

Évolution des formations volcaniques birimiennes de la partie nord de la boutonnière de Kédougou (Sénégal oriental)

E. DIOH¹, J. M. BERTRAND², P. DEBAT³, A. DIA⁴, P. M. NGOM⁴, G. ROCCI⁵

1. Laboratoire de géologie, IFAN, Ch. A. Diop B.P. 206 Dakar/Sénégal.

2. CRPG., B.P. 20, 54501, Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex.

3. Laboratoire de pétrologie, université de Toulouse, 38, rue des Trente-Six Ponts, 31400 Toulouse.

4. Département de géologie, UCAD, Dakar/Sénégal.

5. Laboratoire de pétrologie, université de Nancy-I, BP 239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex.

Introduction

La boutonnière de Kédougou (environ 15 000 Km²), située à l'extrémité occidentale du craton Ouest-africain, est divisée en trois ensembles lithostratigraphiques (BASSOT, 1987) : le supergroupe de Mako à l'Ouest et les supergroupes du Dialé et de Daléma à l'Est (figure 1a). Les formations métavolcaniques y sont fortement représentées, notamment dans le supergroupe de Mako où des travaux récents (N'GOM, 1985 ; DIOH, 1986 ; DIA, 1988) montrent qu'elles ont un caractère essentiellement tholéiitique. Toutefois, dans la partie NW de la boutonnière, dans une région délimitée par les villages de Tamé, Sonfara, Laminia (figure 1b), le volcanisme du supergroupe de Mako apparaît sous deux formes contrastées :

- un ensemble méridional, ou formation de Konkoto, constitué de roches volcaniques et plutoniques basiques à intermédiaires faiblement porphyriques, où quelques structures en pillow-lavas ont été observées, ainsi que des intercalations pyroclastiques ;

- un ensemble septentrional, ou formation de Fouldé, recouvert en discordance par la « série » de la Falémé, d'âge protérozoïque supérieur (BASSOT, 1966) ; il renferme des formations volcaniques porphyriques basiques à acides.

Dans les différentes formations où les textures magmatiques sont généralement bien conservées, la structure majeure correspond à une foliation orientée N 20 à fort pendage W au Nord, N 170 à fort pendage E au Sud. Cette foliation est synchrone d'un métamorphisme de faciès schiste vert, passant à un métamorphisme de degré plus élevé au voisinage des massifs de granitoïdes, où elle est souvent orientée parallèlement aux limites des plutons.

L'absence de contact entre les deux complexes rend les essais de chronologie impossibles. Cependant, le fait qu'ils sont tous deux recoupés par les granitoïdes birimiens, datés à 2158 Ma (DIA *et al.*, 1997), montre que leur mise en place est antérieure à cette époque.

Matériels et méthodes

Seuls les échantillons homogènes, c'est-à-dire dépourvus d'enclaves énallogènes¹, ont été analysés. De même, nous avons, autant que faire se peut, analysé les roches les plus « fraîches », en nous basant sur un critère très simple : plus une roche du secteur d'étude est verte, plus elle est altérée. Les analyses d'éléments majeurs et mineurs ont été effectuées par émission ICP et les éléments en traces par ICP-MS au CRPG (Centre de recherches pétrographiques et géochimiques) de Nancy.

Résultats

Pétrographie et géochimie de la formation de Konkoto

La formation volcanoplutonique de Konkoto, affectée par une foliation N-S à fort pendage E, est constituée, pour l'essentiel, par des metabasaltes recoupés par des dykes métagabbroïques, parfois à textures doléritique.

¹ Enclaves incluses dans les roches magmatiques et d'origine étrangère au magma.

Les metabasaltes

On distingue les metabasaltes à texture de trempe et les metabasaltes dont la texture n'est plus reconnaissable. Les roches saines contiennent, comme principales phases minérales, des aiguilles très allongées de plagioclase et des amphiboles, souvent associées en rosette.

Les métagabbros

Ils comportent des roches à grains grossiers ou fins et renferment des plagioclases totalement altérés, de l'amphibole (hornblende ou actinote), des reliques de pyroxènes tabulaires et des minéraux opaques.

Les métadolérites

Elles forment des filons subparallèles à la schistosité de la roche et leur texture est ophitique. Les plagioclases, sous forme de baguettes (1 mm), avec des bordures dentelées, l'amphibole (hornblende ou actinote) et les minéraux opaques constituent la trame primitive de la roche.

Ces différents faciès, décrits par DIOH (1986) et DIA (1988), ont une composition minéralogique très semblable, avec des paragenèses primaires à amphibole (hornblende magnésienne) très abondante, à reliques de clinopyroxène (augite) et plagioclase (An₃₀₋₈₀) et des paragenèses secondaires à albite, actinote, chlorite, épidote et opaques.

Le comportement de la silice et du fer dans les diagrammes de MIYASHIRO (1974) est significative d'une tendance tholéiitique (figure 2). Cette tendance est confirmée par l'évolution du titane et du vanadium (figure 3). Elle se lit aussi, sur le diagramme multiéléments (PEARCE, 1982) et sur les spectres des Terres rares, normalisés par rapport aux chondrites où le rapport (La/Yb)_N, qui varie de 0,81 à 1,32, évoque celui des TMORB. L'ensemble des données chimiques est disponible dans les travaux de DIA (1988) et DIOH (1995).

Pétrographie et géochimie de la formation de Fouldé

La formation de Fouldé représente la partie septentrionale de la boutonnière, en territoire sénégalais. Elle comporte plusieurs faciès, allant des basaltes aux rhyolites avec cependant une nette prédominance des basaltes andésitiques. Mises à part les rhyodacites, les différents faciès présentent le même aspect macroscopique, caractérisé par leur couleur verte et l'existence de phénocristaux de ferromagnésiens et de plagioclase.

Les basaltes

Ils présentent une texture microlitique porphyrique avec des phénocristaux de clinopyroxène (augite) et, dans des proportions plus réduites, de plagioclase complètement recristallisé en épidote, séricite, quartz. La méso-stase renferme des microlites de clinopyroxène et de plagioclase, sans orientation préférentielle.

Les andésites

Elles forment des coulées de quelques centaines de mètres, de puissance associées à des faciès pyroclastiques.

- Les andésites en coulées, homogènes, avec peu ou pas de clastes, ont une texture microlitique porphyrique parfois gloméroporphyrique. Le plagioclase (An₃₀₋₅₀) en lattes millimétriques, le pyroxène (augite) partiellement ou complètement transformé en amphibole, l'ilménite et le quartz forment la trame primitive de la roche. L'épidote, la calcite et la chlorite sont des phases tardives liées au métamorphisme et à l'altération.

- Les andésites pyroclastiques contiennent des clastes, pouvant atteindre des dimensions décimétriques. Ces éléments, presque arrondis, se reconnaissent à leur couleur grise qui contraste avec la matrice volcanique verdâtre. Ils comprennent des fragments de roches et de minéraux. Les échardes, de formes diverses, sont entièrement recristallisées et cernées de minéraux opaques.

Les plagioclasites

Ce sont des roches de couleur brune qui apparaissent en nodules dans les andésites. Leur diamètre est variable et, en général, ne dépasse pas la vingtaine de centimètres. La roche a une texture trachytique avec de rares phénocristaux de plagioclase. Hormis quelques cristaux de quartz et des grains de minéraux opaques, la roche est entièrement constituée de plagioclase.

Les rhyolites

Elles ont une texture microlitique porphyrique avec des phénocristaux de quartz, de plagioclase (albite), de feldspath potassique et de hornblende chloritisée. L'amphibole est entourée d'une couronne réactionnelle, formée par l'association symplectique de quartz, calcite, chlorite et opaques.

La variation des teneurs en SiO₂ (50-75 %) (figure 2) de cette formation est plus grande que celle de Konkoto. Le comportement des éléments chimiques, notamment l'absence d'enrichissement en FeO_T au cours de la différenciation, est compatible avec une évolution de type calco-alcalin. Elle s'accompagne d'une diminution de FeO (11-0,06), TiO₂ (0,81-0,23) et de V (235-0). Le pourcentage, relativement élevé, des phénocristaux de

clinopyroxène dans les andésites explique les teneurs faibles en Al_2O_3 (13 % en moyenne) et élevées en MgO (7 % en moyenne). L'enrichissement en Terres rares légères par rapport aux Terres rares lourdes (La/Yb) N 4-8, (La/Sm) N 1,8 - 3,3), rappelle celui des andésites orogéniques (figures 4-5). La formation de Fouldé présente beaucoup d'analogies avec certaines formations volcaniques du supergroupe de la Daléma décrites par BASSOT (1987) et BOHER (1987). On notera la similitude des faciès pétrographiques andésitiques à dacitiques, l'existence de phénocristaux (plagioclase, ferromagnésiens et plus rarement quartz), l'absence d'enrichissement en TiO_2 , V, et FeOt au cours de la différenciation, l'enrichissement en Terres rares légères avec un rapport (La/Yb) N variant entre 7,4 et 15,6 et (La/Sm) N entre 2,5 et 3,7. Elle en diffère par la faible quantité des basaltes-andésites.

Synthèse et discussions

Dans la partie occidentale de la boutonnière de Kédougou affleurent deux ensembles volcanoplutoniques, présentant des caractères pétrographiques et géochimiques distincts, tous deux antérieurs à la mise en place des granitoïdes : la formation de Konkoto, essentiellement basique, avec des faciès assez homogènes et la formation de Fouldé, riche en phénocristaux de ferromagnésiens et dont la composition varie des termes basiques (basaltes) aux termes acides (rhyolites). Leur étude géochimique comparative (figures 2, 3, 4) met en évidence les points suivants :

1. les teneurs en SiO_2 sont plus élevées, pour une même valeur du rapport $FeOt/MgO$, dans le complexe de Fouldé ;
2. les concentrations en alcalins et en éléments lithophiles sont plus élevées dans le complexe de Fouldé, même si on assiste à une augmentation globale de leur teneur vers les termes évolués ;
3. Ti et Nb montrent des anomalies négatives dans le complexe de Fouldé, anomalies typiques des séries calco-alcalines.

L'ensemble des données pétrographiques et géochimiques conduit à caractériser deux ensembles distincts : la formation de Konkoto d'affinité tholéitique et la formation de Fouldé de type calco-alcalin. L'allure des spectres des Terres rares normalisées, par rapport aux chondrites (figure 5), montre que les différences observées sont d'origine magmatique et non le résultat de phénomènes tectono-métamorphiques

secondaires. Enfin, ces deux complexes affleurent dans des zones géographiquement très proches.

À l'échelle de la boutonnière, le magmatisme calco-alcalin se manifeste de manière contemporaine dans deux régions (Fouldé et Daléma), éloignées de plus de 100 Km et situées de part et d'autre de la série tholéitique de Mako.

Cette organisation spatiale pose le problème du modèle géodynamique permettant la formation simultanée des différentes séries et notamment le problème de l'existence d'une zone de subduction, généralement évoquée pour expliquer la formation des séries calco-alcalines. Dans le Birimien de l'Afrique occidentale, si les aires tholéitiques basaltiques à andésitiques sont les plus fréquentes (MILÉSI *et al.*, 1989), elles s'accompagnent souvent de formations calco-alcalines andésitiques à rhyolitiques précoces (complexes de la Daléma et de Fouldé au Sénégal oriental, de la Haute-Comoé, Yaouré et Fétékro en Côte d'Ivoire (ALRIC et VIDAL, 1991 ; FABRE et MATHÉIS, 1987 ; LEMOINE, 1988), au Sud du Mali (LIÉGEOIS *et al.*, 1991) au Ghana (LEUBE *et al.*, 1990). Au Sénégal oriental, la disposition de ces formations est difficilement explicable dans le cas d'une subduction unique. Il faudrait évoquer non pas une, mais deux zones de subduction, ce qui est peu probable si l'on tient compte de l'absence, sur le terrain, de stigmates d'une ancienne zone de subduction (métamorphisme faible dans le faciès schiste vert et tectonique peu intense). Le modèle géodynamique, proposé par VIDAL *et al.* (1996) en Haute Comoé, pourrait aussi s'appliquer à la boutonnière de Kédougou avec, dans un premier temps, un empilement de basaltes tholéitiques en domaine aquatique et une ascension des granitoïdes provenant de la fusion d'une croûte juvénile, le volcanisme calco-alcalin se mettant en place dans les fractures bordant les bassins, à la suite d'un réajustement isostatique.

Références bibliographiques

- ALRIC G., VIDAL M., 1991. Données nouvelles sur le magmatisme de la ceinture birimienne de Haute-Comoé (Côte d'Ivoire) : un bassin arrière-arc ? C. R. Acad. Sci. Paris, 313, p. 1471-1478.
- BASSOT J. P., 1966. Étude géologique du Sénégal oriental et de ses confins guinéomaliens, mém. BRGM, 40, 332 p.
- BASSOT J. P., 1987. Le complexe volcano-plutonique calco-alcalin de la rivière Daléma (est Sénégal) : discussion de sa signification géodynamique dans le cadre de l'orogénie Eburnéenne (Protérozoïque inférieur), Journal of African Earth Sciences, Vol. 6, n° 1, p. 109-115.
- BOHER M., 1987. Pétrographie et géochimie des formations de la Daléma (Sénégal oriental). Les formations métamorphiques du sillon de Yalogo, Burkina Faso. Premières datations Sm-Nd et Rb-Sr, DEA. Univ. Nancy I, 43 p.

- DIA A., 1988.** Caractères et signification des complexes magmatiques et métamorphiques du secteur de Sandikounda-Laminia, Thèse Doct. ès-sciences, Univ. Ch. A. Diop, Dakar, Sénégal, 348 p.
- DIA A., VAN SCHMUS W. R., KRÖNER A., 1997.** Isotopic constraints on the age and formation of a Palaeoproterozoic volcanic arc complex in the Kedougou inlier, eastern Senegal, West Africa. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 24, n° 3, p. 197-213.
- DIOH E., 1986.** Étude des roches magmatiques birimiennes de la région de Sonfara-Laminia-Médina Foulbé (Sénégal oriental), Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Nancy I, 144 p.
- DIOH E., 1995.** Caractérisation, signification et origine des formations birimiennes encaissantes du granite de Dioumbalou (partie septentrionale de la boutonnière de Kédougou - Sénégal oriental), Thèse Doct. d'État Fac. Sci. Univ. Ch. A. Diop Dakar, 446 p.
- FABRE R. et MATHÉIS G., 1987.** Caractérisation-géochimique du magmatisme birimien dans le centre de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest) : ses implications géodynamiques, 14^e Coll. Afr. Geol. Berlin, Résumés Publ. Occas., CIFEG, p. 47.
- LEMOINE S., 1988.** Évolution géologique de la région de Dabakala (NE de la Côte d'Ivoire) au Protérozoïque inférieur, Thèse d'État Univ. Clermont-Ferrand II, 334 p.
- LEUBE A., HIRDES W., MAUER R. et KESSE G. O., 1990.** The early Proterozoic supergroup of Ghana and some aspects of its associated gold mineralization, *Precambrian Research*, 46, p. 139-165.
- LIEGEOIS J. P., CLAESSENS W., CAMARA D. et KLERKX J., 1991.** Short lived Eburnian orogeny in South Mali. *Geology, tectonics, U-Pb et Rb-Sr geochronology, Precambrian Research*, 50, p. 111-136.
- MILÉSI J. P., FEYBESSE J. L., LEDRU P., DOMMANGET A., OUEDRAOGO M-F., MARCOUX E., PROST A., VINCHON C., SYLVAIN J. P., JOHAN V., TEGYEY M., CALVEZ J-I. et LAGNY P., 1989.** Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leurs relations avec l'évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. *Chron. rech. min.*, 497, 98 p.
- MIYASHIRO A., 1974.** Volcanic rocks series in island arcs and active continental margins, *American Journal of science*, 274, p. 321-355.
- NGOM P. M., 1985.** Contribution à l'étude de la série birimienne de Mako dans le secteur aurifère de Sabodala (Sénégal oriental), Thèse Doct. Univ. Nancy I, Fr., 134 p.
- PEARCE J. A., 1982.** Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In « Andesites » (Ed.) R.S., Thorpe, John Willey-Son, p. 525-548.
- VIDAL M., DELOR C., POUCKET A., SIMEON Y., ALRIC G., 1996.** Évolution géodynamique de l'Afrique de l'Ouest entre 2,2 Ga et 2 Ga : le style « archéen » des ceintures vertes et des ensembles sédimentaires birimiens du nord-est de la Côte d'Ivoire. *Bull. Soc. géol. France*, 167, n° 3, p. 307-319.

Résumé Le volcanisme de la partie nord de la boutonnière de Kédougou est formé par deux formations : la formation de Konkoto, au Sud, constituée de faciès relativement homogènes et de composition basique à intermédiaire ; la formation de Fouldé, au Nord, constituée de faciès porphyriques et de composition basique à acide. La position médiane du volcanisme tholéiitique de Konkoto, par rapport au volcanisme calco-alcalin de Fouldé, de Mako Sud et de la Daléma, ne peut pas s'expliquer par une subduction unique.

Mots-clés : volcanisme, calco-alcalin, tholéiite, birimien, boutonnière de Kédougou.

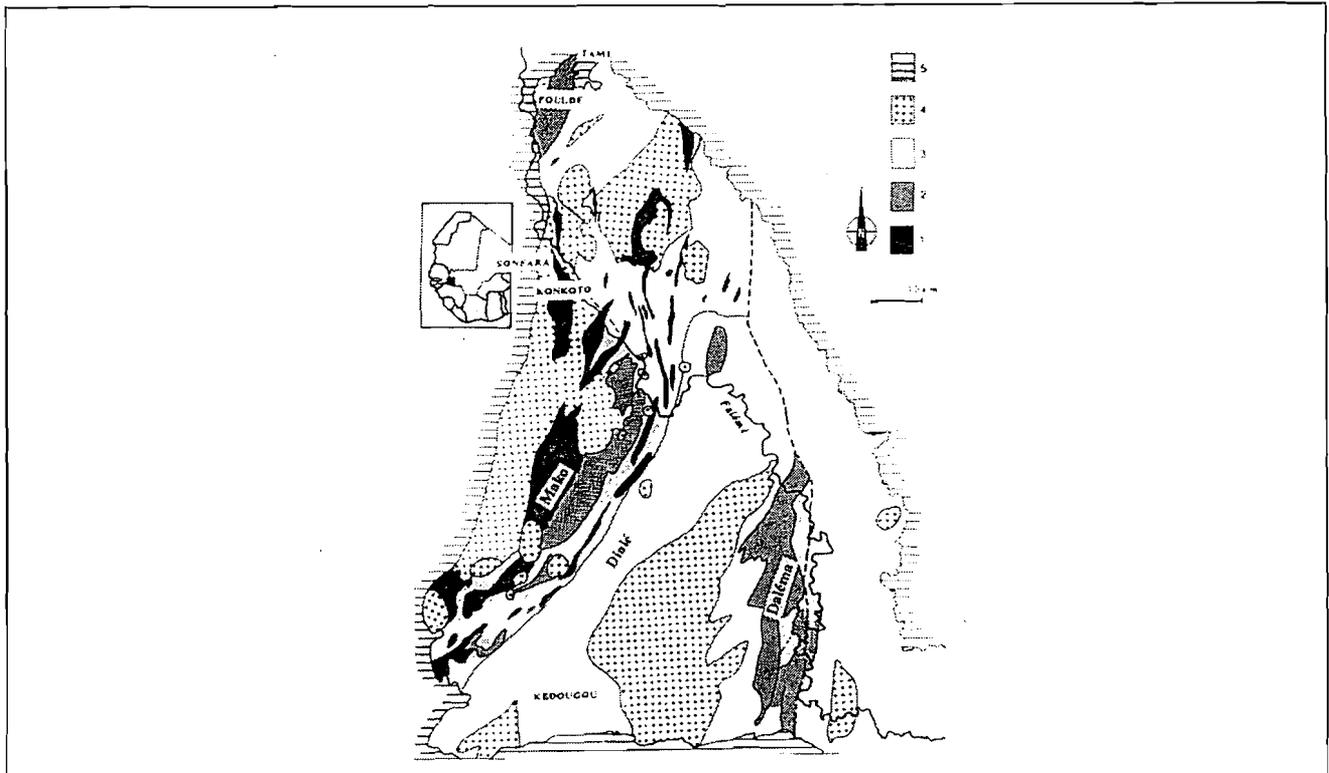


Figure 1a : Esquisse géologique de la boutonnière de Kédougou (d'après BASSOT, 1987 modifiée). 1 : volcano-plutonisme ultrabasique et basique. 2 : volcano-plutonisme andésitique. 3 : volcano-sédimentaire et sédimentaire. 4 : granitoïdes. 5 : formations du Protérozoïque supérieur.

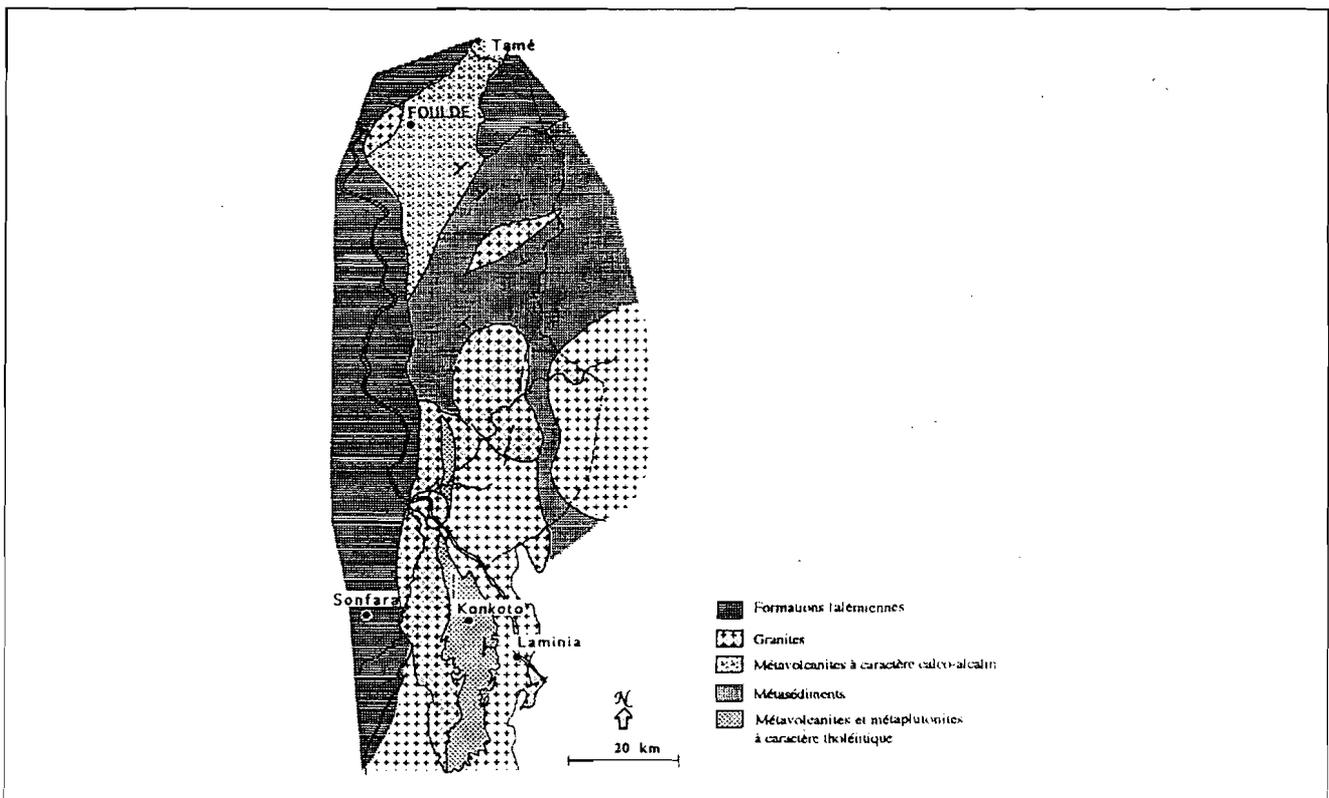


Figure 1b : Esquisse géologique de la partie septentrionale de la boutonnière de Kédougou.

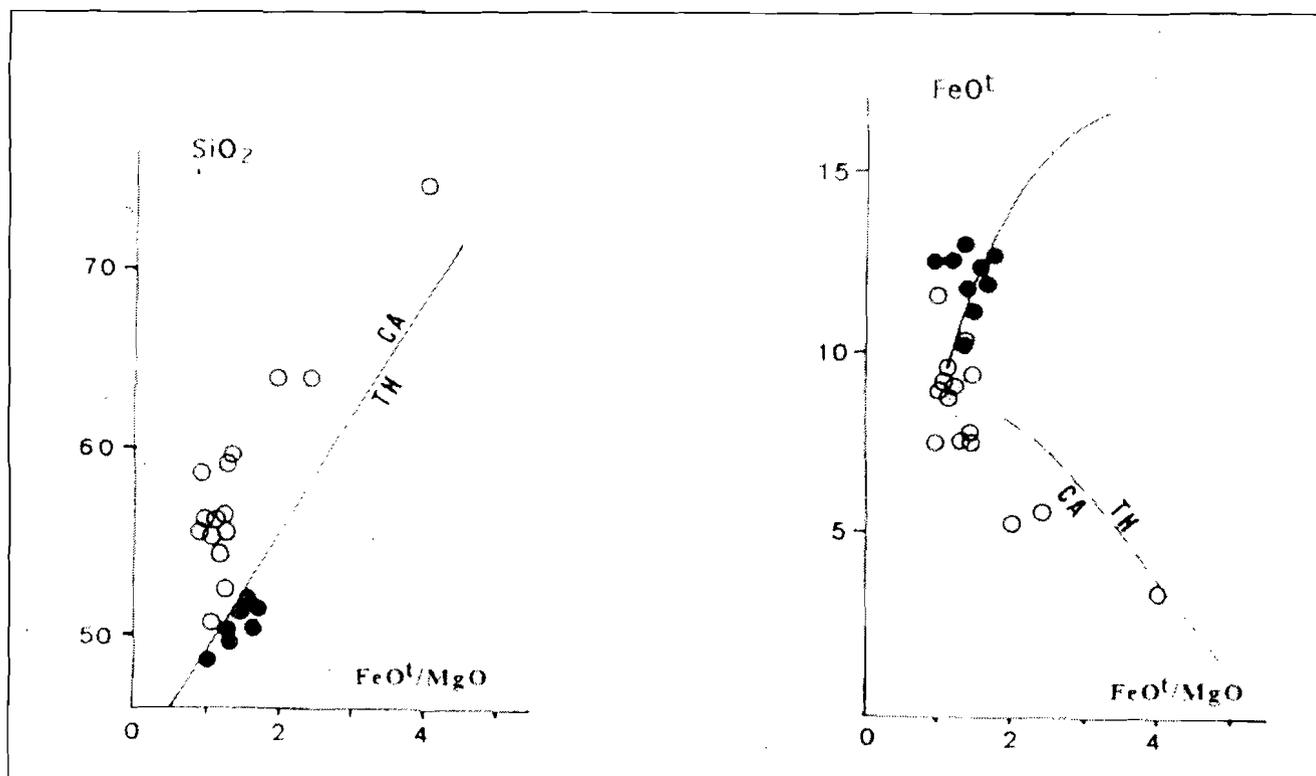


Figure 2 : Variation de la silice et du fer en fonction de FeOt/MgO (MIYASHIRO, 1974). Formations volcaniques de Konkoto (points) ; formations volcaniques de Fouldé (ronds vides).

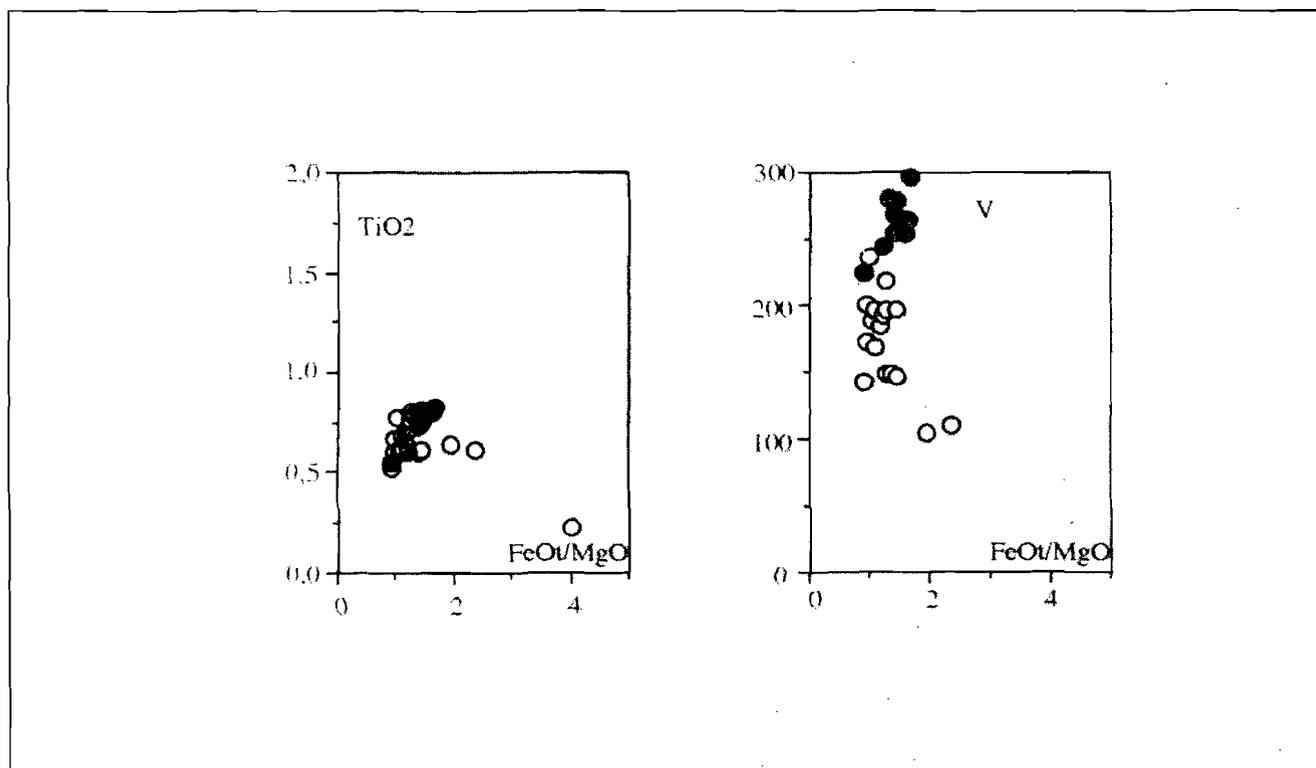


Figure 3 : Variation du vanadium et du titane en fonction du rapport FeOt/MgO. Formations volcaniques de Konkoto (points) ; formations volcaniques de Fouldé (ronds vides).

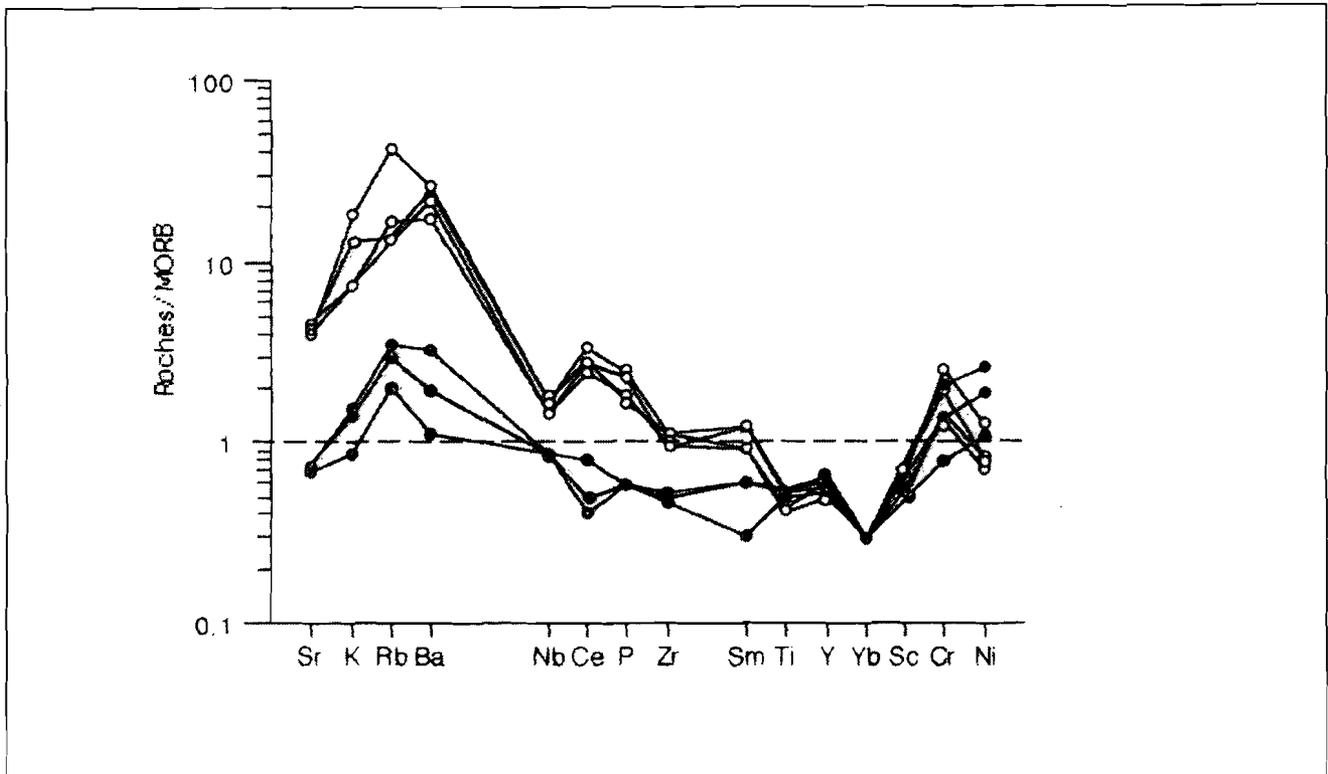


Figure 4 : Spectres multiéléments d'après PEARCE (1982) des formations tholéiitiques de Konkoto (points) et calco-alcalines de Fouldé (ronds).

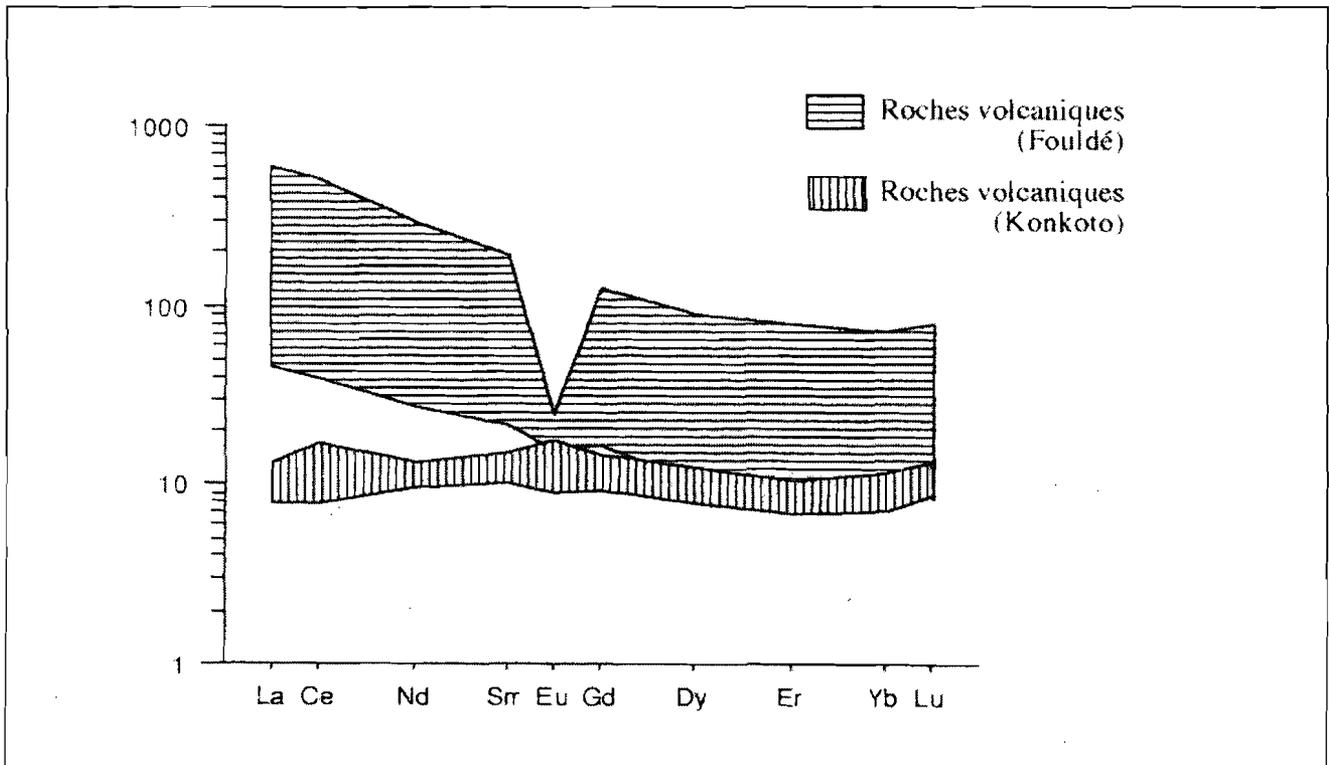


Figure 5 : Spectres des Terres rares normalisées par rapport aux chondrites.