

Cumulats basiques et ultrabasiques du massif d'Oumarou Bou Azzer-el Graara (Anti-Atlas, Maroc)

حسن الحاضي و عبد الحليم تابث

Hassan EL HADI & Abdelhalim TABIT

Mots-clés: Anti-Atlas, Bou Azzer, Précambrien, Ophiolites, Tholéiite, Clinopyroxène.

ملخص

المتراكبات القاعدية وما فوق القاعدية لكتلة عمرو-بوعزر (الأطلس الصغير، المغرب): تعتبر كتلة عمرو، نظرا لوجود مقاطعها، مثلاً رائدا لدراسة المتراكبات القاعدية وما فوق القاعدية ذات العمر ما قبل الكامبري. تتواجد هذه الكتلة بالمركب الانفيوليتي لبوعزر.

فحص المقتطعات بين وجود ايقاعات (انتظام) بين السحنات المختلفة بالمستوى الأسفل، يليه بعد ذلك الكلينوبيروكسينيت في الوسط وأخيرا الغابرو بالأعلى. سمك هذه الطبقات يتراوح بين بضعة مليمترات و بضع عشرات الأمتار.

حادثين أساسيين طبعا تاريخ الحجره الصهارية:

- حادث أول يتجسد في قذفات متوالية و التي قد تكون وراء السلسلة المنتظمة السفلى. وقد حدث هذا التطور بمحيط

مفتوح.

- حادث ثاني يقابل تبلور احادي الدورة للغابرو بأعلى الحجره الصهارية.

المعطيات الجيوكيماوية تبين بان هذه المتراكبات القاعدية وما فوق القاعدية لكتلة عمرو فقيرة من التيتان

وتندتمي بالتالي الى قسم "low Ti" الصهارة الأصلية تكون من نوع الطوليبيت ذات الأوليفين.

من الناحية المينرالوجية تبين الكلينوبيروكسينات تطورا من النوع الطوليبيتي

RESUME

En raison de ses beaux affleurements, le massif d'Oumarou reste un massif pilote pour l'étude des cumulats basiques et ultrabasiques d'âge précambrien. Ce massif est localisé dans le complexe ophiolitique de Bou Azzer (Anti-Atlas, Maroc). L'examen des coupes montre une certaine rythmicité entre les différents faciès au niveau de la base, par la suite, les clinopyroxénolites apparaissent au milieu et les gabbros au sommet. L'épaisseur des rubans varie de quelques millimètres à quelques dizaines de mètres.

Deux événements fondamentaux marquent l'histoire de la chambre magmatique:

- un premier événement matérialisé par des injections successives qui sont à l'origine des suites rythmées au niveau de la base. L'évolution s'est faite dans un milieu ouvert.

- Un deuxième événement correspond à une cristallisation monocyclique des gabbros au sommet de la chambre.

Les données géochimiques montrent que ces cumulats ultrabasiques et basiques du massif d'Oumarou, sont appauvris en titane et appartiennent par conséquent à la classe des "Low-Ti". Le magma parent possède une composition de tholeiites à olivine. Du point de vue minéralogique, les clinopyroxènes indiquent une évolution de type tholeiitique.

ABSTRACT

The Oumarou unit, located in Precambrian ophiolitic complex shows the out-crops for a study of mafic and ultramafic cumulates. Control of logs shows a rhythmic system between different facies. The history of magmatic chamber is demonstrated by:

- Succession of rhythmic beds in the base is showing an evolution towards open system.

- Monocyclic crystallisation of gabbro on the top of the chamber.

The clinopyroxene (diopside-endiopside) demonstrates tholeiite evolution. Geochemical data prove that cumulates of this region are poor in titane (class low-Ti). The components of this magma are olivine tholeiite.

INTRODUCTION

En dépit d'une tectonique panafricaine très active, LE BLANC (1972 à 1975) est arrivé à préciser la "stratigraphie" originelle du complexe de Bou Azzer.

Ainsi un log schématique a-t-il été dressé, il montre à la base des harzburgites tectonisées et très serpentinisées, puis des cumulats composés de dunités, wehrlites, clinopyroxénolites, des gabbros et des diorites quartziques en quantité importante. Les gabbros sont séparés des laves basiques et de la série volcano-sédimentaire, par des diabases considérées comme une zone de carapace de la chambre magmatique (LE BLANC, 1975).

L'ophiolite de Bou Azzer, interprétée comme un fragment d'une paléolithosphère océanique (LE BLANC, 1976 et 1981; Boudinier & al. 1984) serait obductée sur la marge Nord du craton Ouest Africain durant l'événement majeur de l'orogénèse panafricaine (CABY & LE BLANC 1975, 1976 et 1981).

La présente note contribuera à mieux comprendre l'évolution minéralogique et géochimique des cumulats de l'ophiolite de Bou Azzer, à travers l'étude du massif d'Oumarou où la série cumulative a été bien conservée.

CADRE GEOLOGIQUE

Le massif d'Oumarou (Fig. 1), de forme ovale, est situé dans la partie centrale de la boutonnière de Bou Azzer, Tous les contacts lithologiques à l'intérieur du massif, sont subverticaux avec un fort pendage vers le Nord. Les plans de litage magmatique, mesurés sur toutes les roches cumulatives (EL HADI, 1988; EL HADI & TABIT, 1989) et projetés sur stéréogramme, montrent qu'on remonte la série vers le Nord (Fig.2).

SEQUENCE CUMULATIVE

La séquence cumulative ophiolitique est divisée en deux unités; l'une ultrabasique et l'autre basique. Celles-ci, localement déformées et disloquées par la tectonique panafricaine, se présentent en forme d'écaïlles.

La série cumulative présente des répétitions de rythmes à sa base sans qu'il y ait pour autant une mégaséquence avec dunités à la base, clinopyroxénolites au milieu et gabbros au sommet (Fig. 3).

Un litage à petite échelle, représenté par des laminae de clinopyroxénolites ou d'anorthosites, souvent lenticulaires et flexueuses, existe dans la partie sommitale des gabbros.

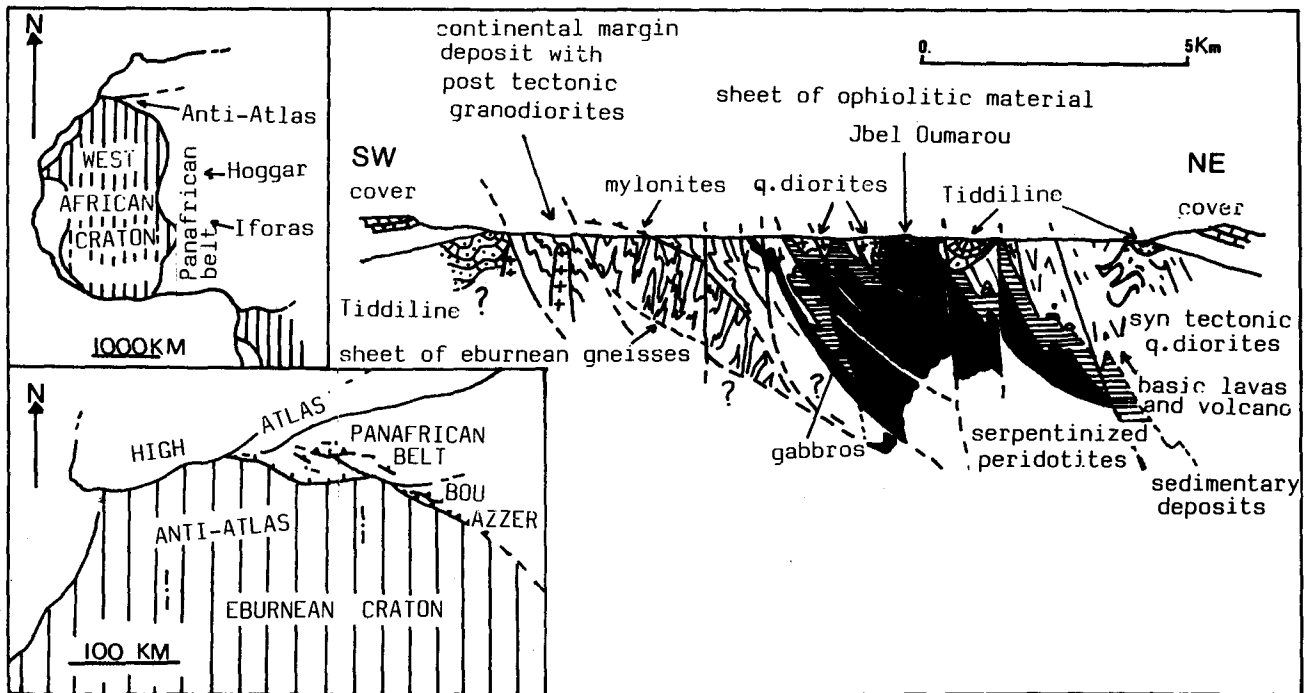


Figure 1 : Coupe dans la boutonnière de Bou Azzer avec localisation du massif d'Oumarou.(Le Blanc,1975)

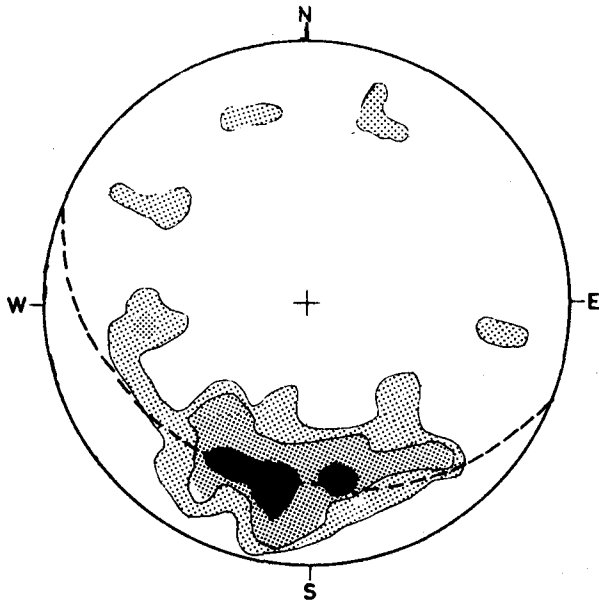


Figure 2 : Projection stéréographique des plans de litage magmatique So des cumulats du massif d'Oumarou; Total des mesures: 100. Contours à 2,4 et 6%.

Dans les clinopyroxénolites rubanées, des poches gabbroïques ont été observées.

L'unité gabbroïque, de composition variable, s'étale depuis les mélagabbros jusqu'aux leucogabbros et montre localement des figures de stratification-magmatique (microplis, failles intraformationnelles, laminations igées, etc...).

A l'affleurement, les cumulats se présentent comme des roches vert sombre, à structures grenues, souvent recoupées par des filons de nature variée (surtout basiques). Les textures changent depuis la base au sommet de la séquence cumulative. Elles sont de type adcumulats (WAGER & al. 1960) au niveau des dunites et des clinopyroxénolites. Dans les gabbros, on voit surtout des textures d'hétérad-cumulats ou localement de mésocumulats.

Malgré les variétés de faciès rencontrés, leur paragenèse reste au contraire assez simple. Elle ne comprend que des clinopyroxènes, de l'olivine et du plagioclase. A ces minéraux s'ajoutent en faible quantité, des spinelles, des minéraux opaques, de l'amphibole et du quartz.

D'autre part, les caractères texturaux primaires sont partiellement masqués par le développement d'une paragenèse secondaire à serpentine, amphibole, chlorite, épidotes et albite.

ORDRE DE CRISTALLISATION

L'apparition et la disparition des phases minérales cumulus sont présentées sur la Figure 4.

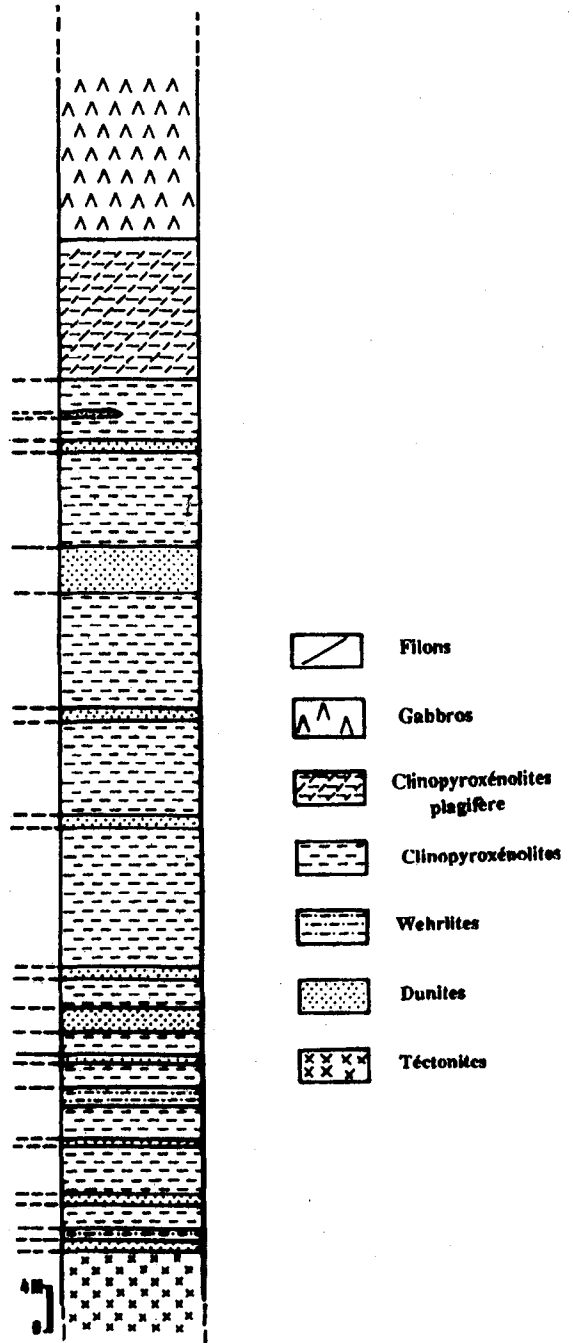


Figure 3 : Log levé dans la partie occidentale du massif d'Oumarou.

La différenciation est marquée durant les premiers stades du fractionnement par la précipitation de l'olivine au niveau des dunites. Dans les clinopyroxénolites, le plagioclase existe seulement à leur sommet. Dans les gabbros l'olivine disparaît, le

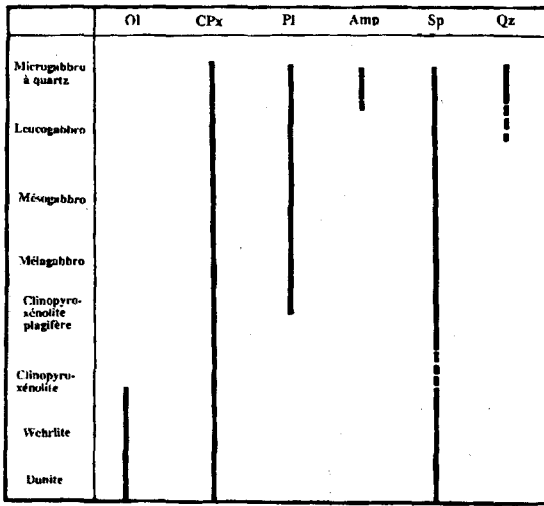


Figure 4 : Ordre d'apparition ou de disparition des minéraux dans l'ensemble de la série cumulative du massif d'Oumarou.

clinopyroxène diminue, le plagioclase, l'amphibole et le quartz interstitiel apparaissent.

MINERALOGIE

La composition chimique (microsonde automatisée, Université Duke, USA) des clinopyroxènes, olivines, plagioclases et spinelles, montre une évolution au cours de la différenciation.

Les clinopyroxènes (Fig. 5): le clinopyroxène appartient à la famille de diopside-endiopside (Ca 49 Mg 50 Fe 4 à Ca 37 Mg 44 Fe 14). Il est très calcique, peu ferrifère et pauvre en titane.

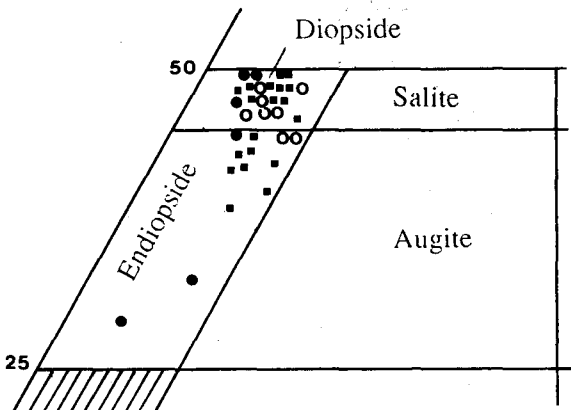


Figure 5 : Diagramme Ca-Mg (Fe + Mn) (en proportions atomiques) pour les clinopyroxènes du massif d'Oumarou.

L'étude de la variation des oxydes en fonction de l'indice de différenciation (Xmg) permet de constater que:

- Le fer montre une évolution linéaire et positive en montant la série cumulative.
 - Le calcium et le magnésium, contrairement au sodium, décroissent au cours de la différenciation.
- Les diagrammes Si (Fig. 6) et Si O₂-Al₂ O₃ (Fig. 7) attestent leur appartenance aux roches tholéitiques.

Les Amphiboles: les amphiboles analysées présentent un grand champ de variation (Fig. 8) depuis la trémolite, la hornblende trémolitique, la hornblende actinolitique jusqu'à la magnésio-hornblende (LEAKE, 1978). Les amphiboles existent sous forme de couronnes autour des clinopyroxènes ou bien tapissent l'intérieur de ceux-ci.

Les plagioclases: Quelque soit la texture de la roche, tous les plagioclases analysés sont albitisés. Cette albite est souvent associée à d'énormes quantités d'épidotes. Ceci laisse suggérer que les plagioclases d'origine étaient basiques.

Les spinelles: les spinelles présentent un enrichissement en Fe³⁺ depuis les wehrlites jusqu'aux gabbros.

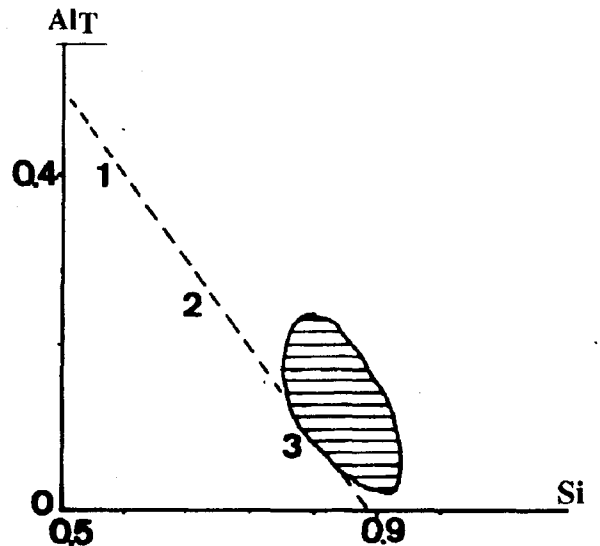


Figure 6 : Diagramme Si-Altot (en proportions atomiques) pour les clinopyroxènes du massif d'Oumarou

GEOCHIMIE DES ELEMENTS MAJEURS

Les analyses des éléments majeurs montrent que parallèlement à la diminution du calcium, de l'aluminium et du magnésium, il y a augmentation considérable des alcalins. Tandis que le fer et le titane augmentent légèrement.

Dans les gabbros, les variations du titane en fonction de l'indice mafique (Fig. 9) situent ces

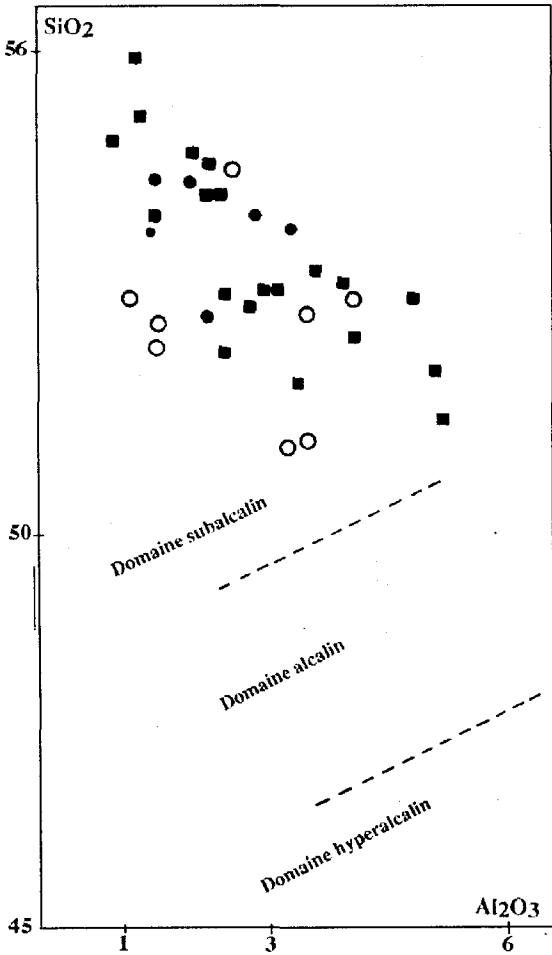


Figure 7 : Diagramme SiO₂-Al₂O₃ (en poids d'oxydes) pour les clinopyroxènes du massif d'Oumarou.

roches dans le domaine des low-Ti (SERRI & SAIITA, 1980). Dans le diagramme de Yodder et Tilley (1962), tous les cumulats étudiés appartiennent aux tholeiites à olivine (Fig. 10).

De cette étude pétrographique et géochimique, on retiendra les conclusions suivantes:

- Dans le massif d'Oumarou, la base de la série cumulative est composée de rythmes de dunites, wehrlites et de clinopyroxénolites. L'ensemble est recoupé par des filons basiques indiquant des alimentations successives de liquides magmatiques.

- Le sommet de la séquence est constitué de gabbros de compositions variables, allant de gabbros mélanocrates jusqu'aux gabbros leucocrates.

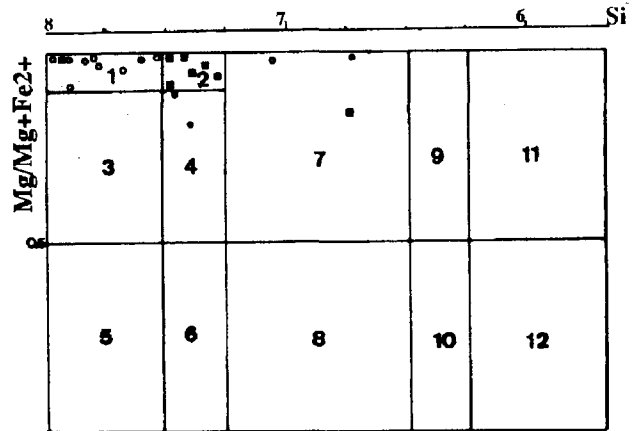


Figure 8 : Position des amphiboles analysées sur le diagramme de Leake (1978); 1- Trémolite; 2- Hornblende trémolitique; 3- Actinote; 4- Hornblende actinolitique; 5- Ferro-actinote; 6- Hornblende ferr-actinolitique; 7- Magnésio-hornblende; 8- Ferro-hornblende; 9- Hornblende tschermakitique; 10- Hornblende ferro-tschermakitique; 11- Tschermakite; 12- Ferro-tschermakite.

- La pauvreté en titane des clinopyroxènes peut-être liée aux faibles pressions et aux températures régnant durant la cristallisation de même qu'à la nature du magma parental caractéristique des tholéiites d'arcs insulaires (SAPOUNIZIES, 1979).

CONCLUSION

Sur cette base, deux stades fondamentaux sont à noter dans l'histoire de la chambre magmatique:

- D'abord un premier stade qui se caractérise par des injections successives à l'origine des suites rythmées à la base et où l'évolution s'est faite dans un milieu ouvert (JACKSON, 1971).

- Puis un deuxième stade qui correspond à la cristallisation monocyclique des gabbros et plagiogranites au sommet de la chambre. Une telle évolution a été constatée dans plusieurs complexes ophiolitiques tels que le complexe ophiolitique de Sabzevar (NOGHREYAN, 1982), et le massif ophiolitique de Vourinos (JACKSON & *al.*, 1975; PAUPY, 1976).

Les textures adcumulats qui traduisent une faible quantité du liquide intercumulus (grains interstitiels) s'expliquent par:

- Un taux d'accumulation très lent (PALLISTER & HOPSON, 1978; JACKSON, 1971; HESS, 1960).

- Le phénomène de diffusion entre cristaux cumulus (grains subautomorphes) qui provoque l'expulsion du liquide interstitiel (OHNNENSTETTER & *al.*, 1975).

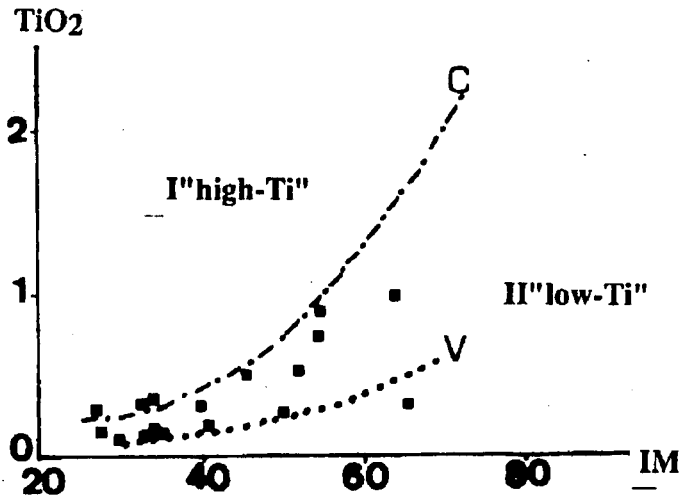


Figure 9 : Diagramme TiO₂-IM de Serri et Saitta (1980) Gabbros.

L'ordre de cristallisation dans les cumulats étant:
Spinelle--> Olivine--> Clinopyroxène--> Plagioclase
--> Amphibole--> Quartz.

La cristallisation de l'olivine et du clinopyroxène à la base de la chambre magmatique a enrichi le liquide résiduel en aluminium, de même la cristallisation du plagioclase met fin à cet enrichissement (WEILL & *al.*, 1970; BENCE & *al.*, 1971; BOYD & SMITH, 1971; GIBB, 1973).

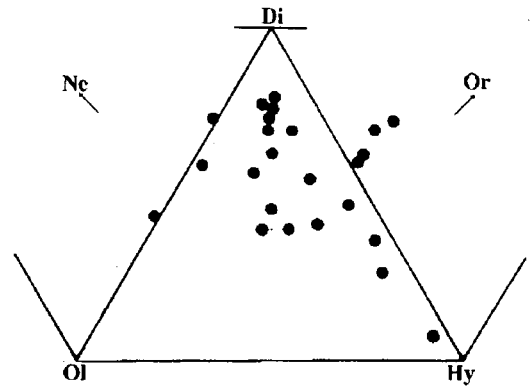


Figure 10 : Diagramme Ne-Di-Oi-Hy-Qz de Yoder et Tilley (1962)

Cet ordre de cristallisation permet de classer l'ophiolite de bou Azzer (auquel appartient le massif d'Oumarou) comme appartenant à la série pyroxénolite de type II (CHURCH & RICCIO, 1977, OHNENSTETTER, 1985, ROCCI & *al.*, 1978).

- Les cumulats magmatiques dérivent bien d'un liquide ayant à l'origine la composition des tholéiites à olivine (Fig. 10).

REFERENCES

- BANCE, A.E. PAPIKE, J.J. & LINDSLEY, D.H. (1971).- Cristallization histories of clinopyroxènes in Low porphyritic roks from oceanus procellarom. *Proc-Second Lunar Sci. Conf.* 1, p. 559-574.
- BOUDINIER, J.L. DUPUY, C. & DOSTAL, J. (1984).- Geochemistry of Precambrian ophiolites from Bou Azzer, Morocco. *Contrib. Minerl. Petrol.* 87, p. 43-50
- BOYD, & SMITH. (1971).- *Structure des péridotites en enclaves dans les Kimberlites d'Afrique du Sud.* Thèse 3ème cycle, Nantes, 122p
- CABY, R. & LEBLANC, M. (1973).- Les ophiolites précambriennes sur les bords Est et Nord du craton Ouest-Africain. *Ire Réunion Ann. Sc. Terre, Paris*, 112p.
- CHURCH, W.R. & RICCIO, L. (1977).- Fractionation trends in the bay of Islandes ophiolite of Newfoundland: polycyclique cumulate sequence in ophiolites and their classification. *Can.J.Earth.Sci.*, 14, p. 1156-1165.
- EL HADI, H. (1988).- *Etude pétrographique et géochimique des cumulats ultramafiques et mafiques du complexe ophiolitique de Bou Azzer-El Graara. Anti-Atlas central, Maroc.* Thèse 3ème cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, 173 p.
- EL HADI, H. & TABIT, A. (1989).- Cumulats ultramafiques et mafiques du complexe ophiolitique de Bou Azzer-El Graara Anti-Atlas central, Maroc. *Colloque de Géologie Franco-Marocain.*, Strasbourg p. 24-26.
- GIBB, F.G.F. (1973).- The zoned clinopyroxenes of the shiant Isles, Sill Scotland. *Jour Petrol.*, V, 14, part 2, p. 203-230.
- HESS, H.J. (1960).- Stillwater igneous complex Montana a quantitative mineralogical study. *Mem. Soc. Am.* 80.
- JACKSON, E.D. (1971).- Ultramafic cumulates in the stillwater, Great dyke and Bushveld intrusions wylie; P.J. (ed) ultramafic and related roks. New-york: *John Wiky and Sons*, p. 20-38.
- JACKSON, E.D. ; GREEN, H.W. et MOORES, E.M. (1975).- The Vourinos ophiolites, Greece: cycle units of Lineated cumulates overlying harzburgites tectonite. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 86, p. 390-398.
- KUSHIRO, I. (1960).- Si-Al relation in clinopyroxene from igneous rocks. *Amer.J.Sci.* Vol. 258, p. 548-554.
- LEAKÉ, B.E. (1978).- Nomenclature of amphiboles *Bull. Miner.* 101, p. 453-467.
- LE BLANC, M. (1972).- Un complexe ophiolitique dans le Précambrien II de l'Anti-Atlas central (Maroc): description, interpretation et position stratigraphique. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, n°236, p. 119-144.
- LE BLANC, M. (1975).- *Ophiolites précambriennes et gites arséniés de cobalt, Bou Azzer-El Graara.* Thèse Montpellier, 329 p.
- LE BLANC, M. (1976).- Proterozoic oceanic crust at Bou Azzer. *Nature*, vol. 261, n°5555, p. 34-35.
- LE BLANC, M. et LANCELOT, J.R. (1980).- Interpretation

- géodynamique du domaine panafricain (Précambrien terminal) de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir de données géologiques et géochimiques. *Jour. Can. Sci. Terre*. Vol. 17, 1; p. 142-155.
- LE BLANC, M. (1981).- The late Proterozoïque ophiolites of Bou Azzer (Morocco): evidence for Pan-African plate tectonics. In: KÏNER, A (ed). Precambrien Plate Tectonics. Elsevier Sci. Publ. Amsterdam, p. 435-451.
- NOGHREYAN, M.K. (1982).- *Evolution géochimique, minéralogique et structurale d'un édifice ophiolitique singulier: le massif de Sabzevar (partie centrale) Nord-Est de l'Iran*. Thèse d'Etat, Uni. Nancy I.
- OHNENSTETTER, D.; OHNENSTETTER, M. & ROCCI, G. (1975).- Tholeiitic cumulates in a high pressure metamorphic belt., t. I, n°4, p. 291-317.
- OHNENSTETTER, M. (1982).- Classification pétrographique et structurale des ophiolites, écho de la dynamique des zones de transition croûte-manteau. Incidence sur la nature et la disposition des corps de chromites associées. C.R.H. Acad. Sci. Paris, t. 301, série II, n°20, p. 1413-1418.
- PALLISTER, J.S. & HOPSON, C.A. (1978).- Cryptic variation in gabbros sections from the Semail ophiolite, Oman. Evidence of a long lived spreading ridge magma chamber. *Cos. Tran. A Gu*, 59, p. 1213-1214.
- PAUPY, A. (1976).- *Nouvelles données sur un type de différenciation du magma ophiolitique: massif de Vourinos (Grèce)*. Thèse 3ème cycle, Univ. Nancy I. 173p.
- ROCCI, G. OHNENSTETTER, D. & OHNENSTETTER, M. (1975).- La dualité des ophiolites téthysiennes. *Pétrologie*, t.I, n°2, p. 172-174.
- SAPOUNTZIS, S.E. (1979).- The thessaloniki gabbros. *Journ. of Petrol.*, 20, 1, p. 37-70.
- SERRI, G. & SAIITA, M. (1980).- Fractionation trends of the gabbroic complexes from high and low Ti ophiolites and the crust of major oceanic basins. A comparison. *Ofioliti* (2/3), p. 241-264.
- YODER, H.S. & TILLEY, C.E. (1962).- Origine of basaltic magmas: an experimental study of natural and synthetic rock system. *Jour. Petrology*, 3, p. 342-532.
- WAGER, L.R.; BROWN, G.M. et WAD SWORTH, W.J. (1960).- types of igneous cumulates. *Journ. Petrol.*, Vol.1, p. 73-85.
- WEILL, D.F.; Mc CALUM, J.S.; BOTTINGA, Y., DRAKE, M.J. and Mc KAY, G.A. (1970).- Mineralogy and petrology of some Apollo 11 igneous rocks. *proc. Apollo 11 Lunar. Conf.* 1, p. 937-955

Adresses des auteurs

- H. EL HADI
 Université Hassan II - Mohammadia
 Faculté des Sciences Ben Msik
 Casablanca
- A. TABIT
 Université Cadi Ayyad.
 Faculté des Sciences Semailia
 B.P. S15 Marrakech