagné dans la plupart des cas d'un magmatisme acide péralumineux (granite à grenat de l'Ougnat, 547 Ma), le relâchement des contraintes continu permettant la mise en place d'énorme massifs subalcalins à alcalins dans le Saghro (EL BAGHDADI *et al.* 2001, sous presse).

BIBLIOGRAPHIE

ABIA EL. H., 1991. Cartographie, pétrologie, métallogénie du Protérozoïque du district Pb, Zn, Cu et Ba de Mellab, massif de l'Ougnat, (Anti-Atlas, Maroc). Thèse 3e cycle Marrakech. 184 p.

ABIA EL. H., NACHIT H. et CHOUHAIDI M. Y. 1995. Plutonisme et relation structuro-métamorphiques pan-africains de la boutonnière de l'Ougnat (Anti-Atlas oriental, Maroc). *In* « Accrétion continentale au Protérozoïque supérieur et au Paléozoïque du Nord-Ouest africain ». Réunion extr. Soc. géol. France. Marrakech-Agadir, Maroc, p. 3.

AIT ISHA M., 1996. Pétrogenèse d'un magmatisme moyennement à fortement potassique. L'exemple du massif pan-africain d'Iknioun (Saghro oriental, Anti-Atlas, Maroc). Thèse 3e cycle, Marrakech. 243 p.

AMENZOU M. et EL MOURAOUAH AZ E., 1997. Typologie du zircon des granitoïdes hercyniens de la méséta marocaine: zonation magmatique et implication géodynamique. *J. African Earth Sci. 24*: 125-139.

BENARD F., MOUTOU P. and PICHAVANT M., 1985. Phase relations of tourmaline leucogranites and the significance of tourmaline in silisic magmas. *J. Geol. 93*: 271-291.

BENHARREF M., 1991. Le Précambrien de la boutonnière d'El kelaa des Mgouna (Saghro, Anti-Atlas, Maroc): pétrographie et structure de l'ensemble, implications lithostratigraphiques et géodynamiques. Thèse 3e cycle, Marrakech. 261 p.

BENZIANE F. et YAZIDI A., 1992. Corrélation des formations du Protérozoïque supérieur. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc* 366: 147-157.

CAIRONI V., COLOMBO A., TUNESI A. and GRITTI C., 2000. Chemical variations of zircon compared with morphological evolution during magmatic crystallization: an example from the Valle del Cervo Pluton (Western Alps). *European J. Mineral. 12*: 779-794.

CAMARA L.S., 1993. Cartographie, pétrographie et géochimie des granitoïdes du district minier d'Imiter (Saghro oriental, Anti-Atlas, Maroc). Thèse 3e cycle, Marrakech. 138 p.

CHAPPELL B. and WHITE A.J.R., 1974. Tow contrasting granite types. *Pacific Geol. 8*: 173-174.

CHAPPELL B. and WHITE A.J.R., 1992. I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sci. 83*: 1-26.

CHOUHAIDI M.Y., ABIA EL H., CAMARA L.S., AARAB EL M. et SAGON J.P., 1995. Les plutonites de l'Anti-Atlas oriental, Maroc. *In* « Accrétion continentale au Protérozoïque supérieur et au Paléozoïque du Nord-Ouest africain ». Réunion Extr. Soc. géol. France. Marrakech-Agadir, Maroc, p. 29.

CLAUER N., 1976. Géochimie isotopique du strontium des milieux sédimentaires. Application à la géochronologie de la couverture du craton ouest-africain. Thèse 3e cycle, Université de Strasbourg, France. 227 p.

DUCROT J., 1979. Datation à 615 Ma de la granodiorite de Bleida et conséquences sur la chronologie des phases tectoniques, métamorphiques et magmatiques pan-africaines de l'Anti-Atlas marocain. *Bull. Soc. géol. France 21 (4)*: 495-499.

EL BAGHDADI M., EL BOUKHARI A., NADEM S., BENYOUCEF A. et JOUIDER A. (sous presse). Typologie du zircon dans les granitoïdes de la boutonnière précambrienne de Sidi Flah-Bouskour (Saghro, Anti-Atlas, Maroc). *J. African Earth Sci.*

EL BAGHDADI M., EL BOUKHARI A., JOUIDER A., NADEM S. et BENYOUCEF A. (sous presse). Typologie du zircon dans le granite à amphibole de Skoura (Saghro occidental, Anti Atlas, Maroc) et ses enclaves microgrenues sombres. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc* 408.

EL BAGHDADI M., EL BOUKHARI A., NADEM S., BENYOUCEF A et JOUIDER A., 1999. Typologie du zircon dans les granitoïdes de la boutonnière précambrienne de Sidi Flah-Bouskour (Saghro, Anti-Atlas, Maroc). *In* « The First International Conference on the Geology of Africa, Assiut, Egypt », 23-25 Nov. 1999.

EZZOUHAIRI H., 1989. Etude pétrographique, géochimique et structurale des formations plutoniques du Précambrien II de la boutonnière de Bouskour (Saghro occidental, Anti Atlas, Maroc). Thèse 3e cycle, Marrakech. 210 p.

FEKKAK A., BOUALOUL M., BADRA L., AMENZOU M., SAQUAQUE A. et EL AMRANI I.E., 2000. Origine et contexte géotectonique des dépôts détritiques du groupe néoprotérozoïque inférieur de Kelaat Mgouna (Anti-Atlas oriental, Maroc). *J. African Earth Sci. 30:* 295-311.

FEKKAK A., POUCLET A., OUGUIR H., BADRA L. et GASGUET D., 1999. Le groupe du Néoprotérozoïque inférieur de Kelaat Mgouna (Saghro, Anti-Atlas, Maroc). *Bull. Soc. géol. France 170:* 789-797.

HEFFERAN K.P., ADMOU H., KARSON J.A. and SAQUAQUE A., 2000. Anti-Atlas (Moroco) role in Neoproterozoic western Gondwana reconstitution. *Precambrian Res. 103*: 89-96.

HEFFERAN K., KARSON J. A. and SAQUAQUE A., 1992. Proterozoic collisional basin in a panafrican suture zone, Anti-Atlas mountains, Morocco. *Precambrian. Res. 54*: 295-319.

HOLTZ F. and JOHANNES W., 1991. Genesis of peraluminous granites; I, Experimental investigation of melt composition at 3 and 5 kb and various H(sub 2) O activities. *J. Petrol.* 32 (5): 935-958.

HOSKIN P. W., 2000. Patterns of chaos: fractal statistics and the oscillatory chemistry of zircon. *Geochim. cosmochim. Acta. 64*: 1905-1923.

HOSKIN P.W., KINNY P.D., WYBORN D. and CHAPPELL B.W., 2000. Identifying accessory mineral saturation during differentiation in granitoid magmas: an integrated approach. *J. Petrol. 41*: 1365-1396.

KOYAGUCHI T. and KANAKO K., 1999. A two-stage thermal evolution model of magmas in continental crust. *J. Petrol. 40*: 20-34.

LAMEYRE J. and BOWDEN P., 1982. Plutonic rock types series/discrimination of various granitoid series and related rocks. *J. Volc. Geoth. Res. 14:* 169-186.

LEBLANC M., 1981. Ophiolites précambriennes et gîtes arséniés de cobalt (Bou-Azzer, Maroc). *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc 280*. 360 p.

LEBLANC M. et LANCELOT J.R., 1980. Interprétation géodynamique du domaine panafricain (Précambrien terminal) de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir des données géologiques et géochronologiques. *Can. J. Earth Sci. 17*: 142-155.

LEVRESSE G., CHEILLETZ A., GASQUET D., MADI A. et AIT HADDOUCH L., 2001. Existence de minéralisations Co-Ni d'âge norien (Trias supérieur) à Bou-Azzer (anti-Atlas, Maroc): Nouvelles données minéralogiques, géochimiques et géochronologiques. 2e Coll. Intern.: Magmatisme, Métamorphisme et Minéralisations Associées. Marrakech, 10-12 mai.

MEEN J. K., 1987. Formation of shoshonites from calcoalcaline basalt magmas: geochemical and experimental constraints from the type locality. *Contrib. Mineral. Petrol. 97*: 333-351.

MOKHTARI A., GASQUET D. et ROCCI G., 1995. Les tholéiites de Tagmout (J. Saghro, Anti-Atlas, Maroc), témoin d'un rift au Protérozoïque supérieur. *C.R. Acad. Sci. (Paris) II, 320*: 381-386.

MRINI Z., 1993. Chronologie (Rb-Sr, U-Pb), traçage isotopique (Sr-Nd-Pb) des sources de roches magmatiques éburnéenne, panafricaine et hercynienne du Maroc. Thèse ès-sciences, Marrakech. 200 p.

NADEM S., 1995. Le complexe granitique de Sidi Flah (Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc): Etude pétrographique, géochimique, structurale et métallogénique. Thèse 3e cycle, Rabat. 170 p.

NAIDOO D.D., BLOOMER S.H., SAQUAQUE A. and HEFFERAN K.P., 1991. Geochemistry and significance of metavolcanics rocks from the Bou-Azzer El Graara ophiolite (Morocco). *Precambrian Res. 53*: 79-97.

NASDALA L., WENZEL T., PIDGEON T.R. and KRONZ A., 1999. Internal structures and dating of complex zircons from Meissen massif monzonites, Saxony. *Chem. Geol.* 156 (1-4): 331-341.

NERCI K., 1988. La boutonnière de Sidi Flah (Saghro, Anti-Atlas, Maroc), contribution à l'étude de ses minéralisations à Pb, Zn, Cu, Ag et de leur cadre géologique. Thèse 3e cycle, Université de Rabat, Maroc. 222 p.

OUGUIR H., MACAUDIERE J. et DAGALLIER G., 1996. Le Protérozoïque supérieur d'Imiter, Saghro oriental, Maroc: un contexte géodynamique d'arrière-arc. *J. African Earth Sci. 22*: 173-189.

PRICE R.C., STEWART R.B., WOODHEAD J.D. et SMITH I.E.M., 1999. Petrogenesis of high-K arc magmas: evidence from Egmont volcano, North Island, New Zealand. *J. Petrol. 40:* 167-197.

PUPIN J.P., 1985. Magmatic zoning of hercynian granitoids in France based on zircon typology. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 65*: 29-56.

PUPIN J.P., 1988. Granite as indicators in paleogeodynamics. *Rendiconti Soc. It. Min. Petrol. 43-2:* 237-262.

PUPIN J.P., 1997. Caractérisation des protolithes des migmatites et granites anatectiques crustaux d'après l'étude des zircons. *C.R. Acad. Sci. Paris, II, 319:* 1191-1197.

PUPIN J.P. et TURCO G., 1981. Le zircon, minéral commun significatif des roches endogènes et exogènes. *Bull. Mineral.* 104: 724-731.

PUPIN J.P., 1980. Zircon and Granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.* 73: 207-220.

PUPIN J.P. et TURCO G., 1972. Une typologie originale du zircon accessoire. *Bull. Soc. fr. Min. Crist. 95:* 348-359.

RJIMATI E., DERRE C., LECOLLE M., LILLIE F. NERCI K., AZZA A. et BENNANI A., 1992. Caractéristique de la tectonique panafricaine dans le Jbel Saghro (Anti-Atlas, Maroc).). *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc 366*: 387-394.

SAADAN A., 1993. Le complexe magmatique de Skoura - Sidi Flah (Saghro, Anti-Atlas, Maroc): Etude pétro-géochimique, minéralogique, structurale et métallogénique. Thèse 3e cycle, Rabat. 180 p.

SAQUAQUE A., 1992. Un exemple de suture-arc: Le Précambrien de l'Anti-Atlas centre oriental, Maroc. Thèse ès-sciences, Marrakech. 348 p.

SAQUAQUE A., BENHARREF M., ABIA H., MRINI Z., REUBER I. and KARSON J. A., 1992. Evidence for a pan-african volcanic arc and wrench fault tectonics in the Jbel Saghro (Anti-Atlas, Morocco). *Geol. Rdsch. 81*: 1-13.

SAQUAQUE A., ADMOU H., KARSON J.A., HEFFERAN K.P. and REUBER I., 1989. Precambrian accretonary tectonics in the Bou Azzer El Graara region, Anti-Atlas, Morocco. *Geology (Boulder) 17*: 1107-1110.

SCHERMAIER A., HAUNSCHMID B., SCHUBERT G., FRASL G. und FINGER F., 1992. Diskriminierung von S-Typ und I-Typ Graniten auf der Basis zirkontypologischer Untersuchungen. *Frankfurter Geowiss. Arb. Geol.-Pal. I*: 149-153.

STERN R.J., JACKSON M.C., FRYER P. and ITO E., 1993. O, Sr, Nd and Pb isotopic composition of the Kasuga Cross-Chain in the Marianas arc; a new perspective on the K-h relationship. *Earth and Planet. Sci. Lett.* I: 459-475.

STRECKEISEN A., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Sci. Rev. 12*: 1-33.

TIXERONT M., 1971. les formations précambriennes de la région minéralisée en cuivre de Bouskour (Anti-Atlas marocain). *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc 237:* 181-202.

VAVRA G., SCHMID R. and GEBAUER D., 1999. Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphibolite to granulite facies zircon: geochronology of the Ivrea zone (Southern Alps). *Contrib. Mineral. Petrol. 134*: 380-404.

Manuscrit reçu le 5 février 2001