

Les dykes basiques du massif ancien de l'Ourika (Atlas de Marrakech, Maroc) : géochimie et signification

Ahmed Barakat^{a,*}, Christian Marignac^b, Mohamed Bouabdelli^c

^a Département de géologie, faculté des sciences et techniques, BP 523, Béni-Mellal, Maroc

^b École des mines de Nancy, Parc de Saurupt, 54042 Nancy, France

^c Département de géologie, faculté des sciences Semlalia, BP S15, Marrakech, Maroc

Reçu le 20 août 2001 ; accepté le 8 juillet 2002

Présenté par Michel Durand-Delga

Abstract – The basic dykes of the Ourika old massif (High Atlas of Marrakech): Geochemistry and significance. The Precambrian massif of Ourika is crosscut by two systems of basic dykes, striking N40°E and N90–120°E. Using incompatible trace elements, the two systems form two distinct chemical groups, displaying a continental tholeiitic affinity. The composition variations between the two defined groups can be due to heterogeneities of mantle sources and to contamination, during the magma ascent, by the continental crust. The emplacement of these basic dykes, before the late-PIII formations, can be related to the Neoproterozoic distension generalised to the Anti-Atlas chain. **To cite this article:** A. Barakat et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 827–833.

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Ourika old massif / High Atlas / terminal Neoproterozoic / basic dykes / geochemistry / Morocco

Résumé – Le massif précambrien de l'Ourika (Atlas de Marrakech) est recoupé par deux réseaux de dykes basiques, orientés N40°E et N90–120°E. Les éléments réputés peu sensibles à l'altération montrent que les deux réseaux forment deux groupes chimiques distincts, qui s'apparentent aux tholéiites continentales. Les différences de composition entre les deux groupes seraient dues à une hétérogénéité du manteau sous-continentale et à une contamination par la croûte continentale, lors de la remontée des magmas. La mise en place de ces dykes basiques, antérieurement aux dépôts volcano-détritiques du PIII terminal, pourrait être liée à la distension néoproterozoïque généralisée à l'ensemble de l'Anti-Atlas. **Pour citer cet article :** A. Barakat et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 827–833.

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

massif ancien de l'Ourika / Haut Atlas / Néoproterozoïque terminal / dykes basiques / géochimie / Maroc

Abridged version

1. Introduction

The Moroccan Proterozoic is crosscut by many basic dykes injected along multidirectional fractures. Several studies have been carried out on these dykes in order to explain their emplacement and their significance. This showed that their setting up is related to a distensive

context at the final phases of the Pan-African orogenesis [6–8, 11, 21].

Similar networks of basic dykes browse the Precambrian massif (old massif) of Ourika, which represents a continuity of the Siroua inlier (central Anti-Atlas). The recent discovery of the gold mineralisation, spatially associated to these dykes, confers to them a significant metallogenic interest. The objective of this study is to characterise the mineralogy and the geochemistry of these basic rocks. This would allow, by comparison to the dykes of the other Anti-

* Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : barakat@fstbm.ac.ma (A. Barakat).

Atlas inliers, to obtain some information on the magma sources and to specify their significance at the regional scale.

2. Geological setting

The old massif of the High Atlas of Marrakech is subdivided into two blocks, which are geologically different [13]: a western block, consisting of Palaeozoic formations, and an eastern block, formed by Precambrian crystalline terranes as well as various Cambrian to Quaternary sedimentary formations [17]. The eastern block of the old massif is regarded as an advanced point of the central Anti-Atlas [2].

The Ourika massif is located in the eastern block of the High Atlas old massif, approximately 60 km south of Marrakech (Fig. 1). The studied basic dykes stake out the oldest formations of Precambrian I era [10, 16, 17, 22], which outcrop into the elbow of the Ourika river (Setti Fadma village). These formations correspond to biotite–amphibole gneiss and amphibolites [12], and constitute the gneissic massif of Ourika. This massif is limited to the south and the west by granodiorites of Precambrian PII age, to the east by pink granites of PIII age, and to the north by Triassic formations.

Gneissic massif hosting the dykes showed two phases of ductile deformation: the PI deformation, characterised by a strong foliation striking $N0 \pm 30^\circ E$ and revealing the effects of a syntectonic metamorphism on amphibolite facies, and the PII deformation, caused by a NNE–SSW compression, and marked by the development of $N160^\circ E$ folds. The brittle deformation, related to post-PII tectonic episodes, is materialised by some structure systems, striking preferentially subequatorial and submeridional. This deformation is represented by faults, basic dykes, calcite and/or quartz veins.

The studied basic dykes crosscut the gneissic massif of Ourika (PI) as well as the PII–Lower PIII formations [17]. These dykes are decimetric to metric (0.5 to 1.5 m) in width, and often exceed 100 m in length. According to their orientation, two groups can be distinguished: (i) some massive dykes emplaced parallel to the foliation planes and striking $N30^\circ E$, with an eastward $70^\circ E$ dip; (ii) very frequent subequatorial ($N90$ – $120^\circ E$) basic dykes, with a southward 70 – $80^\circ S$ dip and posterior to the preceding group.

3. Petrography

The basic dykes present an ophitic to subophitic texture. The forming minerals are similar in both groups. The primary mineralogy of the dykes includes sericitised and albitised plagioclases (55%), amphiboles (magnesian actinolite) (30–35%), resulting from the transformation of the primary pyroxenes, apatite, ilmenite, quartz (very rare), orthoclase, and biotite. The secondary paragenesis consists of chlorite, resulting primarily from the transformation of the previous minerals, albite, actinolite, phyllites, epidote, sphene and iron sulphides. These basic dykes were some-

times crosscut by epidote and chlorite veinlets, indicating the rather late feature of the hydrothermal circulations.

4. Geochemistry

Fourteen samples were collected from different dykes in the prospecting ditches and analysed by ICP–MS (Inductively Coupled Plasma) in the CRPG–Nancy. The selected chemical analyses of major and trace elements for both groups of basic dykes are given in Table 1.

Although petrographically similar, the $N40^\circ E$ and subequatorial dykes showed clearly different chemical compositions (Table 1). The $N40^\circ E$ dykes present relatively high contents in SiO_2 (49 with 51%), TiO_2 (2.1 with 2.3%), P_2O_5 (0.2 with 0.4%) and relatively lower levels of MgO (5.8 with 6.4%) compared to those of the subequatorial dykes (SiO_2 : 46–49%, TiO_2 : 1.1–1.4% TiO_2 , P_2O_5 : 0.1–0.2% and MgO : 6.8–8.2%). The Ca contents are rather similar between the two groups, and are comprised between 5.35 and 6.5%. These contents are lower than the basaltic rock compositions (9 to 10%), and seem related to the alteration of the plagioclases. Both basic dykes exhibit variable degrees of alteration, characterised by a loss-on-ignition around 2.76–2.95% for the $N40^\circ E$ dykes and 3.47–4.5% for the subequatorial dykes.

Selected chemical elements, such as Zr, Th, Nb, Ti, Y, V, P_2O_5 ,..., considered as relatively immobile during alteration processes, were used to characterise the petrological affinities and the geotectonic context of the studied dykes. Plotted in the Nb/Y vs Zr/ P_2O_5 diagram (Fig. 3) [24], the two groups of dykes show some characteristics of tholeiitic basalts. Normalised to the primitive mantle [19] (Fig. 2a), the subequatorial dykes show a remarkable analogy with the continental tholeiites, which are characterised by enrichment in LILE incompatible elements and Nb depletion. This enrichment in LILE elements, especially in the subequatorial dykes, suggests a crustal contamination of the parental mantle magma [3, 23].

The rare earth contents are higher in $N40^\circ E$ dykes than in the subequatorial ones. Normalised to chondrites [4] (Fig. 2b), the rare earth spectra of both groups are little fractionated ($(La/Yb)_N = 1.7$ to 2.5).

In the absence of isotopic data, the source of this magmatism remains difficult to determine. However, the La/Nb ratio, discriminating between the asthenospheric and lithospheric mantle sources [5, 20], is higher than 1.5, indicating a lithospheric origin. The La/Ta ratios, used as discriminants between the contaminated or not contaminated mantle sources [9], range between 22 and 28 for the group 1 and present values higher than 30 for the group 2. This suggests a mantle origin, little contaminated by the continental crust for the group 1 and contaminated for the group 2.

Many basic dykes were described in the Anti-Atlas inliers [6–8, 11, 21], and were emplaced during or after the Lower PII and before the Adoudounian. These dykes, tholeiitic, calc-alkaline or alkaline, reflect heterogeneity of the under-continental mantle, and mark Neoproterozoic

distension, generalised to the Anti-Atlas. Comparison between Ourika tholeiites and tholeiitic dykes of the Irhem, Tagragra d'Akka, Bas Draa (western Anti-Atlas), and Siroua (central Anti-Atlas) inliers (Fig. 1a) reveals great similarities, put aside relatively low contents of some incompatible elements (Ba, Rb, La, Ce) in the Ourika dykes (Fig. 4), which could be related to the limited evolution and contamination of the magma sources of the Ourika dykes. This geochemical similarity would confirm the continental tholeiitic character of the basic rocks of Ourika.

5. Conclusion

The Precambrian old massif of Ourika is crosscut by many basic dykes, orientated N40°E and N90–120°E. The primary assemblage of these dykes has undergone the important hydrothermal changes marked by a replacement of the pyroxenes by amphiboles and by a chloritisation

and a sericitisation of the amphiboles and plagioclases, respectively.

These dyke networks form two different chemical groups, displaying a continental tholeiitic affinity. The emplacement of these basic magmas in fractures of different directions, and the compositional variations between these veins suggest heterogeneity of the mantle sources contaminated by the continental crust.

These basic dykes crosscut the Proterozoic formations of PI to Lower PIII age and are overlaid by Upper PIII volcano-detrital deposits. This attests that their emplacement is posterior to the Pan-African major deformations, and that they mark the continental extension period, which is expressed in the whole Anti-Atlas chain during Upper Proterozoic. This extension is materialised at the Anti-Atlas scale by the development of an important network of basic veins [6, 7, 9, 11, 19], during or after Upper PII and before the Adoudounian era. These dykes are generally tholeiitic and have a subcontinental mantle origin.

1. Introduction

Le Protérozoïque marocain est intrudé par des systèmes de dykes basiques empruntant des fractures multidirectionnelles. Plusieurs études sur ces dykes ont été effectuées dans le but d'expliquer leur mise en place et leur signification [6–8, 11, 21]. Il est admis que leur emplacement est lié à une distension dans la croûte continentale lors des phases finales de l'orogénèse panafricaine.

Des réseaux semblables de dykes basiques parcourent le massif précambrien de l'Ourika, qui représente une continuité de la boutonnière de Siroua (Anti-Atlas central). La découverte récente d'une minéralisation d'or associée spatialement à ces dykes leur a attribué un intérêt métallogénique important. L'objectif de cette étude est de caractériser la minéralogie et la géochimie de ces roches basiques. Ceci permettrait, par comparaison avec les dykes des autres boutonnières de l'Anti-Atlas, de mieux comprendre l'histoire de leur formation, d'avoir des informations sur les magmas sources et de préciser leur signification à l'échelle régionale.

2. Situation géographique et géologique

L'Atlas de Marrakech (massif ancien) est subdivisé en deux blocs géologiquement différents [13] : un bloc occidental, constitué par des formations paléozoïques, et un bloc oriental, formé de terrains cristallins d'âge Précambrien et de formations sédimentaires diverses, du Cambrien au Quaternaire [17]. Ce dernier bloc du massif ancien est considéré comme un segment avancé de l'Anti-Atlas central [2].

Le massif de l'Ourika se situe dans le bloc oriental du massif ancien du Haut Atlas, à environ 60 km au sud de Marrakech (Fig. 1). Les dykes basiques jalonnent les formations les plus anciennes d'âge Précambrien I [10, 16, 17, 22] qui apparaissent au coude de la rivière d'Ourika (village de Setti Fadma). Ces formations se présentent sous forme d'une dépression, orientée N60°E, de 5 km de long et 2 km de large. Elles correspondent à des gneiss à biotite–amphibole, ainsi qu'à des amphibolites [12], et constituent le massif gneissique. Ce dernier est limité, au sud et à l'ouest, par des granodiorites d'âge PII, à l'est par des granites roses d'âge PIII et au nord par des formations triasiques.

Le massif gneissique de l'Ourika, encaissant des dykes, montre une déformation ductile et cassante importante. Deux phases de déformation ductile ont été distinguées, correspondant au Protérozoïque PI et PII. (i) La déformation d'âge PI est caractérisée par une importante foliation, qui affecte l'ensemble des gneiss. Cette foliation a une direction N130–160°E à l'est du massif gneissique et N30°E à l'ouest. Elle traduit les effets d'un métamorphisme syntectonique à faciès d'amphibolites. (ii) La deuxième phase de déformation du PII est due à une compression NNE–SSW, responsable du développement des plis à différentes échelles, dont la direction moyenne est N160°E. La déformation fragile, liée à des épisodes de déformation post PII, est matérialisée par un système de macro- et de microstructures de direction subéquatoriale et subméridionale et d'autres directions locales. Elle est représentée par des failles, des dykes basiques et par des fentes et filonnets de quartz ou de calcite.

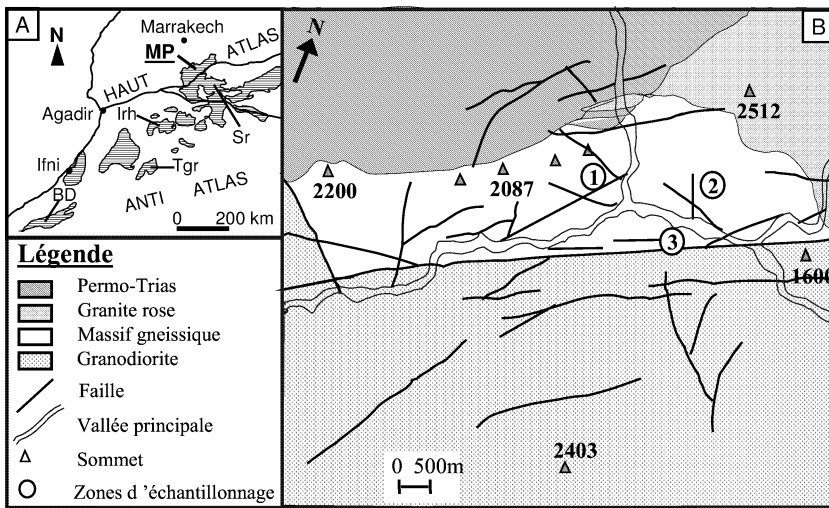


Figure 1. A. Situation de la zone d'étude (MP). MP : Massif précambrien du Haut Atlas; Sr : Siroua; Irh : Irhem; Tgr : Tagragra d'Akka; BD : Bas Drâa. **B.** Carte géologique du massif ancien de l'Ourika.

Figure 1. A. Situation of the studied zone (MP). MP: Precambrian massif of the High Atlas; Sr: Siroua; Irh: Irhem; Tgr: Tagragra d'Akka; BD: Bas Drâa. **B.** Geological map of the Ourika old massif.

Les dykes basiques étudiés traversent aussi bien le massif gneissique de l'Ourika (PI) que l'ensemble des formations d'âge PII–PIII inférieur [17]. Ils se présentent en filons dont la puissance reste réduite (0,5 à 1,5 m); leur longueur dépasse souvent 100 m. En fonction de leur orientation, deux groupes se distinguent. Des dykes massifs, peu nombreux, se sont mis en place parallèlement aux plans de foliation des gneiss. Ils ont une direction N40°E et un pendage de 70°E. Des dykes basiques orientés N90–120°E, avec un pendage de l'ordre de 70–80°S, sont très fréquents. Le premier groupe, recoupé par le deuxième, est le plus ancien.

3. Pétrographie et minéralogie

Les dykes basiques de l'Ourika présentent une texture ophitique à subophitique. Les deux groupes de dykes présentent des paragenèses minérales similaires. La minéralogie primaire est composée de lattes de plagioclases (55%) albitisés et séricitisés, d'amphiboles (30–35%) primaires et secondaires, issues de la transformation des pyroxènes primaires et présentant la composition d'actinolite magnésienne, d'apatite, d'ilménite et de quartz (très rare), qui se trouve en remplissage des interstices ou dans d'autres minéraux ou en association symplectique avec l'orthose. La biotite est rarement représentée. La paragenèse secondaire est constituée de chlorite de type brunsvigite, provenant essentiellement de l'altération des minéraux précédents, d'actinolite, d'albite, de phylites, d'épidote, de sphène et de sulfures de fer.

Les roches basiques de l'Ourika montrent aussi des veinules remplies d'épidotes et de chlorite, ce qui indique des circulations hydrothermales postérieures à leur formation. Les minéraux opaques, peuvent

atteindre un pourcentage de 10% dans les zones minéralisées qui ont été affectées par un hydrothermalisme tardif.

4. Géochimie

Les deux groupes de roches basiques ne sont pas différenciables par leur pétrographie ou par leur minéralogie, ce qui conduit à penser qu'un lien génétique existe entre eux. Pour étayer cette relation et pour déterminer la nature du magma originel générateur des dykes basaltiques de l'Ourika, 14 échantillons, prélevés dans différents dykes au niveau des tranchées de prospection, ont été analysés par IC–AES et ICP–MS au CRPG–CNRS (Nancy). Une sélection d'analyses chimiques représentatives des majeurs et traces pour les deux familles sont données dans le Tableau 1.

4.1. Caractérisation géochimique

Bien que pétrographiquement similaires, les dykes N40°E et ceux subéquatoriaux montrent des compositions chimiques nettement différentes (Tableau 1). Les deux groupes présentent toutefois des compositions de roches basaltiques ($\text{SiO}_2 = 47\text{--}51\%$) à olivine normative. Les dykes N40°E présentent des teneurs relativement élevées en SiO_2 (49 à 51%), en TiO_2 (2,1 à 2,3%), en P_2O_5 (0,2 à 0,4%) et relativement faibles en MgO (de 5,8 à 6,4%) par rapport à celles des dykes subéquatoriaux, qui sont de l'ordre de 46 à 49% en SiO_2 , de 1,1 à 1,4% en TiO_2 , de 0,1 à 0,2% en P_2O_5 et de 6,8 à 8,2% en MgO. Les teneurs en CaO sont assez similaires entre les deux groupes de dykes, et sont comprises entre 5,3 et 6,5%. Ces teneurs, faibles pour des compositions basaltiques (9 à 10%), semblent liées à l'altération des plagioclases. Les roches basiques des deux familles de dykes montrent des degrés d'altération variables, caractérisés par des pertes au feu de 2,76–2,95% pour les dykes N40°E et de

Tableau 1. Analyses chimiques représentatives des dykes basiques de l'Ourika.**Table 1.** Selected chemical analysis of the Ourika basic dykes.

Échantillons	Dykes subéquatoriaux			Dykes N40°E		
	SDT1	D3	SDT0	SDSce	SDSco	SDS1
SiO ₂	46,90	48,73	49,04	51,04	49,94	50,61
Al ₂ O ₃	17,60	17,04	17,14	14,27	14,05	14,46
Fe ₂ O ₃	11,56	11,22	10,47	11,48	13,26	11,59
MnO	0,19	0,23	0,31	0,22	0,20	0,35
MgO	8,14	7,07	7,51	6,17	6,30	5,86
CaO	5,48	5,35	5,69	6,24	5,85	6,47
Na ₂ O	3,79	3,70	3,94	4,91	4,77	4,87
K ₂ O	0,68	1,15	1,10	0,26	0,16	0,30
TiO ₂	1,34	1,26	1,30	2,18	2,24	2,30
P ₂ O ₅	0,19	0,21	0,22	0,30	0,29	0,39
P.F.	4,01	4,50	3,63	2,76	2,78	2,67
Total	99,88	100,46	100,35	99,83	99,84	99,87
Ba	161	305	273	79	68	78
Cr	239	228	227	175	175	186
Cu	41	88	142	12	11	13
Nb	2,3	2,5	2,3	5,4	5,8	5,9
Rb	18	29	28	8	4	9
Sr	191	219	257	168	122	230
Ta	0,2	0,23	0,2	0,45	0,47	0,49
Th	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	1,1
U	0,5	0,8	0,6	0,7	0,9	0,9
V	206	191	194	279	299	309
Y	29	31	27	33	32	33
Zr	139	135	132	175	181	182
La	8,61	7,83	6,02	10,70	10,50	10,79
Ce	21,2	20,8	17,5	27,0	27,3	27,3
Nd	14,2	14,6	13,7	18,2	18,8	18,8
Sm	3,83	3,95	3,73	4,89	5,16	5,28
Eu	1,52	1,58	1,29	1,84	1,61	1,85
Dy	4,45	4,86	4,40	5,65	5,82	5,89
Er	2,60	2,78	2,50	3,19	3,30	3,34
Yb	2,67	2,85	2,30	3,05	3,41	3,58
Lu	0,38	0,44	0,38	0,50	0,52	0,53

3,47–4,5% pour les dykes subéquatoriaux. Les valeurs élevées pour ces derniers dykes s'expliquent par l'importante altération hydrothermale associée à la mise en place de la minéralisation aurifère. Cette altération consiste en une phyllitisation des plagioclases et justifie leurs teneurs élevées en K₂O (0,68–1,15%).

Pour minimiser les effets de l'altération, certains éléments chimiques, tels que Zr, Th, Nb, Ti, Y, V, P₂O₅,..., qui sont considérés comme peu mobiles durant les processus d'altération, ont été utilisés pour différencier les deux groupes et pour caractériser les affinités magmatiques et le contexte géotectonique des dykes étudiés.

Normalisé par rapport au manteau primitif [19] (Fig. 2a), le groupe 2 se distingue du groupe 1 par sa richesse en certains éléments lithophiles à larges ions Rb, Ba et K et par des teneurs relativement

faibles en Ti. Ces teneurs en Ti, ainsi que celles en Fe₂O₃ et Al₂O₃ [14], qui sont en relation avec les profondeurs de genèse des magmas, suggèrent des niveaux plus profonds pour les dykes du groupe 1. Outre un appauvrissement en Sr, les deux groupes de dykes présentent une anomalie négative en Nb, qui est plus marquée dans les subéquatoriaux. Les teneurs en Zr (166–181 ppm), en V (260–309 ppm) et en Nb (5,4–5,9 ppm) du groupe 1 sont élevées par rapport à celles du groupe 2 (Zr = 132 à 148 ppm, V = 191 à 206 ppm et Nb = 1,6 à 5,1 ppm). Les groupes 1 et 2 se caractérisent respectivement par les rapports Nb/Ce = 0,19 à 0,2 et 0,1 à 0,17 et Nb/Th = 4,6 à 5,4 et 1,6 à 4,2. Ces rapports Nb/Ce et Nb/Th, peu sensibles aux processus de cristallisation fractionnée et de fusion partielle, et différents entre les deux groupes de dykes, indiqueraient que ces dykes ne proviennent pas de la même source mantellique.

Les teneurs en terres rares sont plus élevées dans les dykes N40°E que dans les subéquatoriaux. Normalisés par rapport aux chondrites [4] (Fig. 2b), les spectres des terres rares des deux groupes sont peu fractionnés en terres rares lourdes ((La/Yb)_N = 1,7 à 2,5), et présentent un faible enrichissement en terres rares légères.

4.2. Discussion : affinité et cadre géodynamique

Pour déterminer les affinités, les rapports Nb/Y et Zr/P₂O₅, qui sont les plus appropriés pour les roches plus ou moins transformées, placent les deux groupes dans le domaine des basaltes à affinité tholéiitique (Fig. 3) [24]. Ces tholéiites sont continentales, comme l'atteste la nature gréseuse et volcanique des formations du PIII qui surmontent ces dykes basiques. Les arachnogrammes montrent une nette analogie du groupe 2 avec les tholéiites continentales de Bertrand [1], qui se caractérisent par un enrichissement en éléments incompatibles à large rayon ionique et une anomalie négative en Nb. Ces caractères suggèrent une contamination crustale du magma mantellique parental [3, 23]. Dans les dykes N40°E, l'anomalie en Nb ainsi que l'enrichissement en éléments lithophiles à larges ions restent restreints, et indiquent une contamination réduite.

En l'absence de données isotopiques, la source de ce magmatisme reste difficile à déterminer. Toutefois, les rapports La/Nb discriminants entre les sources mantelliques asténosphérique et lithosphérique [5, 20] sont supérieurs à 1,5, ce qui est compatible avec une participation lithosphérique. Les rapports La/Ta, utilisés comme discriminants entre les sources mantelliques, contaminées ou non [9], sont compris entre 22 et 28 pour les roches du groupe 1 et supérieurs à 22 pour celles du groupe 2, suggérant une

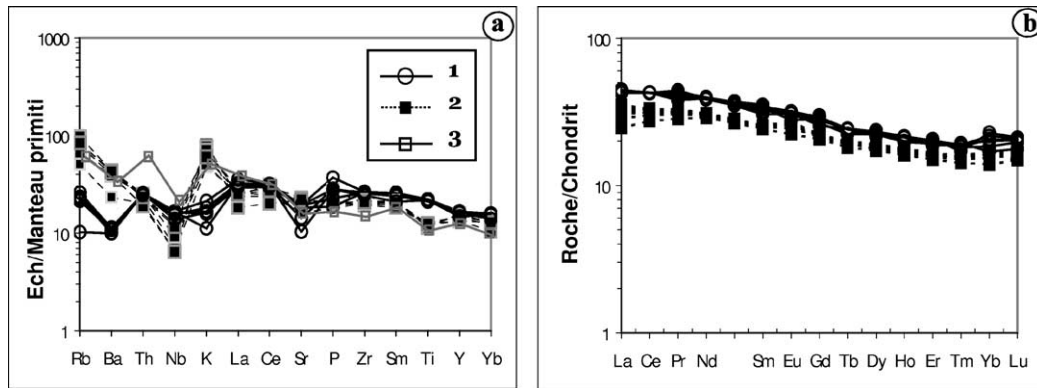


Figure 2. a. Diagramme de normalisation au manteau primitif [19] des dykes basiques de l’Ourika. **b.** Spectres des terres rares normalisées aux chondrites [4]. 1 : Dykes N40°E; 2 : Dykes subéquatoriaux; 3 : Tholéiites continentales [1].

Figure 2. a. Primitive mantle-normalised spiderdiagram [19] for Ourika basic dykes. **b.** Chondrite-normalised rare earth element patterns [4] for two groups of Ourika basic dykes. 1: N40°E dykes; 2: subequatorial dykes; 3: continental tholeiites [1].

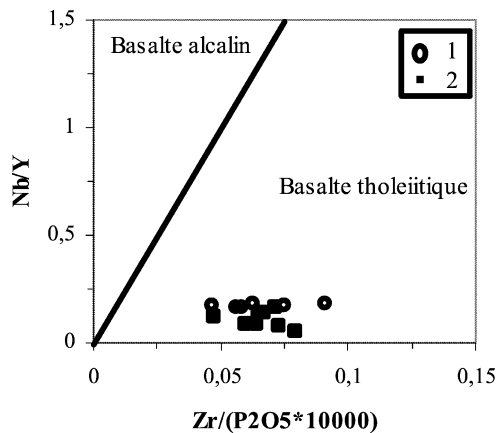


Figure 3. Diagramme Nb/Y en fonction de Zr/(P₂O₅ × 10 000) [24] pour les dykes basiques de l’Ourika. 1 : Dykes N40°E; 2 : dykes subéquatoriaux.

Figure 3. Nb/Y vs Zr/(P₂O₅ × 10 000) diagram [24] for the basic dykes of the Ourika. 1: Dykes N40°E; 2: dykes subéquatoriaux.

origine mantellique peu contaminée par la croûte pour le groupe 1 et contaminée pour le groupe 2.

Des roches basiques filoniennes ont été décrites dans les boutonnières de l’Anti-Atlas [6–8, 11, 21]; elles se sont mises en place pendant ou postérieurement au PII inférieur et antérieurement à l’Adoudouien. Ces filons, tantôt tholéitiques, tantôt calco-alcalins, tantôt alcalins, reflètent une hétérogénéité du manteau sous-continentale, et sont considérés comme la marque d’une distension néoprotozoïque, généralisée à l’échelle de l’Anti-Atlas. La comparaison des tholéiites de l’Ourika avec les filons tholéitiques des boutonnières d’Irhem, de Tagragra d’Akka, de Bas Draa, (Anti-Atlas occidentale) et de Siroua (Anti-Atlas central) (Fig. 1a), fait apparaître de grandes similitudes, si l’on excepte des teneurs relativement faibles en certains éléments incompatibles (Ba, Rb, La, Ce) dans les dykes de l’Ourika (Fig. 4), ce qui pour-

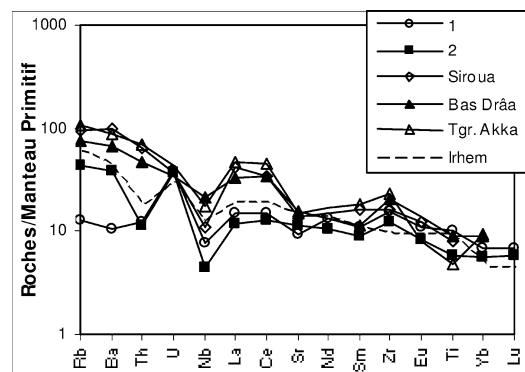


Figure 4. Arachnogramme normalisé au manteau primitif [18] pour les moyennes des groupes 1 et 2 des roches basiques de l’Ourika, en comparaison avec celles des filons basiques de Siroua [21], de Bas Drâa [8], de Tagragra d’Akka [8] et d’Irhem [6].

Figure 4. Primitive mantle-normalised spiderdiagram [18] of Ourika dykes of groups 1 and 2, compared to those of the basic dykes from the Siroua [21], Bas Drâa [8], Tagragra d’Akka [8] and Irhem [6] inliers.

rait être lié à l’évolution et la contamination réduites des magmas sources des dykes de l’Ourika. Cette similitude géochimique confirmerait le caractère tholéiitique continentale des roches basiques de l’Ourika.

5. Conclusion

Le massif précambrien de l’Ourika est traversé par de nombreux dykes basiques. Ces dykes s’organisent en deux réseaux : le premier, orienté N40°E, est recoupé par le second, orienté N90–120°E. Les paragenèses minérales primaires des ces dykes, formées de plagioclase, amphiboles, apatite, ilménite et quartz, ont subi des altérations hydrothermales importantes. Ces altérations consistent en un remplacement des pyroxènes en amphiboles et en une chloritisation et en une séricitisation des amphiboles et des plagioclases.

Les roches basiques des deux réseaux forment deux groupes chimiques distincts, présentant les caractères des tholéiites continentales. Selon les rapports La/Nb et La/Ta, et les teneurs en Nb, Rb, Ba et K, les magmas sources seraient d'origine lithosphérique sous-continentale contaminée par la croûte, notamment pour le groupe 2. La mise en place de ces magmas basiques dans des fractures de directions diverses et les différences de composition (TiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Nb/Ce et Nb/Th) entre ces filons suggèrent qu'ils tirent leur origine de réservoirs mantelliques lithosphériques distincts.

Les dykes basiques recoupent les formations protérozoïques du PI au PIII inférieur et sont surmontés par des dépôts volcano-détritiques du PIII terminal. Le caractère non déformé des formations du PIII indique

que ces dykes sont la manifestation d'un magmatisme basique postérieur aux déformations majeures panafricaines affectant les formations du Protérozoïque PI–PII. Leur mise en place serait donc liée aux phénomènes distensifs subméridiens qu'a connus la boutonnière de l'Ourika au PIII inférieur [15]. Ce magmatisme basique injecté dans le massif ancien de l'Ourika, qui constitue un segment avancé de l'Anti-Atlas dans le Haut Atlas, présente de nettes similitudes avec le magmatisme fissural des boutonnières de l'Anti-Atlas central et occidental. On peut donc penser que son cadre géodynamique serait en relation avec la distension néoprotérozoïque généralisée à l'ensemble de l'Anti-Atlas au Protérozoïque supérieur.

Remerciements. Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier par les programmes PICS 45 et OTAN.

Références

- [1] H. Bertrand, The Mesozoic province of Northwest Africa: a volcano-tectonic record of the early opening of central Atlantic, in: *Magmatism in Extensional Structural Setting*, Springer-Verlag, Berlin, 1991, pp. 147–188.
- [2] G. Choubert, J. Marçais, Aperçu structural, *Géologie du Maroc*, Notes Mém. Serv. Géol. Maroc 100 (1952), fasc. 1.
- [3] C. Dupuy, J. Dostal, Trace element geochemistry of some continental tholeiites, *Earth Planet. Sci. Lett.* 67 (1984) 61–69.
- [4] N.M. Evensen, P. Hamilton, R.K. O'Nions, Rare earth abundances in chondritic meteorites, *Geochim. Cosmochim. Acta* 42 (1978) 1199–1212.
- [5] J.G. Fitton, D. James, P.D. Kempton, D.S. Ormerod, W.P. Leeman, The role of lithospheric mantle in the generation of Late Cenozoic basic magmas in the western United States, in: X. Cox, Y. Menzi (Eds.), *Oceanic and continental lithosphere: similarities and differences*, *J. Petrol. (special issue)* (1988) 331–349.
- [6] A. Hafid, J.-P. Sagon, M. Fonteilles, J. Moutte, Existence de deux séries tholéiitiques distinctes parmi les dolérites du Protérozoïque supérieur de la boutonnière d'Irhem (Anti-Atlas central, Maroc), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa* 326 (1998) 21–26.
- [7] B. Hassenforder, La tectonique panafricaine et varisque de l'Anti-Atlas dans le massif de Kerdous (Maroc), thèse d'État, université de Strasbourg, France, 1987, 249 p.
- [8] M. Ikkenne, A. Mortaji, D. Gasquet, J.-M. Stussi, Les filons basiques des boutonnières du Bas Drâa et de la Tagragra d'Akka, témoins des distensions néoprotérozoïques de l'Anti-Atlas occidental (Maroc), *J. Afr. Earth Sci.* 25 (1997) 209–223.
- [9] P.T. Leat, R.N. Thompson, M.A. Morisson, G.L. Henry, A.P. Dickin, Compositionally-diverse Miocene recent rift-related magmatism in northwest Colorado: partial melting, and mixing of mafic magmas from three different asthenospheric mantle sources, in: X. Cox, Y. Menzi (Eds.), *Oceanic and continental lithosphere: similarities and differences*, *J. Petrol. (special issue)* (1988) 351–377.
- [10] M. Leblanc, Ophiolites précambriennes et gîtes arséniés de colbalt (Bou Azzer), Notes Mém. Serv. Géol. Maroc 280 (1981) 1–306.
- [11] A. Mokhtari, D. Gasquet, G. Rocci, Les tholéiites de Tagmout–Saghro (Anti-Atlas, Maroc) : témoins d'un rift au Protérozoïque supérieur, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa* 320 (1995) 381–386.
- [12] M. Nefly, Le massif cristallophyllien précambrien de l'Ourika (Haut Atlas de Marrakech, Maroc) : exemple d'un dôme gneissique d'origine diapirique, thèse d'État, Casablanca (Maroc), 1998, 165 p.
- [13] L. Nelter, Études géologiques dans le Sud marocain (Haut Atlas et Anti-Atlas), Notes Mém. Serv. Géol. Maroc 42 (8) (1938) 1–298.
- [14] H. Nicholson, D. Latin, Olivine tholeiite of Krafla, Iceland: evidence for variations in the melt fraction within a plume, *J. Petrol.* 33 (1992) 1105–1124.
- [15] H. Ounaiimi, Étude pétrographique et structurale de la boutonnière d'Ourika (Haut Atlas), DEA, université Cadi-Ayyad, Marrakech, 1983.
- [16] F. Proust, Étude stratigraphique, pétrographique et structurale du bloc oriental du massif ancien du Haut Atlas (Maroc), thèse, Montpellier, France, 1961, 272 p.
- [17] F. Proust, Étude stratigraphique, pétrographique et structurale du bloc oriental du massif ancien du Haut Atlas (Maroc), Notes Mém. Serv. Géol. Maroc 254 (1973) 15–53.
- [18] S.S. Sun, W.F. McDonough, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes, in: S. Saurer, N. Norry (Eds.), *Magmatism in the ocean basins*, *Geol. Soc. London, Sp. Pub.* 42 (1989) 313–345.
- [19] R.N. Thompson, Magmatism of the British Tertiary volcanic Province, *Scott. J. Geol.* 18 (1982) 49–107.
- [20] R.N. Thompson, M.A. Morisson, Asthenospheric and lower lithospheric mantle contributions to continental extensional magmatism: an example from the British Tertiary Province, *Chem. Geol.* 68 (1988) 1–15.
- [21] A. Touil, A. Elboukhari, E. Bilal, J. Moutte, Les tholéiites à affinité alcaline du secteur ouest du Siroua (Anti-Atlas central, Maroc) : témoins d'une distension au Néoprotérozoïque, *J. Afr. Earth Sci.* 29 (4) (1999) 699–713.
- [22] E.D. Vogel, R. Missoten, F. Desutter, Carte géologique du Maroc au 1:100 000, feuille Oukaimden–Toubkal, note explicative, KU Louvain, 1980, 131 p.
- [23] M. Wilson, *Igneous Petrogenesis. A Global Tectonic Approach*, Unwyn Hyman, London, 1993, 466 p.
- [24] J.A. Winchester, P.A. Floyd, Geochemical discrimination of different magmas series and their differentiation products using immobile elements, *Chem. Geol.* 20 (1976) 325–343.