

AGES K-Ar DE QUELQUES OPHIOLITES DES MONTS APUSINI DU SUD ET LEUR SIGNIFICATION GEOLOGIQUE (ROUMANIE)

Ionel NICOLAE*, Mihail SOROIU** et Michel G. BONHOMME***

RÉSUMÉ - Les roches ophiolitiques sont largement répandues dans les Monts Apuseni du Sud. Selon le cadre géotectonique dans lequel elles se sont développées on distingue des ophiolites de type arc magmatique et de type bassin marginal. A la base des ophiolites de type arc magmatique se trouvent les produits d'une série tholéitique sur lesquels se développent ceux d'une série calco-alcaline. Les cinq nouveaux âges K-Ar déterminés ainsi que d'autres âges isotopiques et des données paléontologiques montrent que la série tholéitique s'est formée dans la partie ouest des Monts Apuseni du Sud jusque dans l'Oxfordien compris. Dans la partie nord-est de ces monts le passage des magmatites tholéitiques aux magmatites calco-alcalines a eu lieu dès le Jurassique moyen.

MOTS CLÉS - Roumanie, Monts Apuseni, Ophiolites, Datations K-Ar, Jurassique moyen / supérieur.

K-Ar AGES OF SOME OPHIOLITIC ROCKS FROM THE SOUTHERN APUNESI MOUNTAINS AND THEIR GEOLOGIC IMPLICATIONS (ROMANIA)

ABSTRACT - Ophiolitic rocks are frequently observed in Southern Apuseni Mountains (Romania). Considering the geotectonic setting in which they occurred, ophiolites of magmatic arc type and of marginal basin type can be distinguished. At the base of the magmatic arc type ophiolites appear tholeiitic series products upon which rest rocks of a calcalkaline series. The five new K-Ar ages together with other isotopic ages and palaeontological data show that this tholeiitic series formed in the western part of the Southern Apuseni Mountains up into the Oxfordian. In the north-eastern part of those mountains the transition from the tholeiitic magmatites towards the calcalkalines ones already took place in the Middle Jurassic.

KEY WORDS - Romania, Apuseni Mountains, Ophiolitic rocks, K-Ar dating, Middle-Late Jurassic.

1. - INTRODUCTION

Les Carpathes roumaines montrent des roches ophiolitiques mésozoïques. Les plus répandues sont celles des Monts Apuseni du Sud où elles s'étendent d'une manière presque ininterrompue sur une longueur d'environ 200 km, entre les localités Turda et Lipova (Fig.1). L'âge et le cadre géotectonique de ces roches ont été diversement interprétés. Pour tenter d'élucider ces incertitudes, des datations par la méthode K-Ar ont été effectuées sur cinq roches ophiolitiques de la série tholéitique, qui se trouve dans la nappe de Capilnas-Techereu.

2.- CADRE GÉOLOGIQUE DES ROCHES OPHIOLITIQUES

Dans l'étude des roches ophiolitiques des Monts Apuseni du Sud on a enregistré ces dernières années des progrès concernant :

- a) la composition pétrographique des ophiolites;
- b) les cadres géotectoniques dans lesquels ces roches se sont développées;
- c) les différences existant entre les compositions pétrographiques des ophiolites appartenant aux différentes unités tectoniques.

- a) On sait depuis longtemps que les roches

* Institut de Géologie et Géophysique, 1, rue Caransebes, 78344 Bucarest. Roumanie

** Institut de Physique et Ingénierie Nucléaire, Bucarest - Magurele - BPMG - 6 Roumanie.

*** Université Joseph Fourier - Institut Dolomieu, URA 69 de Géodynamique des Chaînes Alpines, 15, rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble Cedex, France.

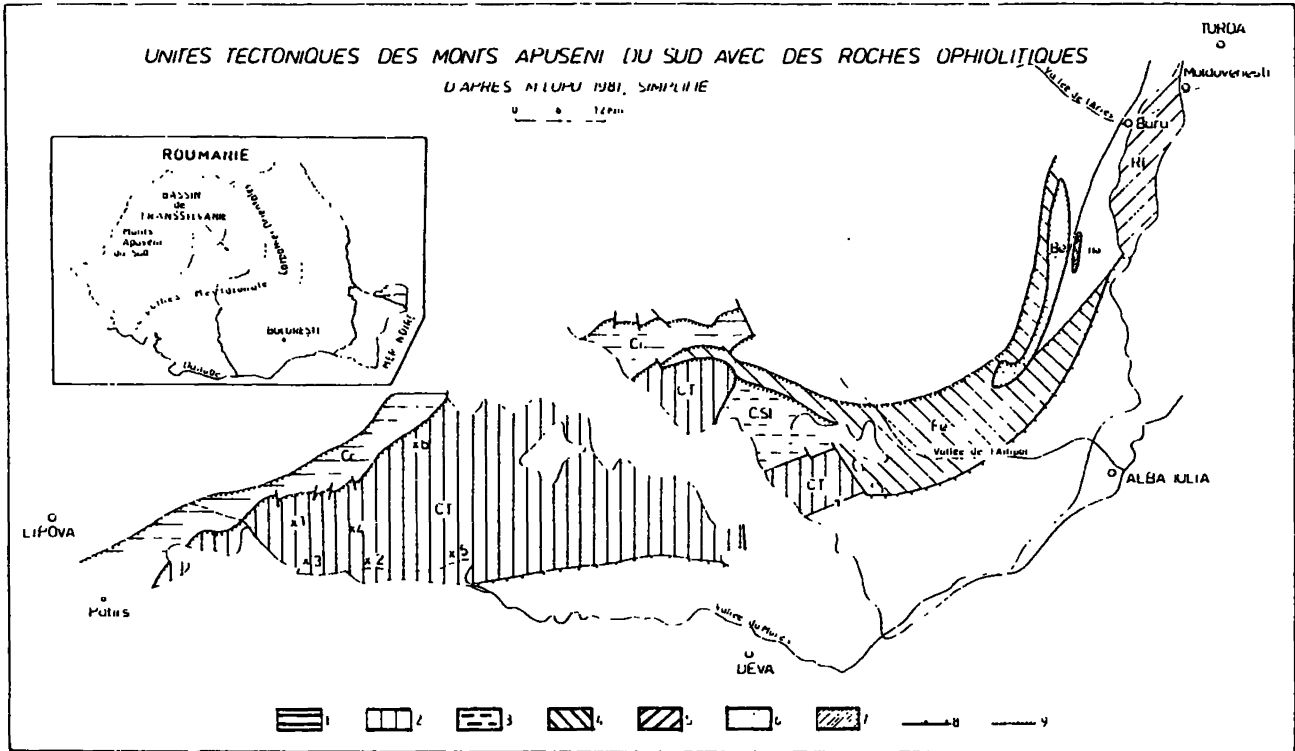


FIG. 1 - Unités tectoniques des Monts Apuseni du Sud avec des roches ophiolitiques (d'après Lupu, 1981, simplifié). Cr : Nappe de Fenés; CT : Nappe de Capilnas - Techerou; CSI : Nappe de Curechiu-Stanija; Be : Nappe de Bedeleu; Ho : Nappe de Hospea; Ri : Nappe de Rimetea; 8 : Faille inverse; 9 : Nappe de charriage (ligne de chevauchement).

Remarque : Les unités tectoniques sans ophiolites ainsi que les formations sédimentaires et magmatiques post-tectoniques ne sont pas figurées.

Localisation des échantillons datés et de quelques points d'observations mentionnés dans le texte: 1. Echantillons J1,J7,J8; 2. Echantillon T2; 3. Echantillon VM2; 4. Zone de la vallée de la Gomile; 5. Zone des vallées des rivières Nucu et Tara (Tamasessti); 6. Zone de la vallée de la Hutu (Zeldis).

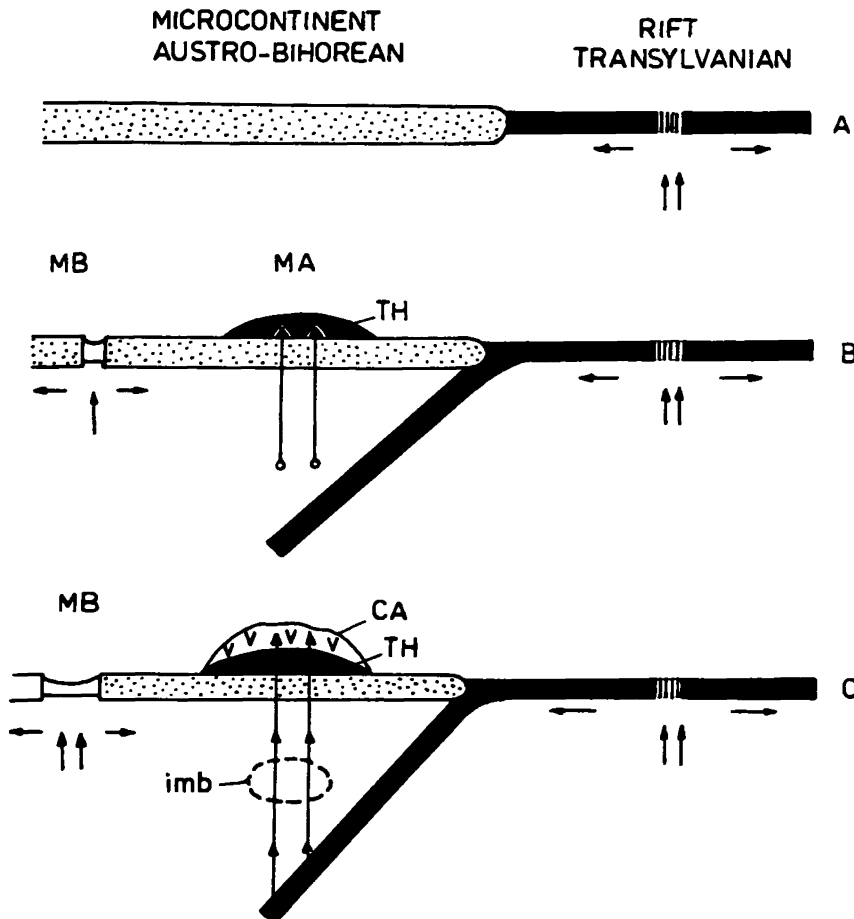


FIG. 2 - Schéma de la génération des ophiolites des Monts Apuseni du Sud (d'après Nicolae, 1991, sous presse):

A. Pendant le Trias-Jurassique inférieur se développe le rift transylvain qui engendre de la croûte océanique.

B. Pendant le Jurassique inférieur ou moyen a lieu une subduction qui conduit à la formation d'un arc magmatique (MA) derrière lequel est formé un bassin marginal (MB). Au début, par la fusion du manteau situé au-dessus de la plaque subductée, sont engendrés des magmas qui formeront les roches de la série tholéitique (Th). Ce processus a lieu dans certaines régions jusque dans l'Oxfordien compris tandis que dans d'autres seulement dans le Jurassique moyen.

C. Ultérieurement par la fusion de la partie supérieure de la plaque subductée sont produits des magmas qui montent à la surface soit directement, soit par l'intermédiaire d'un bassin magmatique (IMB). Ces magmas conduisent à la formation de roches de la série calco-alcaline entre le Jurassique moyen et le Néocomien. Les ophiolites du bassin marginal sont produites en général entre le Callovien et le Néocomien.

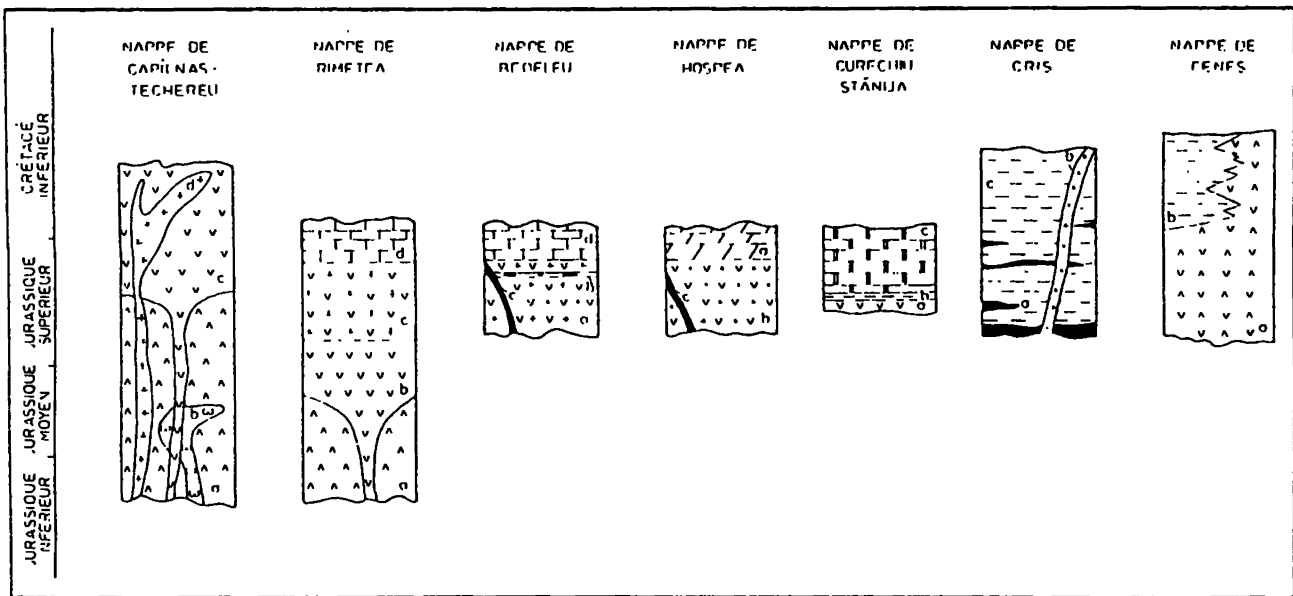


FIG. 3 - Colonnes synthétiques des unités tectoniques des Monts Apuseni du Sud qui contiennent des roches ophiolitiques.

Nappe de Capilnas-Techereu.

Série tholéitique : basaltes, anamésites, dolérites (a); gabbros (b).

Série calco alcaline : pyroclastites et coulées de basaltes porphyriques, andésites à pyroxène, andésites à amphibole, dacites, rhyolites, rares trachyandésites; dykes d'orthophyres et oligophyres (c); magmatites éocétacées intrusives d'andésites, dacites, rhyolites, (micro)-diorites-(micro) granodiorites, tonalites (d).

Nappe de Rimetea.

Série tholéitique: basaltes, parfois à faciès de "pillow-lava", dolérites, microgabbros subordonnés.

Série calco-alcaline : pyroclastites et coulées de basaltes porphyriques, andésites à pyroxène, andésites à amphibole, dacites, rhyolites, trachytes, latianésites; dykes d'orthophyres, oligophyres, microdiorites porphyriques (b); pyroclastites et coulées de kératophyres et rhyolites (c); calcaires d'âge Tithonien supérieur-Berriasien.

Nappe de Bedeleu.

Kératophyres (a), ayant des intercalations de calcaires avec des concrétions siliceuses (b); dykes de roches basiques-basaltes, anamésites, dolérites (c); calcaires d'âge Tithonien supérieur-Berriasien (d).

Nappe de Fenes.

Spilites : basaltes parfois porphyriques, andésites, anamésites, dolérites, microgabbros (a). Roches sédimentaires (argillites, grès, conglomérats) et volcanogène-sédimentaires (b).

Nappe de Cris.

Coulées de basaltes, de rares pyroclastites basaltiques, de rares sills ou dykes de roches basaltiques, aux différents niveaux stratigraphiques dans l'intervalle Callovien-Tithonien (a); dykes d'andésites, dacites, rhyolites parfois albitisés, chloritisés (b); sédiments au caractère flyschoidé (c).

Nappe de Hospea.

Couches à *Aptychus* (Tithonien-Néocomien) (a); kératophyres (b); dykes de basaltes-anamésites quartzifères (c).

Nappe de Curechiu-Stanija.

Coulées et pyroclastites de basaltes porphyriques (a); jaspes d'âge Kimméridgien-Tithonien (b); calcaires micritiques gris verdâtres avec des intercalations d'argiles rouges d'âge Tithonien-Néocomien (c).

ophiolitiques des Monts Apuseni du Sud ont été mises en place en trois épisodes magmatiques séparés selon des critères stratigraphiques et pétrographiques [Giusca *et al.*, 1963]. D'après ces auteurs au cours du premier épisode magmatique se sont mis en place des agglomérats, basaltes, anamésites¹, dolérites, gabbros et péridotites d'âge pré-Malm.

Le deuxième épisode est caractérisé par des basaltes, des limburgites, des andésites à pyroxène, des andésites à amphibole, des trachyandésites, des oligophyres², des dacites et des rhyolites associés au complexe inférieur du Néocomien qui est un complexe de roches sédimentaires d'âge néocomien inférieur.

Le troisième épisode ne comprend que des basaltes et des spilites qui accompagnent les dépôts du Néocomien et du Barrémien-Aptien.

Des données géochimiques obtenues ces dernières années ont permis de préciser le cadre géotectonique où les roches ophiolitiques se sont développées.

b) Les premiers auteurs qui ont étudié les ophiolites des Monts Apuseni du Sud à partir du concept de la tectonique globale les ont considérées comme étant de type croûte océanique [Radulescu et Sandulescu, 1973; Bleahu, 1974; Herz et Savu, 1974]. Ensuite Savu [Savu, 1980, 1983; Savu *et al.*, 1982, 1985] utilisant le terme ophiolite dans un sens restreint, considère comme des roches ophiolitiques seulement les roches engendrées par un magmatisme de fond océanique, seuls appartenant à ce type les produits du premier épisode magmatique [Giusca *et al.*, 1963].

Les produits des deux autres épisodes sont

considérés comme des volcanites de l'association de type arc insulaire.

Savu [1983] distingue dans les roches ophiolitiques des Monts Apuseni du Sud un complexe filonien ("sheeted dykes") sur lequel se trouve un complexe supérieur de basaltes de fond océanique. Sur cet édifice l'auteur décrit des produits d'arc insulaire disposés sous la forme de deux branches situées l'une dans la partie NW et l'autre dans la partie SE de la zone ophiolitique. La première est représentée par un magmatisme considéré comme bimodal³ tandis que la seconde, caractérisée par de nombreuses structures volcaniques couvertes par une barrière récifale, s'étend jusqu'à l'extrémité NE des Monts Apuseni du Sud, dans les Monts Trascau.

D'autres auteurs utilisent le terme ophiolite dans un sens large en admettant que ces roches peuvent se former dans des cadres géotectoniques différents. On distingue selon ces auteurs dans les Monts Apuseni du Sud des ophiolites de type arc insulaire équivalentes aux roches des deux premiers épisodes, et des ophiolites de type bassin marginal, équivalentes des roches du troisième épisode dans le sens utilisé par Giusca *et al.* [1963].

Les ophiolites de type arc insulaire sont constituées d'une série tholéitique à la base sur laquelle se dispose une série calco-alcaline [Cioflica *et al.*, 1980; Cioflica et Nicolae, 1981].

Lupu [1983], Lupu *et al.* [1990] considèrent que le terme d'arc magmatique est plus approprié, car il s'agit d'un arc produit par la subduction d'une plaque de type océanique sous une plaque ayant une mince croûte de type continental.

Ces cadres géotectoniques sont déterminés par la subduction d'une plaque lithosphérique océanique sous le continent austro-bihorean (terme proposé par Sandulescu [1984]), celui-ci étant une plaque avec une mince croûte de type continental (Fig.2, d'après Nicolae [1991]). Des fragments de cette croûte océanique ont été mis en évidence par des méthodes géophysiques ainsi que par des travaux de forage dans la partie ouest du bassin de Transylvanie [Sandulescu et Visarion, 1979].

Derrière cet arc insulaire (ou magmatique) est apparu un bassin marginal actif. Ultérieurement dans cette région a eu lieu un mouvement de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre [Cioflica et Nicolae, 1981] et les tectogenèses mésocrétacée et néocrétacée ont conduit au démembrement de l'édifice ophiolitique et à l'apparition de variations dans la composition pétrographique des ophiolites des différentes unités tectoniques.

c) Lupu [1976] (*in* Bleahu *et al.*, [1981]) distingue de nombreuses unités tectoniques dans les Monts Apuseni du Sud. Sept de ces unités ont dans leur composition pétrographique des roches ophiolitiques plus ou moins abondantes (Fig.3). Dans cinq de ces unités apparaissent des produits que nous considérons de type arc magmatique avec un développement plus large dans

les nappes de Capilnas-Techereu et de Rimetea et plus réduit dans les nappes de Bedeleu, de Hospea et de Curuchiu-Stanija. Les deux autres unités, la nappe de Fenes et la nappe de Cris ont dans leur composition des ophiolites de type bassin marginal.

En examinant la composition pétrographique des ophiolites de type arc magmatique dans les unités où elles sont plus développées on remarque que l'activité magmatique a commencé avec les produits de la série tholéitique. Ces produits affleurent sur des surfaces plus grandes dans la moitié ouest de la nappe de Capilnas-Techereu et sur de petites surfaces dans la partie est de cette nappe ainsi que dans la nappe de Rimetea, où ils apparaissent en dessous des produits de la série calco-alcaline.

La série tholéitique est en général constituée de coulées de basaltes tholéitiques aphanitiques, à texture intersertale, souvent des basaltes à faciès de "pillow-lava", anamésites, dolérites, petites intrusions gabbroïques, de rares séparations péridotitiques. Les pyroclastites sont subordonnées.

La série calco-alcaline est largement développée dans la partie centre-est de la nappe de Capilnas-Techereu ainsi que dans la nappe de Rimetea. Elle est composée surtout de pyroclastites et de coulées de basaltes porphyriques, andésites à pyroxène, andésites à amphibole, dacites, rhyolites ou trachyandésites, dykes d'orthophyres⁴ et oligophyres, roches intrusives subvolcaniques ou plutoniques d'andésites, dacites, rhyolites, (micro)diorites-(micro)granodiorites, tonalites. Ces roches intrusives caractérisent les derniers épisodes de l'évolution d'un arc magmatique.

3.- L'ÂGE DES ROCHES OPHIOLITQUES : L'ÉTAT ACTUEL DES DONNÉES STRATIGRAPHIQUES ET ISOTOPIQUES

Tous les âges mentionnés dans ce paragraphe ont été établis selon des critères stratigraphiques.

Envisagées dans leur ensemble, les ophiolites des Monts Apuseni du Sud ont été considérées comme d'âge Jurassique-Crétacé inférieur par tous les chercheurs. H. Savu dans plusieurs travaux montre que les roches ophiolitiques (magmatiques tholéitiques selon nous) se sont formées pendant le Jurassique inférieur moyen [Savu, 1983; Savu *et al.*, 1982] ou avant l'Oxfordien [Savu *et al.*, 1985]. En même temps, le même auteur mentionne souvent l'âge Rb-Sr de 180 Ma pour ces roches [Herzet *et al.*, 1974] mais cet âge est supposé et non pas déterminé. L'âge a été supposé selon des critères stratigraphiques pour être utilisé avec les teneurs en rubidium et en strontium de ces roches pour la détermination de leur rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ initial à partir du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mesuré.

Cioflica *et al.* [1981] attribuent à la série tholéitique un âge Jurassique inférieur-Callovien sans certitude. Cioflica et Nicolae [1981] montrent que le passage des produits tholéitiques aux produits calco-alcalins a eu lieu par un processus unique mais avec des récurrences. Lupu *et al.* [1990] envisagent la possibilité que la

TABLEAU 1

Echantillon	Localisation et aspects macroscopiques	Aspects microscopiques
J1	Carrière, vallée de Julita. Dykes à l'aspect de "sheeted dykes" situés au Nord de la localité du même nom.	Basalte intergranulaire, baguettes de plagioclase entre lesquelles apparaissent de petits granules de clinopyroxènes ouralitisés. De nombreux granules de minéraux opaques.
J8		Microgabbro avec texture holocristalline et granulation fine, cristaux de 0,4-1.
J7		Roche semblable à celle de l'échantillon.
VM2	Carrière dans des dolérites sans aspect de Mures, dans la vallée de Mures, près de la route nationale..	Dolérite avec texture ophytique - subophyitique. Pyroxène ouralitisé dans lequel sont incluses partiellement ou entièrement des baguettes de plagioclase. Minéraux opaques très rares sous forme.
T2	"Pillow-lavas" à l'Ouest de Toc, sur la route nationale le long de la vallée de Mures.	Basalte amygdalaire, baguettes fines de plagioclase, petits granules de clinopyroxène dans une mésostase vitreuse de chlorite.

nappe de Capîlnas-Techereu comprendrait en réalité plusieurs unités structurales de sorte que les tholéites de certaines unités pourraient être synchrones avec les magmatites calco-alkalines appartenant à d'autres unités.

On dispose de peu d'âges isotopiques ou de données paléontologiques qui pourraient contribuer à éclaircir la question de l'âge des roches ophiolitiques. Il y a seulement deux âges K-Ar obtenus sur les magmatites tholéitiques et ceux-ci sont rajeunis probablement à cause de la proximité de quelques corps intrusifs plus récents [Nicolae *et al.*, 1987].

Dans la vallée de la Gomile, affluent de la Troas, P. Dumitrica a trouvé une association de radiolaires dans des argilites rouges, radiolaires qui attestent de l'âge Callovien-Oxfordien inférieur soit 165 à 158 Ma (communication orale) Haq et Van Eysinga [1977]. Sur la carte géologique de la Roumanie à 1/50.000e, feuille Rosia Noua [Savu *et al.*, 1979], ces jaspes seraient associées aux magmatites calco-alkalines du deuxième

épisode. I. Nicolae a observé sur le terrain que ces jaspes sont intercalés dans des basaltes intersertaux tholéitiques et en contact direct avec ceux-ci.

Dans la vallée des rivières Nucu et Tara, affluents de la Tamasesti, P. Dumitrica a trouvé des jaspes à radiolaires intercalés dans les roches basaltiques tholéitiques qui ont fourni une faune d'âge Callovien-Oxfordien (165-158 Ma).

Dans la vallée de la Hutu, affluent du cours supérieur de la rivière Zeldis, l'intercalation d'une séquence sédimentaire dans les basaltes tholéitiques a été décrite. Dans cette séquence se trouvent également des schistes argileux noirs et/ou lie-de-vin étudiés au point de vue palynologique par E. Antonescu [Lupu *et al.*, 1990b]. Cet auteur a trouvé des formes qui connaissent une plus grande diffusion au niveau de l'Oxfordien, mais l'association ne peut pas donner une indication plus précise que l'intervalle Bathonien supérieur-Kimméridgien inférieur, soit 168 à 152 Ma [Haq et Van Eysinga, 1977].

TABLEAU 2

Echantillon	K %	$\frac{40 \text{ Ar rad}}{40 \text{ Ar tot}} (\%)$	40 Ar rad (nl/g)	t (Ma $\pm 1\sigma$)	40 K/36 Ar $\times 10^3$	40 Ar/36 Ar
J1	0.169	38.7	0.945	138.9 \pm 6.0	22.2	482.1
J7	0.236	54.5	1.410	147.6 \pm 6.0	27.6	542.0
J8	0.270	47.8	1.844	167.8 \pm 5.0	26.4	565.6
T2	0.413	65.9	2.530	151.1 \pm 4.2	62.3	866.1
VM2	0.128	28.5	0.808	155.7 \pm 5.7	12.45	413.2

4.- NOUVEAUX AGES K-AR ET LEUR SIGNIFICATION GÉOLOGIQUE

Pour préciser l'âge de quelques magmatites tholéitiques, cinq échantillons ont été datés par la méthode conventionnelle K-Ar, trois prélevés dans des dykes de type "sheeted dykes", le quatrième d'une dolérite et le dernier d'un basalte à faciès de "pillow-lava" (voir feuille jointe). La procédure utilisée pour le dosage du potassium et de l'argon est celle décrite dans Lavenu *et al.* [1992], avec les constantes recommandées par Steiger et Jager [1977] et le calcul d'erreur déterminé par Mahood et Drake [1982].

Sur les âges K-Ar obtenus, présentés dans le tableau 2, on peut faire les remarques suivantes : les âges des échantillons prélevés dans la carrière de Julita présentent une certaine dispersion quoique ces échantillons proviennent de roches synchrones. D'après l'échelle de Haq et Van Eysinga [1977], les âges des échantillons J7 et T2 correspondent au Kimméridgien, l'âge de l'échantillon J1 serait rajeuni probablement par perte d'argon.

L'observation des lames minces (Tableau 1) montre que les échantillons J1 et J7 présentent des traces d'altération : granules de minéraux opaques et surtout prehnite. Ces deux échantillons, ainsi que T2 sont des basaltes. Or, la plus grande part du potassium se trouve généralement dans la phase vitreuse d'un basalte. Celle-ci est susceptible de recristalliser très facilement et va donc perdre aisément tout ou partie de l'argon radiogénique accumulé entre l'extrusion et l'altération. Dans le cas de T2 par exemple, cette altération se traduit par la présence de calcite et de chlorite, elle peut donc être considérée comme d'origine hydrothermale, soit liée à un métamorphisme intraocéanique, soit lors d'un métamorphisme faible, relié à la mise en place tectonique des nappes.

Dans ce cas, l'âge le plus proche de l'âge réel de l'extrusion est le plus vieux et il correspond aux roches grenues. Il doit donc être situé entre 168 et 156 Ma, c'est-à-dire entre Bathonien et Oxfordien moyen. Compte tenu de la généralité de l'altération hydrothermale observée, ces âges ne sont que des âges minimums.

Sans avoir de preuves pour le moment du début de l'activité magmatique mésozoïque qui, théoriquement, pourrait se situer dans le Jurassique inférieur, les âges K-Ar ainsi que les données paléontologiques suggèrent, du moins pour le secteur ouest des monts Apuseni du Sud (nappe Capilnas-Techereu), la continuation de l'activité magmatique tholéitique jusque dans

l'Oxfordien compris.

Dans la partie NE des Monts Apuseni du Sud, dans la nappe Rimetea, les kératephyres qui sont les derniers produits du magmatisme calco-alcalin de cette région, ont un âge paléontologique Kimméridgien-Tithonique inférieur [Lupu, *in* Cioflicae *et al.*, 1981], tandis que l'âge K-Ar le plus vieux déterminé pour ces roches est de 160 +/- 5 Ma ce qui correspond à la limite Callovien-Oxfordien [Nicolae *et al.*, 1987]. Ces données prouvent que, dans ce secteur, le magmatisme calco-alcalin a commencé dès le Jurassique moyen, ce qui a une signification pétrogénétique considérable.

Si l'on admet que les ophiolites tholéitiques apparaissent dans le cadre d'une expansion océanique, et que les magmatites calco-alcalines apparaissent à la suite d'un processus de subduction, il est difficile d'accepter que ces deux processus puissent avoir lieu en même temps le long de la même limite de plaque. Si, par contre, on admet que la formation de toutes ces magmatites a lieu dans le cadre d'un processus de subduction dont le résultat est l'apparition d'un arc magmatique, on peut accepter qu'apparaissent simultanément des tholéites d'arc et des magmatites calco-alcalines.

5.- CONCLUSIONS

Les âges K-Ar et les données paléontologiques indiquent la formation, dans certains secteurs des Monts Apuseni du Sud (nappe Capilnas-Techereu), de magmatites tholéitiques jusque dans l'Oxfordien compris.

Dans d'autres secteurs de ce massif (nappe Rimetea) le passage des magmatites tholéitiques aux magmatites calco-alcalines a lieu dès le Jurassique moyen.

Les données mentionnées s'accordent mieux avec la présence d'un arc magmatique dans lequel se seraient développées ces ophiolites.

1. Terme utilisé pour des roches avec une structure intermédiaire entre basalte et dolérite [le Maître, 1989, p.45]. D'habitude elles ont des structures intergranulaires.
2. Terme utilisé pour des roches porphyriques avec des phénocristaux d'oligoclase dans une mésostase quartzo-feldspathique.
3. SAVU *et al.* [1986]. D'après certains auteurs [Lupu *et al.*, 1990] cette branche appartient à une autre unité tectonique (Nappe de Cris) et le magmatisme est de type bassin marginal ensialique.
4. Terme utilisé pour des roches porphyriques ayant des phénocristaux de feldspath potassique dans une mésostase cryptocristalline ou microcristalline quartzofeldspathique difficile à déterminer au microscope, surtout quantitativement.

Références

BLEAHU M. (1974).- Zones de subduction dans les Carpates roumaines (en Roumain). *D.S. Insti. Geol. Geofiz.*, LX, 5-25, Bucuresti.

CIOFLICA G., LUPU M., NICOLAE I. & VLAD S. (1980).- Alpine ophiolites of Romania. Tectonic setting, magmatism and metallogenesis. *An. Inst. Geol. Geofiz.*, LVI, 79-85,

- Bucuresti.
- CIOFLICA G. & NICOLAE I. (1981).- The origin, evolution and tectonic setting of the Alpine ophiolites from the South Apuseni Mountains (Romania). *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr. Géol.*, **25**, 19-29, Bucuresti.
- CIOFLICA G., SAVU H., NICOLAE I., LUPU M. & VLAD S. (1981).- Alpine ophiolitic complexes in south Carpathians and south Apuseni Mountains. Guide to excursion A3, Carpatho-Balkan Geological Association, XII Congress, Bucuresti, Romania, 1981.
- GUISCA D., CIOFLICA G. & SAVU H., (1963).- Volcanisme mésozoïque du massif de Drocea (Monts Apuseni) (en roumain). *Assoc. Geol. Carpath. Balk. Congr. V, Com. St.II*, 31-44, Bucuresti.
- HAQ B.U. & VAN EYSINGA F.W.B. (1977).- Geological time table, 4e édition, Elsevier, Amsterdam, chart., 1p.
- HERZ N., SAVU H. (1974).- Plate tectonics history of Romania. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **85**, 1429-1444, Boulder, Colorado.
- HERZ N., JONES M.L., SAVU H. & WALKER L.R. (1974).- Strontium isotope composition of ophiolitic and related rocks. Drocea Mountains, Rumania. *Bull.*, XXXVIII, 4, 1110-1124, Napoli.
- LAVENU A., BONHOMME M.G., NOBLET C., DUZAS F., EGUER A. & VIVIER G. (1992).- New K/Ar ages dans Cenozoïc and quaternary volcanic rocks from intercordinneran basin of Ecuador (South America). *J. South Amer. Earth . Sci.*, **5**, 3/4, 309-320.
- LE MAITRE R.W. (Editeur) (1989).- A classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendation of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Blackwell Scientific Publications*, 193 p., Oxford, London, Edinburg, Boston, Melbourne.
- LUPU M. (1976).- The Main tectonic features of the South Apuseni Mountains. *Rev. Roum. Géol. Géogra. Série Geol. 2e*, 1-21-25, Bucuresti.
- LUPU M., AVRAM E., ANTONESCU E., DUMITRICA P. & NICOLAE I. (1990A).- The Neojurassic and the Eocretaceous of the Drocea Mountains. The stratigraphy and the structure of an Ensialic Marginal Basin. *D. S. Inst. Geol. Geofiz* (in press).
- LUPU M., ANTONESCU E., AVRAM E., DUMITRICA P. & NICOLAE I. (1990b).- Comments concerning the age of some ophiolites in northern part of the Drocea Mountains (Romania). *D.S. Inst. Geol. Geofiz.*, **77**, 7, (in press).
- MAHOOD G.A. & DRAKE R.E. (1982).- K-Ar dating young volcanic rocks: a case study of the Sierra La Primavera, Jalisco, Mexico. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **93**, 12, 1232-1241.
- NICOLAE I. (1991).- Tectonic Setting of ophiolites from South Apuseni Mountains: Magmatic Arc Marginal Basin. *D.S. Inst. Geol. Geofiz.* (in press).
- NICOLAE I., CUNA S. & SORIOU M. (1987).- Investigations of ophiolites from the South Apuseni Mountains (Romania). *St. Cerc. Geol. Geofiz. Geogr. Geofiz.*, **25**, 43-49, Bucuresti.
- RADULESCU D. & SANDULESCU M. (1973).- The plate tectonic concept and the geological structure of the Carpathians. *Tectonophysics*, **16**, 155-161, Amsterdam.
- SAVU H. (1980).- Genesis of the Alpine cycle ophiolites from Romania and their associated calc-alkaline and alkaline volcanics. *An. Inst. Geol. Geofiz.*, **LVI**, 55-77, Bucuresti.
- SAVU H. (1983).- Geotectonic and magmatic evolution of the Mures zones (Apuseni-Mountains) - Romania. *An. Inst. Geol. Geofiz.*, **LXI**, 253-262, Bucuresti.
- SAVU H., LUPU M., LUPU D., STEFAN A. & ISTRATE GH. (1979).- Carte géologique de la Roumanie au 1/50.000e, feuille Rosia Noua. Edit. Inst. Geol. Geofiz., Bucuresti.
- SAVU H., UDRESCU C. & NEACSU V. (1982).- Contributions to the petrology and metallogenesis of Alpine Initialites from the Valisoara-Dumesti region (Metaliferi Mountains), with notes on the Pre-Alpine basement. *D. S. Inst. Geol. Geofiz*, **LXVII**, 1, 47-67 Bucuresti.
- SAVU H., BERBELEAC I., UDRESCU C. & NEACSU V. (1985).- The study of ophiolites and Insland arc magmatites in the Bagara-Visca-Luncoi Region (Mures Zones) - Apuseni Mountains. *D. S. Inst. Geol. Geofiz.*, **LXIX**, 1, 63-86, Bucuresti.
- SAVU H., UDRESCU C. & NEACSU V. (1986). Bimodal volcanism in the North western Insland Arc of the Mures zones. *D. S. Inst. Geol. Geofiz.*, **70-71/1**, 153-170, Bucuresti.
- SANDULESCU M. (1984).- Geotectonique de la Roumanie (en Roumain), 334 p. Edit. Technica, Bucuresti.
- SANDULESCU M. & VISARION M. (1979).- Considérations sur la structure tectonique du soubassement de la dépression de Transylvanie. *D. S. Inst. Geol. Geofiz.*, **LXIV**, 5, 153-173, Bucuresti.
- STEIGER R.H. & JAGER E. (1977).- Subcommission on geochronology. Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.