

Géochimie et minéralogie des laves triasiques de la Méséta Cotière, Maroc.

Danielle GIRARD

دانييل جيرار

ملخص

جيوكيمياء وعدانية اللابات الترياسية للهضبة الشاطئية، المغرب. تتزامن اللابات القاعدية للهضبة الشاطئية مع البركة المعروفة خلال نهاية الترياسي في الأطلس الكبير. تعطي الدراسات الكيميائية والعدانية لهذه اللابات صفات ثوليت محيطية، وتعكس بعض الخصوصيات المرتبطة بكيمياء الكالينويروكسين الصفة الكيميائية لصهير تموضع عبر أحواض ممتدة على طول هامش ساكن.

RESUME

Les laves basiques de la Méséta Cotière sont contemporaines du volcanisme fini-triasique du Haut-Atlas. Les études chimiques et minéralogiques leurs confèrent des caractères de tholéites océaniques. Des particularités liées à la chimie des clinopyroxènes reflètent la nature chimique d'un magma mis en place dans des bassins le long d'une marge passive.

SUMMARY

Geochemistry and mineralogy of triassic lavas of the Coastal Meseta (Morocco). The Meseta Cotière basic lavas are contemporaneous of the High Atlas Late Triassic volcanism. The chemical and mineralogical studies give them oceanic tholeites' characters. Some particularities owed to clinopyroxenes' chemistry show the chemical nature of magma set down in basins along a passive continental margin.

INTRODUCTION

La marge continentale atlantique au Maroc contient de nombreux affleurements de laves rhyolitiques ou basaltiques d'âge Permien à Trias.

La région étudiée concerne la Méséta Cotière où affleurent des filons et des coulées superposées de laves basiques localisés dans les oueds Néfikh et Mellah (fig. 1). Ces laves ont été décrites comme des coulées de labradorites ophitiques interstratifiées dans des argiles rouges par LECOINTRE (1926, 1935). Ces argiles, non fossilifères, sont riches en gypse et correspondent à une sédimentation marine profonde de bassins subsidents le long d'une marge continentale passive (SALVAN, 1983).

Seules les rhyolites reconnues comme permien dans la Méséta Cotière ont été étudiées d'un point de vue pétrologique et structural (LE GUERN *et al.* 1983, CAILLEUX *et al.* 1983). Mais de par leur position stratigraphique et leur nature basique les roches présentées ici sont davantage à rapprocher des basaltes du Haut

Atlas étudiés par BERTRAND *et al.* (1975, 1977, 1982) et DE PACHTERE (1983). Ce dernier sépare nettement un volcanisme permien, surtout alcalin et rarement tholéitique, d'un volcanisme franchement tholéitique fini-triasique.

Le but de cette étude est donc la caractérisation géochimique et minéralogique de ces roches afin de les situer précisément par rapport à l'ensemble du volcanisme "permotriasique" marocain considéré comme lié à l'ouverture de l'Atlantique (H. BERTRAND *et al.*, 1982).

ETUDE PETROGRAPHIQUE

Les échantillons représentatifs, localisés sur la figure 1, sont pour la plupart des basaltes à grains fins. M30-M31-M32 et M33 correspondent à une succession de coulées superposées, les autres ont été prélevés dans des filons. Les coulées sont souvent bulleuses en surface et contiennent des veines d'opale et des géodes de quartz améthyste.

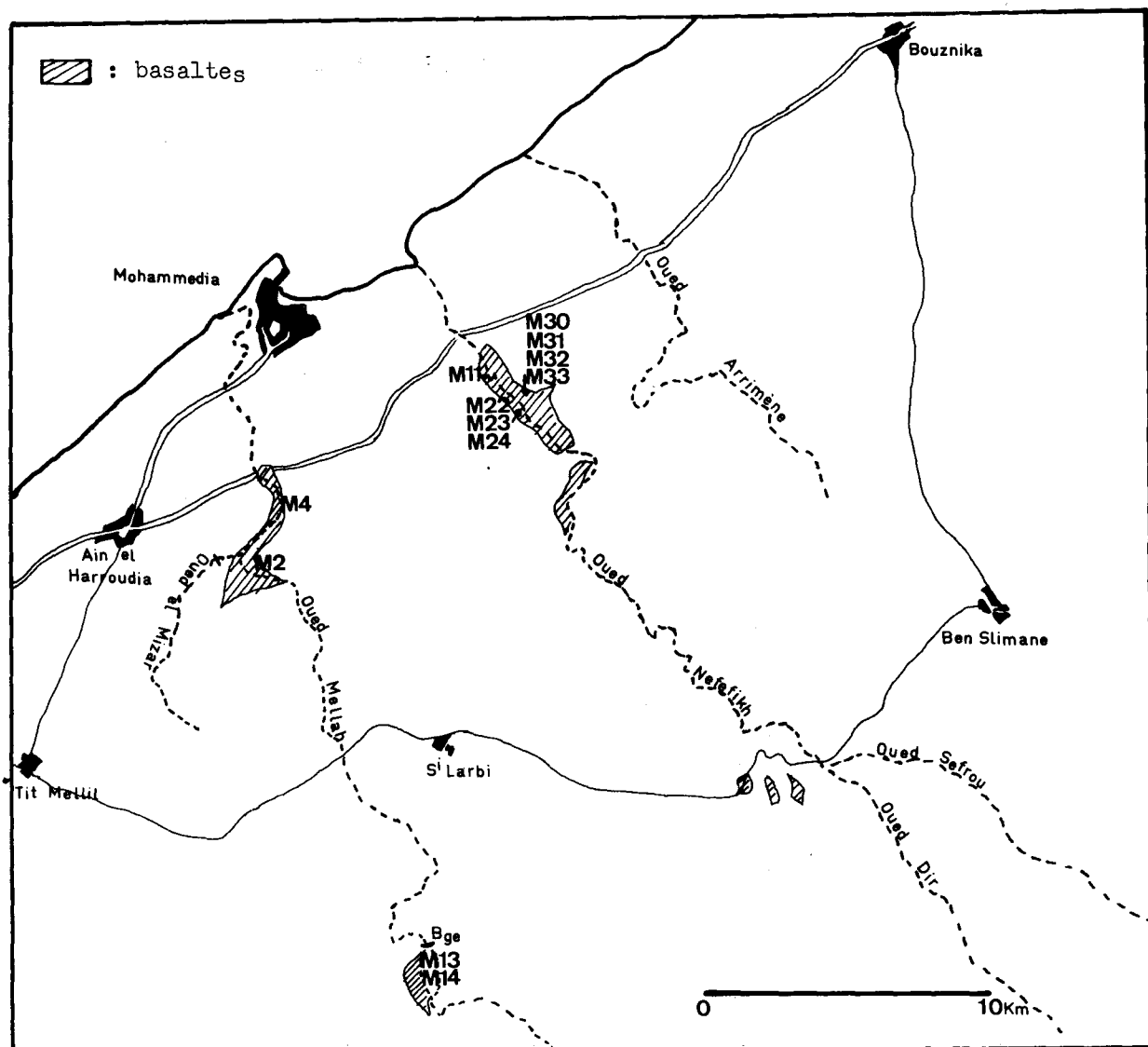


Figure 1 : Carte de localisation des échantillons de lave de la Méséta Cotière.

Microscopiquement, on observe des structures sub-ophitiques constituées d'un assemblage de clinopyroxènes bien développés et de plagioclases souvent groupés en gerbe à partir d'un noyau de pyroxène. On note la présence de rares fantômes d'olivine. Les opaques sont peu abondants en phénocristaux et souvent squelettiques. La mésostase vitreuse contient de fins plagioclases en boucle de ceinture, de longues et minces fibres de pyroxènes et des opaques en forme de peigne. Ces observations sont symptomatiques d'un refroidissement rapide. Le verre est toujours altéré.

ETUDE GEOCHIMIQUE

Les échantillons ont tous été analysés par absorption atomique par COTTEN (U.B.O.). Les éléments majeurs et en trace (Rb, Sr, Ba, V, Cr, Ni, Cu et Zn) ont été reportés dans le tableau I.

Les pertes au feu, non négligeables mais peu élevées dans l'ensemble (0,61 à 2,28%), laissent supposer une bonne représentativité des éléments excepté, probablement, les alcalins.

Pour l'ensemble des échantillons il s'agit de basaltes dont les teneurs en silice modérées

Tableau I : Analyses des éléments majeurs et en traces des laves de la Méséta Cotière.

| | M-2 | M-4 | M-11 | M-13 | M-14 | M-22 | M-23 | M-24 | M-30 | M-31 | M-32 | M-33 |
|--------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| SiO ₂ | 50,25 | 50,00 | 51,10 | 50,50 | 52,50 | 51,00 | 50,30 | 51,00 | 51,00 | 52,80 | 51,00 | 52,20 |
| TiO ₂ | 1,34 | 1,32 | 1,43 | 1,29 | 1,66 | 1,54 | 1,16 | 1,34 | 1,49 | 1,61 | 1,41 | 1,66 |
| Al ₂ O ₃ | 14,18 | 14,10 | 13,91 | 13,84 | 15,10 | 13,85 | 14,03 | 14,16 | 14,10 | 15,01 | 13,66 | 14,21 |
| FeO* | 10,64 | 10,77 | 11,62 | 10,87 | 8,80 | 12,05 | 10,27 | 11,35 | 10,30 | 8,31 | 10,22 | 10,32 |
| MnO | 0,26 | 0,27 | 0,20 | 0,17 | 0,13 | 0,21 | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 0,12 | 0,16 | 0,16 |
| MgO | 8,11 | 8,07 | 7,47 | 8,15 | 6,24 | 6,78 | 8,90 | 7,68 | 7,73 | 6,64 | 7,52 | 6,49 |
| CaO | 10,83 | 10,77 | 10,44 | 10,57 | 9,26 | 10,30 | 9,71 | 10,63 | 9,27 | 8,60 | 8,98 | 9,16 |
| Na ₂ O | 1,86 | 1,83 | 1,96 | 1,90 | 2,62 | 2,05 | 1,76 | 1,90 | 2,25 | 2,42 | 2,27 | 2,48 |
| K ₂ O | 0,31 | 0,27 | 0,45 | 0,38 | 1,21 | 0,39 | 0,61 | 0,40 | 0,67 | 1,17 | 0,63 | 0,87 |
| P ₂ O ₅ | 0,08 | 0,50 | 0,20 | 0,10 | 0,35 | 0,15 | 0,50 | 0,40 | 0,50 | 0,15 | 0,35 | 0,10 |
| H ₂ O+ | 1,05 | 1,58 | 0,61 | 1,13 | 1,71 | 0,88 | 1,64 | 0,70 | 1,90 | 2,20 | 2,28 | 1,49 |
| H ₂ O- | 0,89 | 0,88 | 0,52 | 0,56 | 0,85 | 0,61 | 1,12 | 0,56 | 1,16 | 1,48 | 1,03 | 0,72 |
| Total | 99,80 | 100,36 | 99,91 | 99,48 | 100,43 | 99,81 | 100,30 | 100,29 | 100,51 | 100,51 | 99,51 | 99,86 |
| Rb | 9 | 8 | 13 | 13 | 34 | 14 | 15 | 10 | 13 | 28 | 15 | 22 |
| Sr | 142 | 147 | 144 | 130 | 215 | 149 | 129 | 133 | 186 | 210 | 188 | 192 |
| Ba | 170 | 270 | 130 | 150 | 240 | 155 | 105 | 150 | 205 | 230 | 180 | 230 |
| V | 258 | 264 | 276 | 260 | 294 | 285 | 225 | 278 | 273 | 277 | 247 | 285 |
| Cr | 356 | 365 | 366 | 398 | 322 | 262 | 448 | 363 | 301 | 307 | 285 | 259 |
| Co | 45 | 46 | 48 | 51 | 29 | 43 | 46 | 42 | 41 | 33 | 41 | 37 |
| Ni | 93 | 95 | 95 | 115 | 73 | 72 | 118 | 91 | 87 | 83 | 83 | 67 |
| MgO/ MgO+FeO | 0,43 | 0,43 | 0,39 | 0,43 | 0,41 | 0,36 | 0,46 | 0,40 | 0,43 | 0,44 | 0,42 | 0,38 |
| K/Rb | 189 | 185 | 190 | 161 | 195 | 153 | 223 | 220 | 283 | 230 | 231 | 217 |
| Rb/Sr | 0,063 | 0,054 | 0,090 | 0,114 | 0,160 | 0,094 | 0,116 | 0,075 | 0,070 | 0,133 | 0,080 | 0,110 |

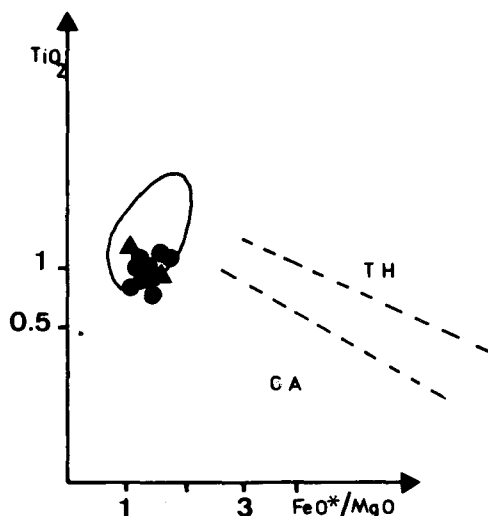
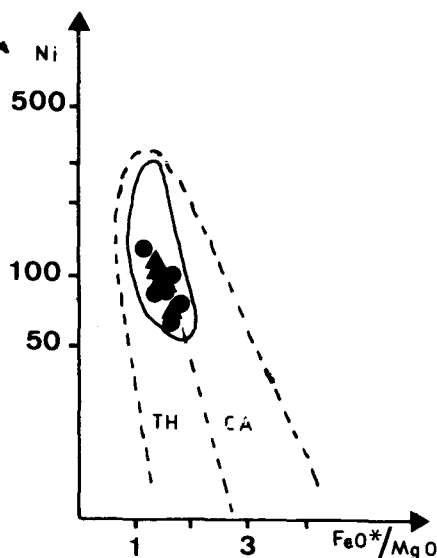
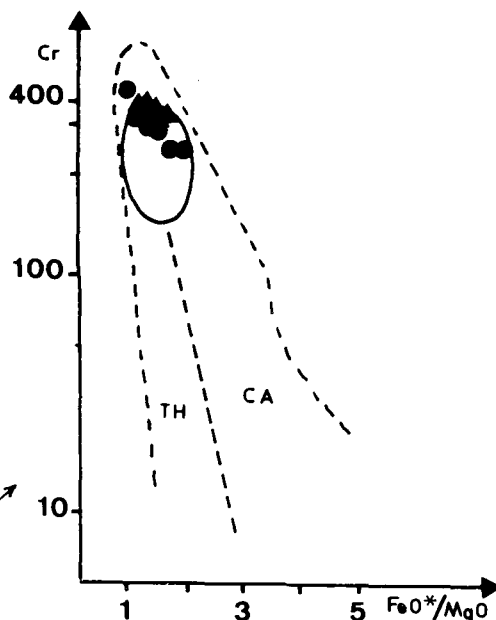


Figure 2 : Position des laves de la Méséta Cotière dans les diagrammes TiO_2 , Cr, Ni f. (FeO/MgO) de Miyashiro et Shidô, 1975. Triangles = laves de l'Oued Mellah, Cercles = laves de l'Oued Nefikh. TH : Tholéitique, CA : Calco-alcalin



varient d'un échantillon à l'autre (50 à 52,80%), il en va de même pour les teneurs en FeO^* et MgO , en effet le rapport $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}^*)$ varie de 0,36 à 0,46. L'étude du tableau I montre que les éléments présentent des évolutions en fonction de $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}^*)$. En effet on observe une augmentation de FeO^* , MnO et TiO_2 typique des séries tholéitiques pour lesquelles les opaques fractionnent tardivement. Les teneurs en Al_2O_3 restent constantes, bien contrôlées par la cristallisation du plagioclase. Le sodium augmente car les plagioclases sont des phases calciques. On ne peut rien dire de K_2O et du CaO pour lesquels les valeurs montrent une nette dispersion, les variations peuvent être dues à l'altération.

Les taux de Cr et Ni sont classiques de ceux rencontrés dans les tholéites océaniques. On observe cependant une baisse de Cr et Ni en fonction du rapport $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}^*)$, ceci est en accord avec la cristallisation du pyroxène pour le Cr et on doit supposer un certain fractionnement de l'olivine au niveau des termes moins différenciés pour expliquer la décroissance de Ni. Zn et Co ont des valeurs comparables à celles des tholéites abyssales, respectivement 70 et 40-45 ppm. Les teneurs en Cr des tholéites océaniques varient de 600 ppm à 50 ppm à partir d'un liquide primaire jusqu'à un liquide différencié par cristallisation fractionnée, celles de Ni varient de 250 à 50 ppm, le Co reste constant (et de l'ordre de 40 à 45 ppm) (BOUGAULT et al. 1979). Les basaltes étudiés ne

sont donc pas primaires et sont le résultat d'au moins un début de cristallisation fractionnée contrôlée tout d'abord par l'olivine puis plus largement par les clinopyroxènes et les plagioclases. Le V lié aux opaques tardifs présente le même comportement que FeO^* , TiO_2 et MnO .

Le report des analyses de TiO_2 , Cr et Ni dans les diagrammes de MIYASHIRO et SHIDO (1975) (fig. 2) confirme le caractère tholéitique océanique de ces laves ainsi que leur faible évolution. Les points se situent préférentiellement dans le domaine des basaltes océaniques (Atlantique Nord) plutôt que dans celui des tholéites continentales dans le diagramme de Shervais 1982 (fig. 3).

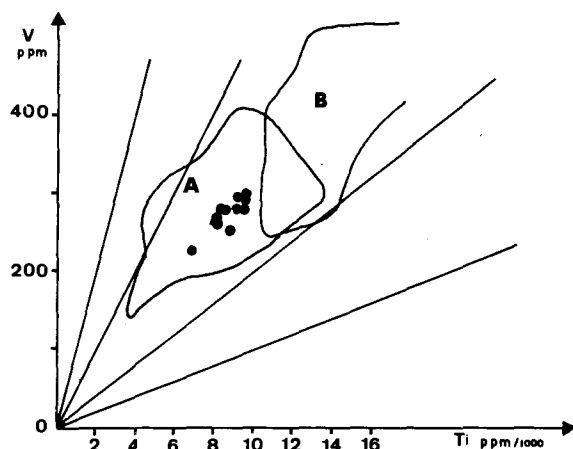


Figure 3 : Position des laves de la Méséta cotière dans le diagramme V/(Ti/1000) de Shervais, 1982. A : Domaine des tholéites de l'Océan Atlantique, B : Domaine des tholéites continentales.

Les rapports K/Rb et Rb/Sr sont respectivement plus faibles et plus élevés que ceux classiquement rencontrés dans les basaltes océaniques ; par contre ils sont comparables à ceux des tholéites continentales (ERLANK et HOFMEYER 1968) et ceux des tholéites du Haut Atlas (BERTRAND *et al.*, 1982). Cependant ces éléments sont mobiles lors des processus d'altération et doivent être considérés avec précaution.

Par comparaison avec les basaltes tholéitiques du Haut Atlas ceux de la Méséta Cotière

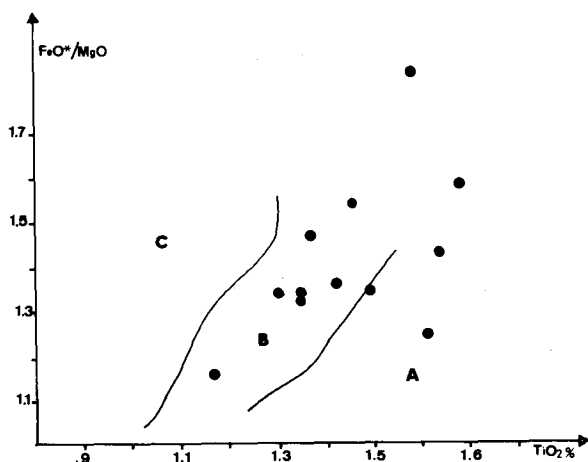


Figure 4 : Positions de laves de la Méséta cotière dans le diagramme (FeO*/MgO) f. TiO₂ de De Pachtère, 1983. A : Domaine des basaltes de la formation inférieure du Haut-Atlas ; B : Domaine des basaltes de la formation intermédiaire du Haut-Atlas C : Domaine des basaltes de la formation supérieure du Haut-Atlas.

seraient équivalents aux laves des formations inférieures et intermédiaires sur les diagrammes FeO/MgO f(TiO₂) de DE PACHTERE (1983) (fig. 4).

ETUDE MINÉRALOGIQUE

Les principaux phénocristaux conservés sont représentés par les plagioclases, les clinopyroxènes et les opaques. Ils ont été, pour 9 échantillons, analysés à la microsonde électronique CAMEBAX à Brest dans les conditions de travail suivantes : 15 KV, 10-12 nA, temps de comptage 6 s. Des analyses représentatives sont reportées dans les tableaux II, III(a,b).

LES PLAGIOCLASES

Seul l'échantillon M24 contient des plagioclases très basiques AN76 à AN88 (bytownite), les autres ont des phénocristaux dont la teneur en anorthite varie modérément de AN79 à AN64 (bytownite-labrador). Conformément à une évolution normale les microlites sont plus sodiques AN55.

Les phénocristaux contiennent en général des taux significatifs en MgO ce qui est classique des plagioclases de tholéites océaniques.

LES CLINOPYROXENES

Tous les échantillons contiennent des pyroxènes calciques qui peuvent coexister avec de la pigeonite.

Il s'agit en général d'endiopsides et d'augites (fig. 5). On observe deux types d'évolution qui peuvent parfois coexister au sein d'une même lame (M24). Tout d'abord on note une évolution des endiopsides aux augites subcalciques avec un net enrichissement en fer pour les échantillons des coulées M30-M32-M33 et M16, évolution classique des séries tholéitiques type Skaergaard. La seconde évolution surtout évidente pour les lames M2-M4-M11-M22(filons) forme un trend qui montre une substitution Ca-Fe avec une proportion de Mg quasi constante des cœurs d'augite aux cœurs de pigeonites représentant une évolution de trempe (Quench trend) (SMITH et LINDSLEY, 1971).

Les pigeonites sont surtout abondantes et en phénocristaux dans les lames M13 et M33. Elles sont groupées et ne s'enrichissent pas ou

Tableau II : Analyses chimiques des plagioclases et des titanomagnétites des laves de la Méséta Cotière (C—Cœurs de Phéno cristaux, mpC—Cœurs de micro-phénocristaux, m—mésostase.)

| | Plagioclases | | | | | | | | | | Titanomagnétites | |
|--------------------------------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------------------------------|------------------|-----------|
| | M-2 C | M-4 C | M-11 C | M-22 C | M-24 C | M-24 C | M-32 mpC | M-33 C | M-33 m | | M-11 C | M-30 C |
| SiO ₂ | 50,66 | 49,04 | 49,78 | 50,16 | 50,29 | 49,27 | 50,74 | 51,44 | 54,41 | : | 0,27 | 2,44 |
| TiO ₂ | | | | | | | | | | | 27,49 | 17,18 |
| Al ₂ O ₃ | 31,06 | 31,53 | 31,06 | 31,36 | 30,18 | 31,56 | 29,99 | 30,16 | 26,84 | | 2,61 | 0,61 |
| Cr ₂ O ₃ | | | | | | | | | | | 54,45 | 45,03 |
| FeO* | 0,46 | 0,59 | 0,38 | 0,50 | 0,65 | 0,37 | 1,17 | 0,42 | 1,62 | FeO | 11,04 | 34,31 |
| MnO | | | | | | | | | | Fe ₂ O ₃ | 0,98 | 0,25 |
| MgO | 0,28 | 0,33 | 0,35 | 0,30 | --- | --- | 0,24 | --- | 0,50 | | 0,45 | 0,83 |
| CaO | 15,23 | 15,71 | 15,37 | 15,18 | 14,33 | 15,74 | 13,85 | 13,11 | 10,60 | | 0,11 | 0,20 |
| Na ₂ O | 2,80 | 2,50 | 2,81 | 2,71 | 2,37 | 1,08 | 3,25 | 3,81 | 4,40 | | 0,04 | --- |
| K ₂ O | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,24 | 0,20 | 0,52 | | --- | 0,08 |
| Total | 100,61 | 99,79 | 99,89 | 100,38 | 97,98 | 98,20 | 99,51 | 99,21 | 98,92 | | 97,44 | 100,93 |
| AB | 24,76 | 22,21 | 24,74 | 24,32 | 22,89 | 10,96 | 29,41 | 34,03 | 41,48 | | | |
| OR | 0,67 | 0,61 | 0,46 | 0,55 | 0,59 | 0,72 | 1,41 | 1,20 | 3,25 | | | |
| AN | 74,56 | 77,18 | 74,79 | 75,13 | 76,52 | 88,31 | 69,18 | 64,76 | 55,28 | : | : | : |

Tableau IIIa : Analyses chimiques des clinopyroxènes des laves de la Méséta Cotière (C—Cœurs de phéno-cristaux, M—microlite)

| | M-2 C | M-2 M | M-4 C | M-11 C | M-13 C | M-13 C | M-13 C | M-22 C | M-22 C | : |
|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| SiO ₂ | 52,86 | 52,62 | 52,94 | 53,23 | 52,31 | 51,39 | 53,87 | 53,97 | 55,36 | : |
| TiO ₂ | 0,28 | 0,57 | 0,24 | 0,38 | 0,32 | 0,63 | 0,19 | 0,31 | 0,22 | : |
| Al ₂ O ₃ | 2,35 | 1,17 | 2,53 | 1,51 | 2,25 | 1,41 | 1,02 | 1,13 | 0,77 | : |
| Cr ₂ O ₃ | 0,99 | --- | 0,83 | 0,08 | 0,60 | 0,08 | 0,13 | 0,29 | --- | : |
| FeO* | 6,17 | 17,58 | 5,84 | 9,15 | 6,64 | 18,98 | 14,50 | 9,41 | 16,06 | : |
| MnO | 0,08 | 0,42 | 0,09 | 0,27 | 0,13 | 0,24 | 0,13 | 0,23 | 0,35 | : |
| MgO | 18,09 | 19,11 | 18,11 | 19,32 | 18,35 | 17,57 | 25,74 | 21,82 | 24,20 | : |
| CaO | 18,98 | 8,41 | 18,94 | 15,19 | 18,93 | 9,88 | 4,29 | 13,17 | 4,81 | : |
| Na ₂ O | 0,23 | 0,10 | 0,16 | 0,08 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,15 | 0,03 | : |
| Total | 100,04 | 99,98 | 99,68 | 99,20 | 99,70 | 100,28 | 100,07 | 100,48 | 101,81 | : |
| Si | 1,9310 | 1,9631 | 1,9356 | 1,9614 | 1,9223 | 1,9360 | 1,9547 | 1,9554 | 1,9841 | : |
| Ti | 0,0078 | 0,0159 | 0,0067 | 0,0104 | 0,0089 | 0,0180 | 0,0052 | 0,0085 | 0,0060 | : |
| Al | 0,1011 | 0,0514 | 0,1069 | 0,0656 | 0,0974 | 0,0626 | 0,0436 | 0,0482 | 0,0325 | : |
| Cr | 0,0286 | --- | 0,0239 | 0,0023 | 0,0175 | 0,0025 | 0,0039 | 0,0082 | --- | : |
| Fe | 0,1885 | 0,5486 | 0,1786 | 0,2819 | 0,2042 | 0,5979 | 0,4400 | 0,2853 | 0,4815 | : |
| Mn | 0,0026 | 0,0134 | 0,0028 | 0,0023 | 0,0039 | 0,0076 | 0,0096 | 0,0071 | 0,0107 | : |
| Mg | 0,9847 | 1,0628 | 0,9871 | 1,0612 | 1,0051 | 0,9863 | 1,3918 | 1,1783 | 1,2925 | : |
| Ca | 0,7427 | 0,3363 | 0,7418 | 0,5999 | 0,7454 | 0,3989 | 0,1669 | 0,5112 | 0,1847 | : |
| Na | 0,0165 | 0,0069 | 0,0114 | 0,0054 | 0,0125 | 0,0069 | 0,0005 | 0,0108 | 0,0021 | : |
| Wo | 38,71 | 17,15 | 38,84 | 30,74 | 38,06 | 20,04 | 8,31 | 25,79 | 9,38 | : |
| En | 51,33 | 54,19 | 51,67 | 54,38 | 51,31 | 49,55 | 69,30 | 59,46 | 65,63 | : |
| Fs | 9,96 | 28,66 | 9,49 | 14,88 | 10,63 | 30,42 | 22,39 | 14,75 | 24,99 | : |

peu en fer ; l'une d'elles cependant présente un cœur de pigeonite et une périphérie d'augite assez ferrière. Ces pigeonites ayant un rapport Mg/Fe assez élevé laissent supposer qu'elles sont précoces et que le refroidissement a été rapide (ARNDT et FLEET, 1979).

On note que les teneurs en TiO₂ sont faibles dans l'ensemble et relativement constantes, par contre les teneurs de chrome sont élevées et

peuvent atteindre des valeurs de l'ordre de 1,43%. Ces mêmes caractéristiques ont été observées dans les clinopyroxènes des basaltes Jurassique supérieur du site 100, leg 11 (SCHWEITZER et al, 1979) ; ces derniers forment un groupe un peu particulier au sein des clinopyroxènes de fonds océaniques ; les couples Cr₃+Al et Al₂Al₆ sont leurs composants majeurs. Une forte proportion de la molécule CaCrAlSiO₆ est symptomatique d'une faible

Tableau IIIb : Analyses chimiques des clinopyroxènes des laves de la Méséta Cotière (C—Cœurs de phénocristaux, P—périphérie)

| | M-24 C | M-30 C | M-32 C | M-33 C | M-33 C → P | M-33 P |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| SiO ₂ | 49,47 | 53,16 | 52,25 | 52,35 | 54,93 | 50,37 |
| TiO ₂ | 1,00 | 0,55 | 0,52 | 0,40 | 1,18 | 0,14 |
| Al ₂ O ₃ | 1,89 | 2,08 | 1,69 | 2,34 | 0,64 | 1,76 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,10 | 0,08 | — | 0,79 | 0,13 | 0,02 |
| FeO* | 20,90 | 8,18 | 9,99 | 7,12 | 16,29 | 19,11 |
| MnO | 0,44 | 0,25 | 0,30 | 0,06 | 0,28 | 0,31 |
| MgO | 12,11 | 17,52 | 17,56 | 18,16 | 25,81 | 12,91 |
| CaO | 13,29 | 18,68 | 16,88 | 19,12 | 4,17 | 13,90 |
| Na ₂ O | — | 0,24 | 0,22 | 0,05 | — | — |
| Total | 99,21 | 100,73 | 99,42 | 100,39 | 102,40 | 99,60 |
| Si | 1,9266 | 1,9407 | 1,9428 | 1,9153 | 1,9344 | 1,9597 |
| Ti | 0,0294 | 0,0150 | 0,0145 | 0,0110 | 0,0342 | 0,0037 |
| Al | 0,0868 | 0,0894 | 0,0739 | 0,1011 | 0,0800 | 0,0268 |
| Cr | 0,0029 | 0,0024 | — | 0,0229 | 0,0005 | 0,0038 |
| Fe | 0,6806 | 0,2498 | 0,3107 | 0,2178 | 0,6144 | 0,4862 |
| Mn | 0,0147 | 0,0077 | 0,0094 | 0,0018 | 0,0100 | 0,0085 |
| Mg | 0,7031 | 0,9533 | 0,9734 | 0,9901 | 0,7398 | 1,3726 |
| Ca | 0,5547 | 0,7308 | 0,6725 | 0,7496 | 0,5725 | 0,1596 |
| Na | — | 0,0167 | 0,0160 | 0,0034 | — | — |
| Wo | 28,40 | 37,64 | 34,21 | 38,26 | 29,56 | 7,87 |
| En | 36,00 | 49,10 | 49,51 | 50,53 | 38,20 | 67,72 |
| Fs | 35,60 | 13,26 | 16,28 | 11,21 | 32,24 | 24,41 |

différenciation, en effet les taux de chrome sont ici équivalents à ceux des clinopyroxènes de Périodites (MENZIES, 1973).

En reportant les analyses de ces clinopyroxènes dans les diagrammes de LETERRIER *et al.* (1982), on remarque que, conformément aux observations précédentes, ils se situent préférentiellement dans le champ des clinopyroxènes de basaltes non alcalins dans le diagramme Ti f(Ca+Na) (fig. 6a) et dans celui des clinopyroxènes de basaltes non orogéniques dans le diagramme Ti+Cr f(Ca) (fig. 6b). Il faut cependant noter que, si les points sont dans le domaine non-orogénique dans le second diagramme, c'est en grande partie grâce aux fortes teneurs en chrome, les teneurs en Ti étant comparables à celles des basaltes orogéniques ; on remarque en effet une évolution assez originale de Ti en fonction de Cr dans le diagramme de MOLLARD *et al.* (1983) (fig. 7) qui ne place

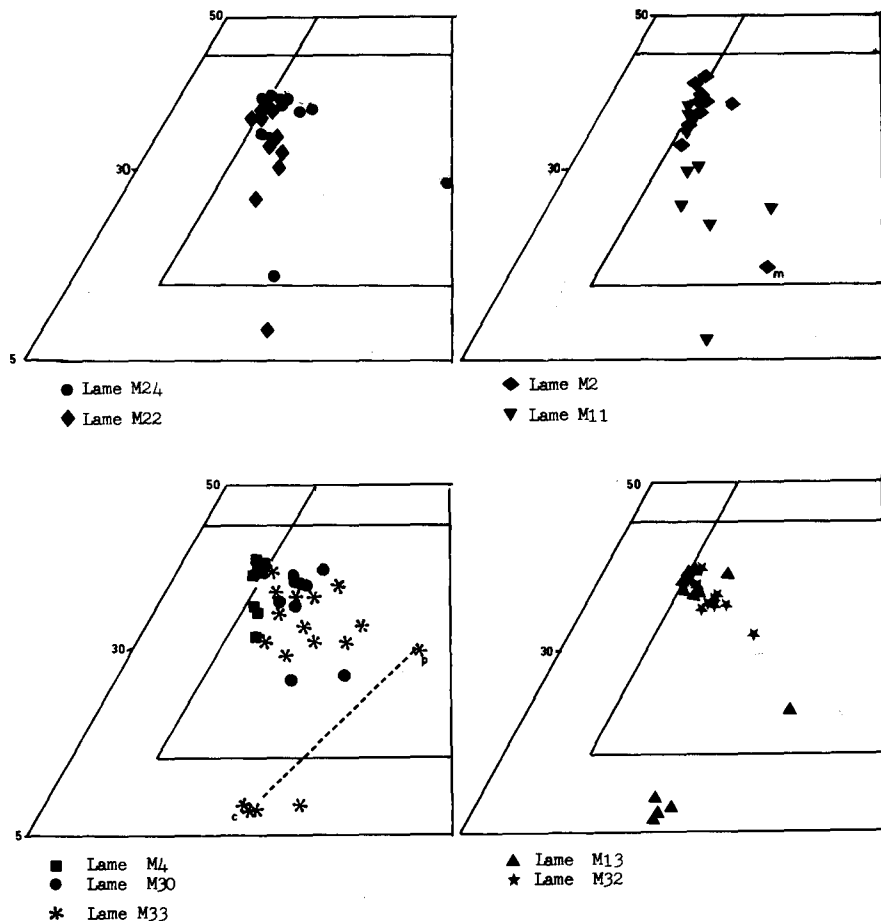
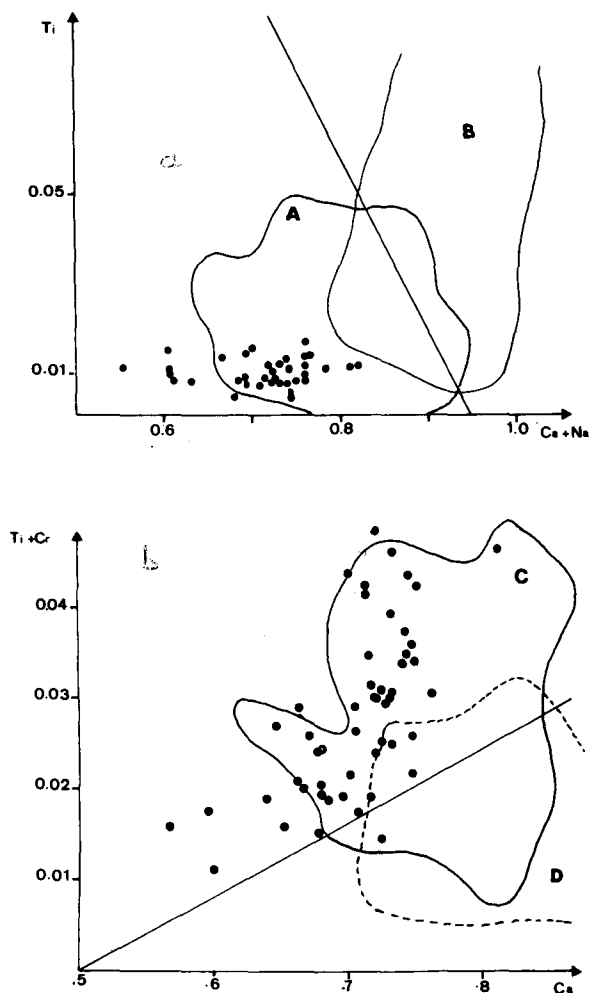


Figure 5 : Position des clinopyroxènes des basaltes de la Méséta Cotière dans les diagrammes Wo-En-Fs. c : Cœur ; p : périphérie ; m : microlites.



Figures 6a et 6b : Position des clinopyroxènes des laves de la Méséta cotière dans les diagrammes de Leterrier *et al.*, 1982. A : Domaine des clinopyroxènes des basaltes non alcalins, B : Domaine des clinopyroxènes des basaltes alcalins, C : Domaine des clinopyroxènes des basaltes non orogéniques, D : Domaine des clinopyroxènes des basaltes orogéniques.

pas franchement ces pyroxènes dans le domaine des clinopyroxènes des tholéites océaniques. La répartition des points est tout à fait comparable à celle des clinopyroxènes des spilites du Rio Dagua (MOLLARD *et al.*, 1983) pour lesquels les auteurs, ne pouvant conclure à une affinité plutôt orogénique que non-orogénique, envisageaient la présence conjointe dans une même unité structurale de basaltes de types différents. L'étude des roches totales ne laissant subsister aucun doute sur l'affinité non-orogénique des

roches marocaines et leurs ressemblances avec celles du site 100 du leg 11, permettent plutôt de penser qu'il s'agit d'un type de magma un peu particulier qui a donné naissance à ces clinopyroxènes très chromifères et peu titanifères.

Le diagramme Ti/Al $f(Mg/(Mg+Fe))$ (DE PACHTERE et BERTRAND, 1982) montre (fig. 8) que les clinopyroxènes échantillonnés sont situés dans la même zone que ceux de la formation inférieure du Haut Atlas de Marrakech.

LES OPAQUES

Les opaques analysés sont tous des titano-magnétites. Elles présentent des teneurs en MgO , CrO_3 et Al_2O_3 faibles qui attestent de leur apparition postérieure aux clinopyroxènes et plagioclases. Les taux en TiO_2 (17 à 29%) correspondent aux pourcentages en titane des roches totales (1 à 1,4%) qui sont classiques de ceux des tholéites océaniques.

CONCLUSIONS

Les laves étudiées présentent au niveau des roches totales toutes les caractéristiques des tholéites océaniques ; les analyses des plagioclases et des oxydes confirment ces résultats. Cependant, les pyroxènes, bien qu'indéniablement non-orogéniques, présentent des caractères particuliers bien mis en évidence par le comportement du titane et du chrome.

De par leurs positions stratigraphiques et leurs natures chimiques et minéralogiques ces roches sont proches des tholéites de la formation inférieure du Haut Atlas ; celles-ci mises en place dans des bassins le long d'une marge passive, sont issues d'un manteau supérieur continental enrichi en éléments incompatibles (BERTRAND *et al.*, 1982). Les conditions d'émission et la nature un peu particulière du magma se reflètent au niveau de la cristallochimie des pyroxènes.

La nature de ce volcanisme permet de conclure que les laves de la Méséta Cotière sont contemporaines du volcanisme fini-triasique lié à l'ouverture de l'Atlantique et plus précisément correspondent aux premières émissions triasiques dans le Haut Atlas.

Remerciements

Je tiens à remercier Mr le professeur R.C. Maury, d'une part pour l'obtention de toutes les analyses chimiques publiées ici et d'autre part pour la lecture critique du manuscrit et ses précieux conseils.

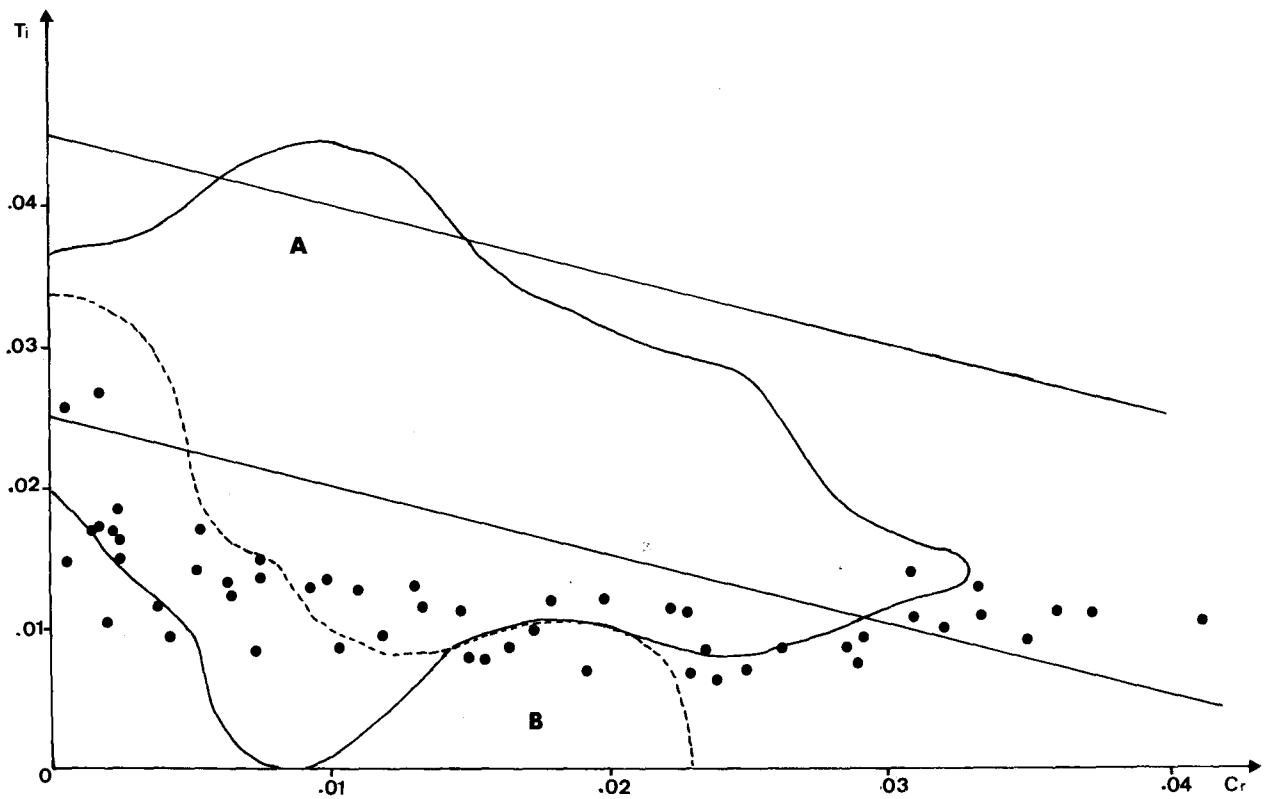


Figure 7 : Position des clinopyroxènes des laves de la Méséta cotière dans le diagramme Ti/Cr de Mollard et al. 1983. A : Domaine des clinopyroxènes des tholeïtes océaniques, B : Domaine des clinopyroxènes des basaltes orogéniques.

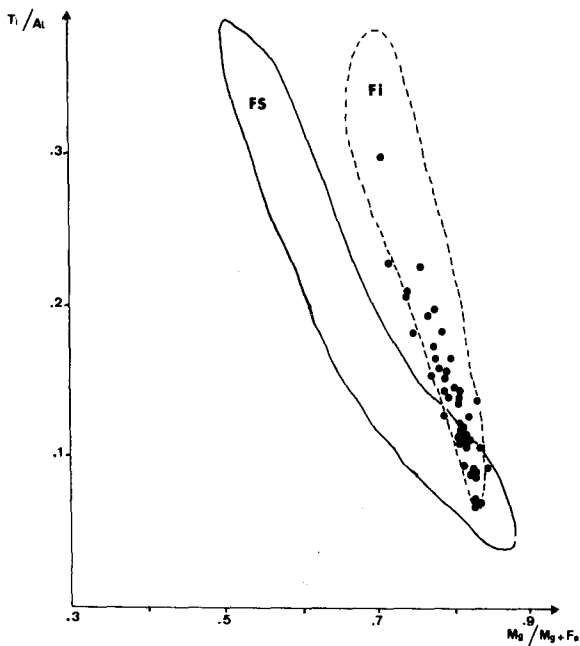


Figure 8 : Position des clinopyroxènes des laves de Méséta cotière dans le diagramme Ti/Al f. (Mg/Mg + Fe) de De Pachtère et Bertrand 1982.
F.S : Formation supérieure des tholéïtes du Haut-Atlas
F.I. : Formation inférieure des tholéïtes du Haut-Atlas.

REFERENCES

- ARNDT N.T. et FLEET M.E. (1979) — Stable and metastable pyroxene crystallization in layered komatite lava flows. *Am. Miner.*, v. 64, p. 856—864
- BERTRAND H. et PRIOTON J.M. (1975) — *Les dolérites marocaines et l'ouverture de l'Atlantique : Etude pétrologique et géochimique*. Thèse 3ème cycle Univ. C. Bernard, Lyon 321 p. 2 Vol.
- BERTRAND H. et COFFRANT D. (1977) — Géochemistry of tholeites from N.E. American margin. Correlation with Morocco. *Contrib. Mineral. Petrol.*
- BERTRAND H., DOSTAL J. et DUPUY C. (1982) — Geochemistry of early Mesozoic tholeites from Morocco. *E. P. S. L.*, 58, p. 225—239
- BERTRAND H., DE PACHTERE P. et TANE J.L. (1984) — L'affinité tholeitique du volcanisme permien du Haut-Atlas de Marrakech et ses relations avec le volcanisme fini-triasique (Maroc). *10ème R.A.S.T. Bordeaux*, p. 54.
- BOUGAULT H. (1980) — *Contribution des éléments de transition à la compréhension de la genèse des basaltes océaniques. Analyses des éléments traces dans les roches par spectrométrie de fluorescence*. X. Thèse d'Etat, Univ. Paris VII, 221 p.
- CAILLEUX Y., GONORD H., LE GUERN M. et SAUVAGE M. (1983) — Taphrogénèse et magmatisme Permien dans le Maroc Central. *Bull. Fac. Sci. Marrakech*, sp.1, p. 24—39.
- DE PACHTERE P. et BERTRAND H. (1982) — Le volcanisme fini-triasique de l'Atlas de Marrakech (Maroc) : ses relations avec l'ouverture de l'Atlantique. Colloque C.N.R.S. "Rifts et fossés anciens", Marseille.
- DE PACHTERE P. (1983) — *Le volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut Atlas de Marrakech (Maroc). Approche pétrologique et géodynamique*. Thèse 3ème cycle, Grenoble 203 p.
- ERLANK A.J. et HOFMEYER R. (1968) — K/Rb ratios in Mesozoic tholeites from Antantica, Brazil and India. *E.P.S.L.*, 4, p. 33—38
- LECOINTRE G. (1926) — Recherches géologiques dans la Méséta marocaine. *nat. M. Soc. Sci. Maroc*, n°14, 158 p.
- LECOINTRE G. (1935) — La vallée de l'oued Mellah (Chaouia). *Ass. Franç. avct. Sci., Congrès Rabat*, p. 130.
- LE GUERN M., SAUVAGE J.F. et SAUVAGE M. (1983) — Dynamique du volcanisme permien dans le massif central marocain. *Bull. Fac. Sci. Marrakech*, sp.1, p.51.
- LETERRIER J., MAURY R.C., THONON P., GIRARD D. et MARCHAL M. (1982) — Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleovolcanic series. *E.P.S.L.*, v.59, p. 139—254.
- MENZIES M. (1973) — Mineralogy and partial melt textures within an Ultramafic-mafic body, Greece. *Mineral. and Petrol.*, 42, p. 273-285
- MIYASHIRO A. et SHIDO F. (1975) — Tholeitic and calc-alkaline series in relation to the behaviors of titanium, vanadium, chromium and nickel. *Am. J. Sci.*, vol. 275, p. 265-277.
- MOLLARD J.P., MAURY R.C., LETERRIER J. et BOURGEOIS J. (1983) — Teneurs en chrome et titane des clinopyroxènes calciques des basaltes ; application à l'identification des affinités magmatiques de roches paléovolcaniques *C.R.Acad. Sc. Paris* t.296 p.903-908
- SALVAN H.M. (1983) — les évaporites triasiques du Maroc. Caractères généraux Répartition-Interprétation. *Bull. Fac. Sci. Marrakech*, sp.1, p.73—84
- SCHWEITZER E.L., PAPIKE J.J. et BENCE E. (1979) — Statistical analysis of clinopyroxenes from deep sea basalts. *Am. Miner.*, v.64, p.501—513
- SHERVAIS J.W. (1982) — Ti—V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *E.P.S.L.*, v.59, p. 101—118
- SMITH D. et LINDSLEY D.H. (1971) — Stable and metastable augite crystallization trends in a single basalt flow. *Am. Miner.*, v.56, p.225—233.

Article reçu en Mars 1987

Adresse de l'auteur :

Danielle GIRARD :
Université Hassan II-Faculté des Sciences de Casa I,
Km 8, Route d'El Jadida, Casablanca.