

Le zircon, marqueur de la transition calco-alkalin - alkalin dans les complexes granitiques annulaires "Taourirts" du Hoggar (Algérie)

Abla AZZOUNI-SEKKAL

U.S.T.H.B.-I.S.T, BP 32 El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie

Résumé: L'examen des populations de zircons dans les granites des complexes annulaires «Taourirts» confirme la transition calco-alkalin-alkalin de cette province. La typologie des zircons montre que ce sont les types P qui prédominent. Les types D avec présence de la face {301} apparaissent dans les variétés hyperalkalines du complexe Tiouéine. Les surcroissances tardives existent dans de nombreux zircons marquant ainsi l'enrichissement en eau dans le magma et donnant des T.E.T. très allongées. Dans le magma hyperalkalin, le zircon commence à cristalliser à une température de 900° alors que dans le magma monzonitique il cristallise à partir de 800° et continue sa cristallisation tout au long de la différenciation jusque vers des températures de 600°.

Mots clés: Granitoïdes pan-africains - Magmatisme - Calco-alkalin - alkalin - Typologie - Zircon - T.E.T - Température - Cristallisation fractionnée.

The zircon, marker of the transition calc-alkaline - alkaline from granitic ring complexes "Taourirts" Hoggar (Algeria)

Abstract: The typology study of zircon populations from granitic rocks of ring complexes «taourirts» confirms the transition calc-alkaline - alkaline in this province. The typology of zircon indicates that P types are predominant. The D types with {301} face appears in peralkaline varieties from Tiouéine complex. The late over growths line in the numerous zircons mark very enrichment of water in the magma, giving very elongated T.E.T. In the peralkaline magma the zircon begins to cristallize at temperature 900° whereas in the monzonitic magma it crystallizes from 800° and continued its crystallisation in full with differenciation even to 600°.

Key words: Pan-african granitoid - Magmatism - Calc-alkaline - alkaline - Typology - Zircon - TET - Temperature - Fractional crystallization

INTRODUCTION

L'étude pétrologique, minéralogique et géochimique des granitoïdes pan-africains à

structure annulaire de la chaîne pharusienne du Hoggar (Boissonnas, 1973) nous a amené à définir une province magmatique particulière, montrant une transition d'un magmatisme calco-alkalin à

alcalin (Azzouni-Sekkal, 1989; Azzouni-Sekkal, 1990; Azzouni-Sekkal et Boissonnas, 1993). La plupart des intrusions granitiques sont riches en minéraux accessoires (Azzouni-Sekkal et Bonin, en cours), le zircon étant l'un des plus abondants. Nous avons voulu tester nos résultats sur roches totales par l'étude typologique du zircon proposée par Pupin et Turco (1972a, 1975) et Pupin (1976). L'examen des populations de zircons pour les différents faciès des différents complexes annulaires (Tesnou, Isseddiène, Tihaliouine, Aït Oklan, Tioueïne) a été réalisé. Nous avons, dans un premier temps, établi leurs diagrammes typologiques (Fig. 1) en nous basant sur la classification des zircons (Pupin, 1976). Les indices IA et IT donnent respectivement la chimie (caractère alumineux ou alcalin) et la température du milieu de cristallisation (Fig. 2). Dans un deuxième temps nous avons établi les T.E.T. (tendance d'évolution typologique).

L'étude minéralogique et géochimique des différents faciès dans les différents complexes granitiques «Taourirts» (Azzouni-Sekkal, 1990; Boissonnas, 1993) nous a permis de définir trois groupes chimico-minéralogiques de granites, tous de type A:

- GI formé de monzogranites peu évolués;
- GII comprenant un groupe $G II_a$ représenté par des monzogranites plus évolués que les précédents et des syénogranites, et un groupe $G II_b$ comprenant des granites à feldspaths alcalins et des alaskites;
- GIII où les granites et les syénites sont hyperalcalins de type hypersolvus.

La composition minéralogique des différents groupes est donnée dans le Tableau I.

Ce tableau montre que les minéraux ferromagnésiens sont riches en fer (caractère connu dans les roches alcalines) aussi bien dans les groupes GI et GII (à caractère calco-alcalin riche en K) que dans le groupe III (à caractère hyperalcalin) où le mica est une vraie annite et le feldspath alcalin de la mésoperthite.

L'étude géochimique (majeurs, traces, terres rares) nous a permis de montrer que la plupart des granites étudiés sont soit des monzonites riches en K (avec une \sum REE comprise entre 170 ppm et 350 ppm, teneurs supérieures à la moyenne des monzogranites de la littérature) soit des granitoïdes hyperalcalins (avec \sum REE = 1300 ppm). L'ensemble des terres rares est très fractionné et l'anomalie en Eu se creuse des spectres de T.R. des monzogranites des groupes GI et GII (typique de séries calco-alcalines monzonitiques) aux spectres des granitoïdes hyperalcalins du groupe GIII (typique des séries alcalines) montrant la transition calco-alcalin-alcalin dans cette province (Azzouni - Sekkal, 1990).

Dans la plupart des complexes, les différents faciès se déduisent par un mécanisme de cristallisation fractionnée. Dans le Tioueïne (Azzouni-Sekkal et Boissonnas, 1987) deux venues magmatiques distinctes ont été mises en évidence. La première a donné l'unité périphérique formant le groupe III; la deuxième, l'unité centrale, appartient au groupe GI. Le groupe GII n'existe pas dans ce complexe (voir tableau I). A l'état actuel des connaissances, nous proposons deux types de sources:

- un manteau-source très appauvri pour le groupe GI,
- un manteau-source riche ou enrichi pour les groupes GII et GIII.

LE ZIRCON, MARQUEUR DE LA TRANSITION CALCO-ALCALIN

Tableau I - Minéralogie
Mineralogy

Massif	Groupe	Minéraux magmatiques	Minéraux magmatiques	Minéraux secondaires
		essentiels	accessoires	
Centres du Tihaliouïne et de Tioueïne	G I monzogranites	quartz (20à30 %), oligoclase (30à40%), biotite Fe (5à8%), ferrohornblende et ferroédenite (0,5à2% surtout dans le Tioueïne), microcline et perthite (30à40%)	allanite, ilménite, magnétite, apatite, zircon, sphène (abondant)	aiguilles de muscovite, épidote, chlorite, albite secondaire
		Tesnou Isseddiène Imehellatène Tihaliouïne Aït Oklan	G II a monzogranites et syénogranites	quartz (20à30 %), oligoclase (20à30%), biotite Fe (2à8%), ferroédenite (< 1%), microcline et perthite (30à50%)
	G II b granites à feldspaths alcalins et alaskites	quartz (25à35%), albite (=27%), microcline et perthite (35à45%), zinnwaldite- protolithionite (0à1%)	idem G I mais pas d'apatite et rare sphène.	idem + fluorine, ± spessartine, ± tourmaline
Tioueïne (Tin Erit)	G III syénites et granites de type hypersolvus	quartz (10à30%), mésoperthite (40à80%), ± microcline, oligoclase (15%), hedenbergite- ferroédenite (6%) et rare riebeckite, annite- ferrobiotite (0,5%)	allanite+zircon+ ilménite +magnétite +sphène + chevkinite (très rare)	aiguilles de muscovite, fluorine; albite

Dans cette province magmatique du Hoggar, nous sommes en présence d'une zone marquée par le passage d'un magmatisme monzonitique dont les caractères géochimiques sont ceux d'une ancienne subduction (?) bien après la collision à un magmatisme alcalin de type intraplaque probablement localisé dans une croûte juvénile.

I - TYPOLOGIE DES GRANITOÏDES "TAOURIRT"

L'examen des populations des zircons a porté sur quinze échantillons répartis comme suit:

- GI: 2 échantillons (T47 et Ti26, respectivement centre du Tihaliouïne et Tioueïne) (Fig. 1, a et b);

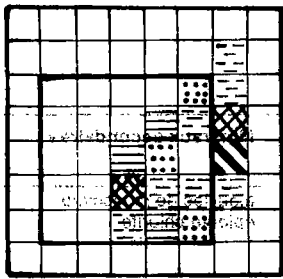
- GII_a: 8 échantillons (TES 13; TES 47 pour le complexe du Tesnou; I 30 B, I 5, I 16 pour le complexe d'Isseddiène; A. 011, A. 05 pour le complexe d'Aït Oklan) (Fig. 1 c à j);

- GII_b: 2 échantillons (I 54 et T 17 représentant les alaskites du complexe d'Isseddiène et du Tihaliouïne) Fig. 1, k et e;

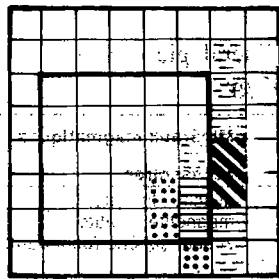
- GIII; 3 échantillons (Ti4, Ti50 A et Ti18 pour l'unité périphérique du Tioueïne) Fig. 1 m, n et o.

1 - Résultats typologiques du groupe GI

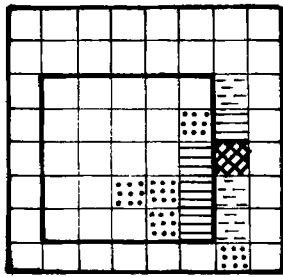
Les zircons de ce groupe sont généralement assez bruns et peuvent présenter des surcroissances (Planche II photos 1 à 7). Des zircons clairs, très riches en inclusions microlitiques



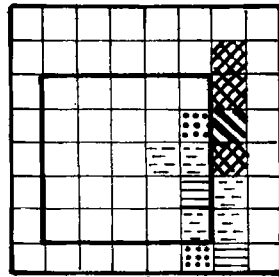
a



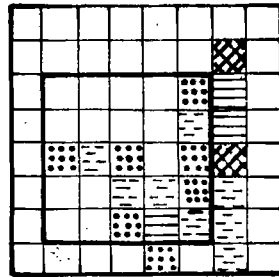
b



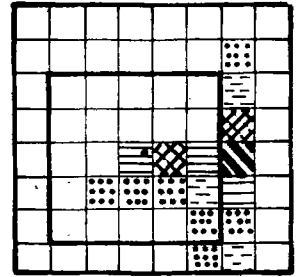
c



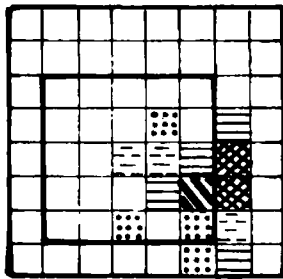
d



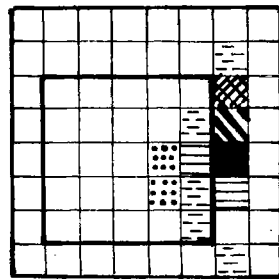
e



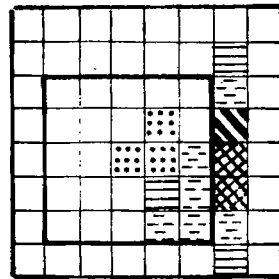
f



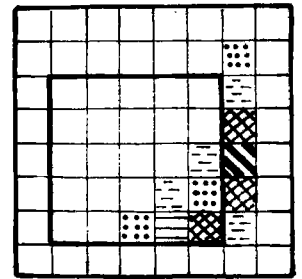
g



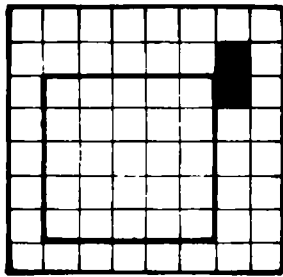
h



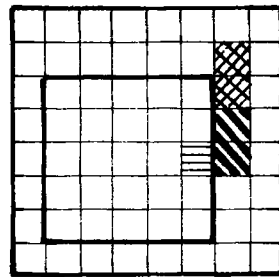
i



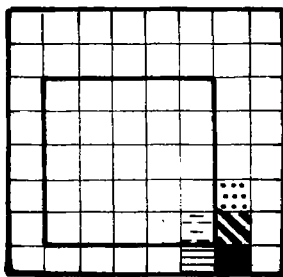
j



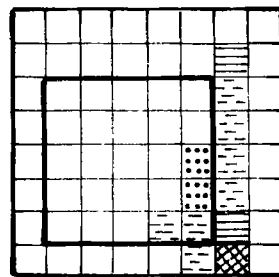
k



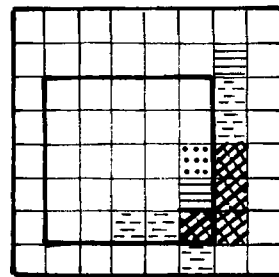
l



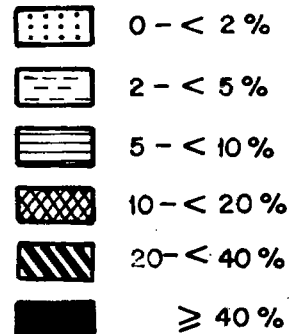
m



n



o



notamment d'apatite, leur sont associés. Quelques cristaux sont accolés (planche I, photo 7). Le diagramme typologique de la roche T47 (Fig. 1 a) est bimodal avec un pôle S 18, et un pôle P₃. Quant à l'échantillon Ti 26 le type prédominant est P₃ - P₄ (Fig. 1 b). Les points moyens IA - IT (échantillons T47 et Ti26) se situent respectivement dans le champ des séries calco-alcalines potassiques et des séries subalcalines et dans celui des séries alcalines (Fig. 2) (Pupin, 1980).

2 - Résultats typologiques du groupe GII

Les zircons du groupe GII_a:

Des zircons bruns, à peine déterminables côtoient des zircons clairs, riches en inclusions diverses. Là aussi les surcroissances sont nombreuses (cf. planche II, photos 12 et 16). Les zircons sont souvent craquelés (planche I, photo 6). Le diagramme typologique est bimodal pour l'échantillons I 30_b (représentant le faciès le moins évolué dans ce groupe) avec un pôle S14 et un pôle P₂ - P₃ (Fig. 1 - f). Pour les autres échantillons, le type prédominant est P₃ (Fig. 1, c, d, e, h, i, et j).

Les zircons du groupe GII_b,

Dans ce groupe les zircons sont très rares, très bruns et pratiquement indéterminables (planche I photo 9). La plupart sont fracturés. Nous avons pu cependant reconnaître quelques formes P₂ - P₁ - et G (Fig. k et e). Les diagrammes typologiques sont comparables à ceux de granites albitisés. Les roches de ce groupe sont très évoluées et représentent le liquide de fin de cristallisation.

Les points moyens IA - IT des roches du groupe II appartiennent au domaine des séries subalcalines (Fig. 2). L'influence hydrothermale est marquée par la présence des cristaux P₁ et G₁.

3 - Résultats typologiques du groupe GIII

La plupart des zircons de ce groupe sont précoces et très abondants. Ils sont généralement incolores parfois craquelés, zonés et d'assez grande taille. Les cristaux sont généralement monoprismés (prisme 100) et monopyramidés (pyramide (101) donnant le type D, avec développement très fréquent de la face {301}

Fig. 1 - Distribution typologique des populations de zircons dans les granites des complexes annulaires "Taourirts"
Typologic distributions of zircons populations from the granites of ring complexes "Taourirts"

a: T 47; b: Ti 26 - granites du groupes GI (*granites of GI group*); c: Tes 13; d: TES 61; e: TES 47; f: I 30 B; g: I 5; h: I 16; i: AO 11; j: A O5 - granites et syénogranites du groupe GII_a (*granites and syenogranites of GII_a group*); k: I 54 (4 zircons déterminés / 16 zircons) (*4 determined zircons / 16 zircons*); l: T 17 (16 zircons déterminés / 24 zircons) "alaskites du groupe GII_b" (*16 determined zircons / 24 zircons : "alaskites of GII_b group"*); m: Ti 4 - syénite hyperalcaline hypersolvus (*hypersolvus hyperalkaline syenite*); n: Ti 5 OA - granite hyperalcalin hypersolvus (*hypersolvus hyperalkaline granite*); o: Ti 18 - granite alcalin subsolvus (*subsolvus alkaline granite*); m, n, et o forment le groupe GIII (*m, n and o form G III group*)

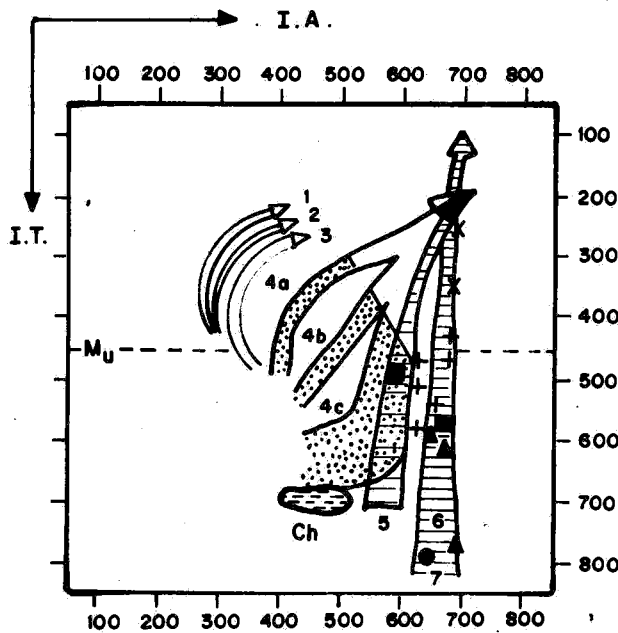


Fig. 2 - Répartition des points moyens IA - IT dans le diagramme IA-IT
Distribution of mean points IA-IT in the IA-IT diagram

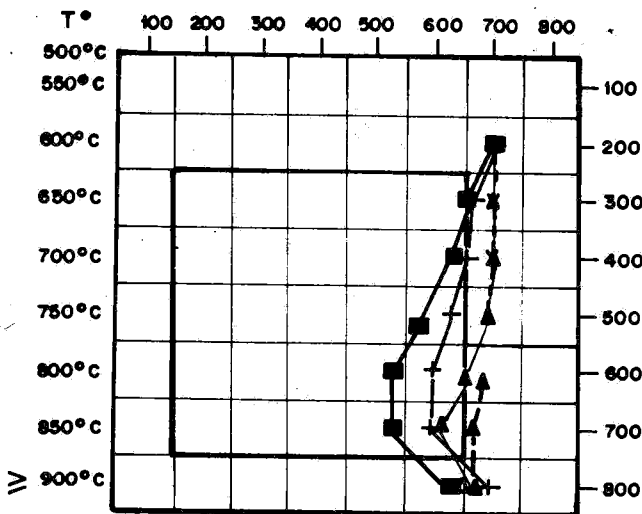


Fig. 3 - Représentation des courbes moyennede T.E.T. pour les groupes GI, GII_a, GII_b, GIII
Representation of mean T.E.T of GI, GII_a, GII_b, GIII group

Légende

**Granitoïdes anatectiques alumineux
Aluminous anatectic granites**

- 1 - Granites anatectiques alumineux (*Aluminous granites*)
- 2 - Monzogranites et granodiorites autochtones (*Autochthonous monzogranites and granodiorites*)
- 3 - Monzogranites et granodiorites alumineuses intrusives (*Intrusive aluminous monzogranites and granodiorites*)

**Granitoïdes hybrides d'origine crustale et mantellique
Hybrid granites of crustal and mantle origin**

- 4 - Granitoïdes des séries calco - alcalines, surface en petits points monzogranites et granites alcalins (*calc-alkaline series granites*)
- 5 - Granites des séries sub - alcalines (*subalkaline series granites*)

**Granitoïdes d'origine mantellique ou principalement mantellique
granites of mantle or mainly mantle origin**

- 6 - Granites des séries alcalines (*alkaline series granites*)
- 7 - Granites des séries tholeïtiques (*tholeiitic series granites*)

Mu - Limite des granites à muscovite (*limit of the muscovite granites*)

Ch - Aires des charnockites magmatiques (*magmatic charnockites area*)

■ monzogranites du groupe GI
(*monzogranites of GI group*)

x alaskites du groupe GII_b
(*alaskites of GII_b group*)

+ monzogranites et syenogranites du groupe GII_a
(*monzogranites and syenogranites of GII_a group*)

▲ granites et syénites hyperalkalines du groupe GIII
(*granites and hyperalkaline syenites of GIII group*)

formant les sous-types K_1 à K_3 (planche I, photos 1 à 5). Dans les cristaux biprismés c'est le type P_5 , sous-type T13 - T14 qui prédomine (Fig. 1, m, n et o).

Les zircons des granitoïdes alcalins sont caractérisés par un taux de croissance élevé et constant du prisme {100} relativement aux formes pyramidales. Le développement rapide de {100} favorise la croissance de la face {301} (Vavra, 1994). C'est dans ce groupe (Le plus alcalin des trois groupes) que la taille des cristaux est la plus élevée avec un fort développement de {100} et {301}.

Dans les syénites de ce groupe (Fig. 1, m) les zircons se concentrent autour des pôles D et P_5 et l'évolution hydrothermale n'existe pas. Dans les granites hypersolvus (Fig. 1 - n) le type D est le plus courant et l'on note un début de manifestation hydrothermale tandis que dans les granites subsolvus (Fig. 1 - o), les types P_5 à P_3 sont les plus nombreux, le type D ayant disparu. L'influence hydrothermale commence à apparaître. La présence ou l'absence du prisme {110} est donc en relation avec celle de H_2O . Dans les milieux anhydres, {110} est absent.

Les points moyens IA - IT du groupe G III occupent le domaine des granites hypersolvus, hyperalcalins (Fig. 2).

II - TENDANCE D'EVOLUTION TYPOLOGIQUE (T.E.T)

La période de cristallisation du zircon dans les groupes I et II est continue. Les T.E.T. sont très allongées, ce qui caractérise l'enrichissement en eau du magma (Pupin *et al.*, 1978; Platevoet 1987; Pupin, 1988). Les T.E.T de tous les faciès

étudiés à travers l'ensemble des complexes se situent dans le champ des granites alcalins subsolvus et subalcalins (ces deux champs se chevauchent dans le diagramme proposé par Pupin, 1988; Fig. 3). Quant aux T.E.T. des syénites et granites hypervolvus du groupe III, elles occupent le champ des granites alcalins hypersolvus. La période de cristallisation du zircon dans les syénites hypersolvus (Fig. 3) est très réduite donnant des T.E.T courtes.

Sur la figure 3 sont reportées les moyennes des T.E.T des différents groupes. Les T.E.T se déplacent de gauche à droite du diagramme typologique montrant ainsi une augmentation de l'indice IA et donc une alcalinité de plus en plus marquée.

Les T.E.T (fig. 3) comme les points moyens IA - IT (fig. 2) montrent que l'on passe de roches calco-alcalines à des roches typiquement alcalines et hyperalcalines.

La transition calco-alcalin - alcalin, mise en évidence par l'étude pétrologique est confirmée par l'étude typologique des zircons.

III - GEOTHERMOMETRIE PAR L'ETUDE DES ZIRCONS: DISCUSSION

Les résultats géothermométriques (Pupin et Turco, 1972c) déduits de l'étude typologique des zircons (Fig. 3) correspondent à ceux obtenus par l'étude des amphiboles et biotites (Azzouni-Sekkal, 1989) (Tableau II). Dans les magmas hyperalcalins du groupe G III les zircons commencent à cristalliser à une température 900° alors que dans les magmas monzonitiques des groupes GI et GII ils cristallisent vers 800°. Les minéraux de fin de cristallisation, (comme les

micas lithinifères) donnent des températures comparables à celles des zircons hydratés, type $P_1 - G_1$.

Tableau II - Températures de cristallisation des minéraux
cristallisation temperatures of minerals

	Amphiboles	Biotites	Zircons	
	*	**	I	II
G I	750°	775°-725°	800°-750°	700°-600°
G IIa	750°	725°-660°	750°	600°
G IIb	-	550°-micas lithinifères	-	600°
G III	750°	650°-550°	≥ 900°	600°

* géothermomètre de Helz 1973 - 1979

** géothermomètre de Wones et Eugster, 1965

Dans un article récent, Benisek et Finger (1993) remettent en doute les données de Pupin et Turco (1972c). Ces derniers ont émis l'hypothèse selon laquelle la température du milieu de cristallisation constituerait l'un des facteurs essentiels déterminant le développement relatif des prismes chez le zircon, alors que pour Benisek et Finger, la taille des deux prismes {100} et {110} est fortement dépendante de la chimie du milieu de croissance (notamment les éléments en trace comme U, Th, Hf, Y et P). Le développement de {110} est favorisé par la forte abondance des cations d'U et Th dans les magmas granitiques. C'est ce que nous observons dans les zircons analysés où nous passons du type P_{3-4} pour le groupe GI ($U \approx 4,5$ ppm et $Th \approx 22$ ppm) au type P_1 et même G pour les groupes GII_a et GII_b (avec respectivement $U \approx 10$ ppm; $Th \approx 25$ ppm et $U \approx 18$ ppm; $Th \approx 45$ ppm). Dans le groupe GIII où les teneurs en U sont faibles ($4 \text{ ppm} < U < 6 \text{ ppm}$) ce sont les types D et P_5 qui se développent, avec prédominance du prisme {100}. Les deux hypothèses émises, l'une par Pupin et Turco

(1972c) et l'autre par Benisek et Finger (1993) sont valables et corroborées par les résultats obtenus sur les zircons des granites étudiés. Température du milieu de cristallisation et la forte abondance des cations d'U et Th dans les magmas granitiques sont parmi les facteurs responsables du développement des prismes {110} ou {100}.

IV - RELATION ENTRE CRISTALLISATION FRACTIONNÉE ET TYPOLOGIE DES ZIRCONS

Si nous prenons l'exemple du complexe d'Isseddiène, groupe II, où la cristallisation fractionnée a été quantifiée (Azzouni-Sekkal, 1989; Azzouni-Sekkal et Boissonnas, 1993) nous remarquons que lorsque l'indice de différenciation ID augmente, l'indice d'agpaïcité $Na + K / Al$ augmente aussi, de même que l'indice d'alcalinité IA alors que IT augmente puis diminue, ce qui est conforme au modèle de mise en place de ce massif où l'évolution est centrifuge (I30B étant le faciès central le moins évolué, I5 le faciès intermédiaire et I16 le faciès formant la couronne (tableau III) (Azzouni-Sekkal, 1989).

Dans l'unité hyperalcaline du Tioueïne, groupe GIII, lorsque l'indice de différenciation augmente, l'indice d'agpaïcité IA et IT diminuent simultanément et la teneur en Zr s'effondre des syénites (876 ppm) aux granites subsolvus (167 ppm) (tableau III). Dans les groupes I et II, où le magma est alumineux avec un pourcentage en corindon normatif très faible (0 à 1%), les teneurs en Zr diminuent mais la chute est moins brutale passant de $Zr=146$ ppm pour les granites les moins évolués à $Zr=93$ ppm pour les plus évolués, le zircon cristallisant tout au long de la différenciation. Ces résultats sont en accord avec ceux de Platevoet (1987).

Tableau III - Valeurs des paramètres IA, IT, ID, Na+K/Al et Zr pour les groupes GII et GIII
Parameters IA, IT, ID, Na+K/Al and Zr for GII and GIII groups

		IA	IT	ID	(Na+K)/Al	Zr* (ppm)
G III	Ti 4	692	768	90.62	1.00	876
Tiouefine	Ti 50A	668	608	95.81	0.95	205
	Ti 18	645	585	93.86	0.90	167
G II	I 30B	617	511	87.45	0.79	146
Issed- diène	I 5	627	579	90.75	0.88	164
	I 16	682	470	93.57	0.87	93

* Moyenne de deux valeurs

CONCLUSION

L'étude typologique des zircons dans les granites des complexes "Taourirts" nous a permis de caractériser les zircons pour chaque groupe de roches:

- i) GI donne des types S18 et P₃ - P₄;
- ii) GII_a donne des types S14 et P₂ - P₃;
- iii) GII_b donne des types P₁ - P₂ et G1;
- iv) GIII donne des types D (sous-types K₁ - K₃) et P₅ (sous-types T13 - T14).

Les T.E.T, comme les points moyens des différentes roches, montrent que l'on passe de roches calco-alcalines K et subalcalines (GI, GII_a) à des roches alcalines (GII_b) et hyperalcalines (GIII);

La précipitation du zircon commence vers 900° dans le magma hyperalcalin du groupe GIII et vers 800° dans le magma monzonitique des groupes GI et GII. La cristallisation est continue dans les groupes GI et GII et se termine vers 600° avec la formation de zircons hydratés de type P₁ et G₁, alors que dans le groupe GIII, le temps de cristallisation du zircon est très court, et s'arrête vers 800° dans

les syénites hyperalcalines. Dans les granites hypersolvus, l'influence des fluides hydrothermaux commence à se manifester avec la présence de quelques cristaux P₁ et G₁.

La précipitation du Zr n'est pas la même dans le magma monzonitique alumineux où Zr chute légèrement du début à la fin de la cristallisation, que dans le magma hyperalcalin où la chute brute de Zr dès les premiers stades de la cristallisation est spectaculaire.

Remerciements: Ce travail a été réalisé suite à un stage effectué au centre international de recherche sur le zircon, à l'Université de Nice. Je remercie vivement M^r le Professeur J.P. Pupin pour m'avoir initiée à l'étude typologique des zircons et avoir mis à ma disposition son Laboratoire pour la réalisation des lames minces des zircons. Je remercie également M^r le Professeur Turco, Directeur du Laboratoire, pour son accueil cordial. Je suis reconnaissante envers M^r le professeur J. Hernandez pour ses remarques constructives.

BIBLIOGRAPHIE

Azzouni-Sekkal, A., 1989. Pétrologie et géochimie des granites de type «Taourirt»: un exemple de province magmatique de transition entre les régimes orogéniques et anorogéniques, au pan-africain (Hoggar, Algérie). -Thèse d'Etat géol., USTHB, Alger 667 p. et Mémoires du SGA, n°7, Boumerdès, 288 p.

Azzouni-Sekkal, A., 1990. Pétrologie et géochimie des granitoïdes pan-africains de type «Taourirt» au Hoggar (Algérie): un exemple de province magmatique de transition entre régimes orogéniques et anorogéniques. In : Rocci G. et Deschamps M. Eds., *Recent data in African Earth Sciences. Occasional publications, C.I.F.E.G.*, pp. 165-168.

Azzouni-Sekkal, A., Boissonnas, J., 1987. Geochemistry of the Tiouefine Pan-African granite complex (Hoggar, Algeria). -In Bowden, P. et Kinnaird, J. Eds. *Geol. J.* 22. *Winter thematic Issue, African geology reviews.* -John Wiley and sons, London, pp. 213-224.

- Azzouni-Sekkal, A., Boissonnas, J., 1993.** Une province magmatique de transition du calco-alkalin à l'alkalin : les granitoïdes pan-africains à structure annulaire de la chaîne pharusienne du Hoggar (Algérie). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 164, n° 4, pp. 597-608.
- Azzouni-Sekkal, A., Bonin, B., (en cours).** Minéraux accessoires des granites «Taourirts», Hoggar - Algérie : Rôle sur la distribution des éléments en trace.
- Benisek, A., Finger, F., 1993.** Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: a microprobe study *Contrib. Mineral Petrol.* 114: 441 - 451.
- Boissonnas, J., 1973.** Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne pan-africaine en Algérie (Sahara central, Algérie). *Serv. Geol., n° 16, CNRS*, 662 pp. 2 vol.
- Platevoet, B., 1987.** Comportement du zirconium dans les magmas alcalins, typologie du zircon dans les roches basiques et intermédiaires de la série alcaline Corse. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 305, série II p. 787-790.
- Pupin, J.P., 1976.** Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications. *Thèse Doct. Etat. Univ. Nice (France)*. 394 pp.
- Pupin, J.P., 1980.** Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral Petrol.* 73, 207- 220.
- Pupin, J.P., 1988.** Granites as indicators in paleogeodynamics. *Recondizioni della società italiana di mineralogia e petrologia*, vol. 43-2. pp. 237-262.
- Pupin, J.P., Turcon, G., 1972a.** Une typologie originale du zircon accessoire. *Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristallogr.*, 95, 348-359.
- Pupin, J.P., Turco, G., 1972c.** Le zircon accessoire en géothermométrie. *C.R. Acad. Sci., Paris, D*, 274, 2121-2124.
- Pupin, J.P., Turco, G., 1975.** Typologie du zircon accessoire dans les roches plutoniques dioritiques, granitiques et syénitiques. Facteurs essentiels déterminant les variations typologiques. *Pétrologie. t. I*, n° 2, 139-156.
- Pupin, J.P., Bonin, B., Tessier, M., Turco, G., 1978.** Rôle de l'eau sur les caractères morphologiques et la cristallisation du zircon dans les granitoïdes. *Bull. Soc. géol. France*, t. xx, n° 5, p. 721-725.
- Vavra, G., 1994.** Systematics of internal zircon morphology in major variscan granitoïd types. *Contrib. Mineral Petrol.* 117: 331-344.

Planches

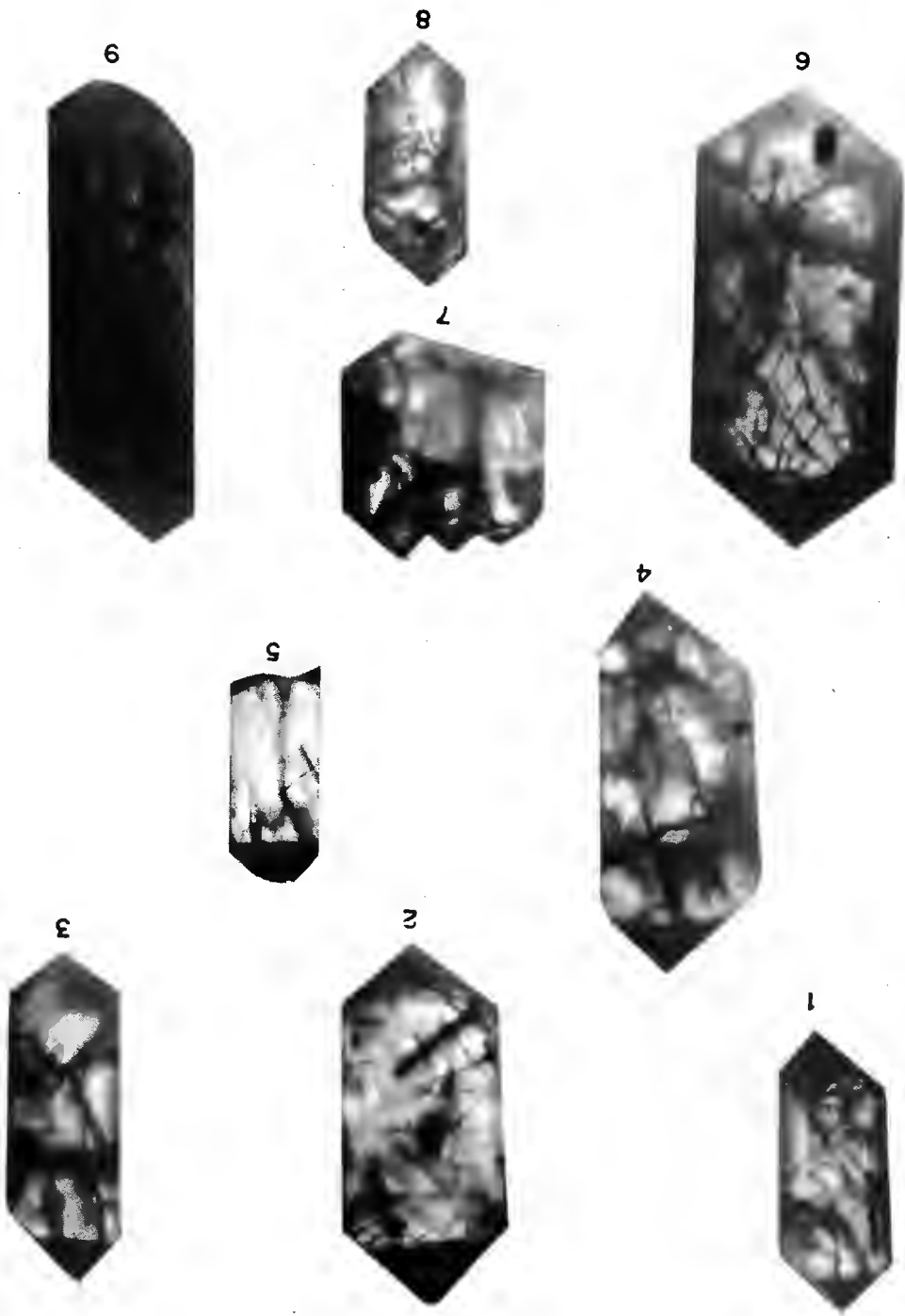
Planche I

Zircons des syénites hyperalkalines du complexe granitique "Taourirt"
 du Tioueïne: échantillons du groupe III.
*Zircons of hyperalkaline syenites from granitic complexe Tioueïne:
 samples of GIII group*

- 1: S25; (0.228 mm)
 2 et 3: J5; (0.280 mm)
 4 et 5: D sous-type (*subtype*) K2 (0.268 mm; 0.164 mm)

Caractères morphologiques des zircons des granites "Taourirt"
Morphological features of zircons from "Taourirts" granites

- 6: zircon de grande taille fracturé (0.368 mm)
zircon of great size fractured (0.368 mm)
- 7: groupement de trois individus (0.180 mm)
grouping of three individuals (0.180 mm)
- 8: zircon montrant des surcroissances avec changement de type (D à S 24); 0.192 mm
zircon showing overgrowths with type change (D à S 24); 0.192 mm)
- 9: zircon presque opaque et indéterminable, la plupart des rares zircons des alaskites du
 groupe II_b sont de ce type. (0.368 mm).
*zircon almost opaque and indeterminable. The majority of scarce zircons from
 alaskites of GII_b group are from this type.*



LE ZIRCON, MARQUEUR DE LA TRANSITION CALCO-ALCALIN

Planche II

Zircons des monzogranites et syénogranites des complexes granitiques "Taourirts" du
 Tesnou, Isseddiène, Tihaliouine et Aït Oklan:
 échantillons des groupes I et II_a

*Zircons of monzogranites and syenogranites from granitic complexes "Taourirts" of
 Tesnou, Isseddiène, Tihaliouine and Aït Oklan:
 samples of GI and GII_a groups*

groupe I

- 1: S 15 (0.136 mm)
 2: S 18 (0.140 mm)
 3 et 4: S 25 (0.180 mm ; 0.200 mm)
 5: P 5 (0.375 mm)
 6 et 7: P 3 (0.200 mm ; 0.200 mm)

groupe II_a

- 8 et 9: S 25 (0.184 mm; 0.160 mm)
 10 et 11: P 2 (0.264 mm; 0.220 mm)
 12: P3 (0.188 mm)
 13: P4 (0.204 mm)
 14-15-16: G₁ (0.256 mm; 0.296 mm; 0.348 mm).

LE ZIRCON, MARQUEUR DE LA TRANSITION CALCO-ALCALIN

