

## UN CAS D'ANORTHOSITE RÉSIDUELLE PAR ULTRA MÉTAMORPHISME DE ROCHES SUPRACRUSTALES (VIKESAA, NORVÈGE MÉRIDIONALE) (\*)

par L. FRANSSSEN (\*\*) et S. DEUTSCH (\*\*\*)

(4 fig. dans le texte)

### ABSTRACT

A lenticular inclusion of anorthositic and quartziferous anorthositic composition occurs in a noritic bed laying at the nose of a « nappe » and folded with it in deep catazone.

The (Sr-87/Sr-86)<sub>0</sub> ratios of the anorthosite (0.719) and of the gneiss in the vicinity (0.732) are typical of pelitic rocks and differ significantly from the ratios measured in the surrounding norites (0.707-0.709) which are already contaminated.

From the partition coefficients and the concentrations of K, Rb, Sr and their ratios, the predicted liquid which would theoretically have given birth to the anorthosite is calculated : its concentrations are close to those of the gneiss and very different from those of the norites.

It appears thus that this anorthosite was produced from a gneiss-surrounded by a noritic intrusion - which has been partially melted or has undergone a differential migration of some elements leaving behind an anorthositic restite.

This work is part of the program of the Belgian Center of Geochronology.

### RÉSUMÉ

Découverte d'une anorthosite formée à partir d'un septum de gneiss pris en enclave dans une norite et ayant, par migration différentielle ou par fusion partielle laissé un résidu d'anorthosite et d'anorthosite quartzique.

Les rapports (Sr-87/Sr-86)<sub>0</sub> de l'anorthosite (0,719) et du gneiss (0,732) appartiennent à ceux des roches pélitiques tandis que pour la norite, les deux rapports mesurés (0,707-0,709) caractérisent la contamination de roches basaltiques.

Les concentrations de K, Rb, Sr et leurs rapports dans un liquide parental sont calculés à partir des concentrations dans l'anorthosite et de leurs coefficients de partage. Ce liquide hypothétique a, pour les éléments cités, la même composition que les gneiss encaissants.

Ce phénomène a eu lieu avant ou plus probablement lors de la tectonique plastique en milieu catazonal profond.

(\*) Communication présentée le 12 mars 1973, manuscrit déposé le 13 avril 1973.

(\*\*) Laboratoire de Minéralogie et Pétrologie — Université Libre de Bruxelles — et Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique.

(\*\*\*) Laboratoire de Minéralogie et Pétrologie — Université Libre de Bruxelles — 50, av. F. D. Roosevelt — 1050 Bruxelles, Belgique.

## INTRODUCTION

Le Sud du Rogaland contient des roches anorthositiques qui se présentent en massifs de dimensions très importantes et dont l'origine est fort diverse (crystallisation d'un magma contaminé, palingénèse basique ou anorthositisation métasomatique, J. et P. МІСНОТ, 1968), mais toujours liée à un matériau originel basique ayant ou non assimilé une certaine quantité de roches sialiques. Nous nous proposons de décrire ici une anorthosite formée à partir d'un constituant supracrustal.

A. *Localisation géologique*

La région de Vikesaa est située dans un complexe de gneiss catazonaux à faciès mangéritique (P. МІСНОТ, 1951) bordant au Nord les grands massifs anorthositiques de Norvège du Sud. D'après P. МІСНОТ (1960-1968) qui a particulièrement étudié cette contrée, l'évolution de la zone qui nous intéresse peut être schématisée comme suit :

Une phase de plissement en plis couchés à axes N-S à la fin de laquelle se met en place l'anorthosite d'Egersund-Ogna et le long de la bordure de celle-ci, sur la surface de décollement, des intrusions noritiques.

Une seconde phase tectonique à plis couchés, d'axes E-W cette fois-ci, provoquée par le glissement de nappes venant du Nord et refoulant les gneiss autochtones. A peu près au même moment se forme le lopolithe de Bjerkrem-Sogndal.

Au voisinage de cette région, une troisième phase tectonique plus locale, à axes E-W et à plans axiaux redressés.

Les gneiss dont une grande partie est d'origine sédimentaire contiennent de nombreuses intercalations basiques concordantes. Certaines doivent être rattachées à des manifestations éruptives basiques datant de la sédimentation géosynclinal normale mais « d'autres, dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de puissance possèdent encore des structures éruptives typiques. Leur mise en place s'est faite en milieu catazonal au cours même de la déformation plastique principale » (P. МІСНОТ, 1957, p. 159).

Les norites de ce dernier type montrent à des degrés divers une contamination due à l'assimilation du matériau gneissique dans lequel elles s'infiltrèrent. Nous y avons observé un cas particulier de digestion à la suture de la nappe du Storefjell, — à proximité immédiate de l'apex de celle-ci — et des gneiss autochtones du Laksvellefjell.

Cette norite, appartenant très vraisemblablement à ce deuxième type, contient en effet un septum anorthositique dont la disposition spatiale, la minéralogie et les relations avec la roche magmatique et les gneiss encaissants sont assez remarquables.

B. *Description de terrain et pétrographie (fig. 1)*

Les affleurements sont situés sur la face S-W du Storafjell, la partie la plus occidentale en constitue les premiers contreforts. Les couches dont le pendage est vertical et la direction E-W montrent de nombreux plissements caractéristiques d'un front de nappe. Les gneiss, fortement migmatitiques, de composition granitique à granodioritique sont accompagnés de lits ou de bancs noritiques d'épaisseurs très variables. Dans la partie E. des affleurements que nous décrivons, au voisinage d'une norite particulièrement épaisse, les *gneiss* sont enrichis en quartz à un point tel que localement, ils prennent l'aspect d'un véritable quartzite. L'étude pétrographique de deux échantillons des épontes (voir analyse chimique Table I) nous a permis d'y déceler, outre les minéraux habituels à ces roches (Qz, Fk, Pl, Ox), du minéral opaque et du spinelle vert. Ce dernier minéral peut se trouver en contact

direct avec le quartz ou séparé par une fine couronne de grenat. Dans un de ces échantillons, la corrosion du plagioclase par le feldspath potassique est bien visible.

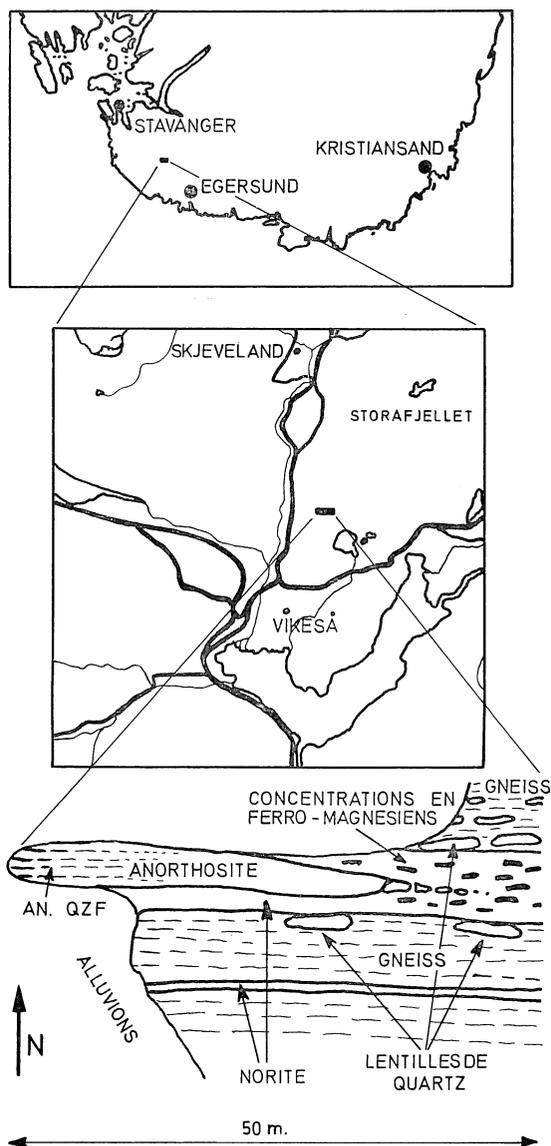


Fig. 1. — Localisation et carte géologique schématique de la région décrite. (\*)

Le banc de norite, surtout dans cette partie orientale, contient de nombreuses poches ou *schlieren* de minéraux ferromagnésiens : orthopyroxène, ilménite et magnétite. Les cristaux d'orthopyroxène peuvent atteindre 5 cm. En lame mince, on y

(\*) Au bas de la figure, lire 500 m au lieu de 50 m.

observe outre l'orthopyroxène fort pléochroïque, du plagioclase, de la biotite, du minéral opaque, du spinelle et plus rarement de la cordiérite. Quelques petites veines de quartz ont également été observées en quantité très faible.

TABLEAU I  
*Analyses Chimiques*

	16/72	135/72	132/72	120/72	131/72	17/72	22/72	18a/72	134/72	20/72
SiO <sub>2</sub>	52,43	54,78	72,20	52,27	48,40	48,48	46,21	41,85	74,84	70,04
TiO <sub>2</sub>	—	0,45	—	1,80	1,30	1,45	1,50	1,80	—	0,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,44	24,37	17,47	18,28	15,81	14,29	15,14	14,82	12,85	13,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,34	1,73	0,50	1,58	7,50	5,22	5,21	6,60	0,73	3,67
FeO	0,59	1,14	0,45	7,38	5,20	7,79	8,74	12,47	0,51	1,82
MnO	—	—	—	—	traces	—	—	—	traces	—
MgO	0,40	0,60	0,12	4,12	8,72	7,56	7,72	14,78	0,45	1,35
CaO	8,92	8,96	5,04	9,12	9,96	9,12	12,48	3,64	1,68	0,79
Na <sub>2</sub> O	5,61	5,45	4,08	3,85	2,22	2,40	1,53	0,76	2,79	2,72
K <sub>2</sub> O	1,28	0,98	0,52	0,41	0,68	0,50	1,36	0,73	4,42	4,76
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	} 0,69	1,37	0,49	0,12	0,52	0,46	0,64	0,43	0,60	1,28
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>										
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0,06	—	0,26	0,25	0,16	0,16	traces	0,06	—
Total	99,70	99,89	100,87	99,19	100,56	97,43	100,69	97,86	98,93	100,01

Analyste C. Lombaerts.

16/72 : Anorthosite fraîche, 135/72 : Anorthosite un peu altérée, 132/72 : Anorthosite quartzique, 120/72 : Norite (LAKSVELEFJELL), 131/72 : Norite, 17/72 : Norite, 22/72 : Norite au contact avec l'Anorthosite, 18A/72 : Concentration en ferro-magnésiens, 134/72 et 20/72 : Gneiss.

*La norite* elle-même contient très peu de clinopyroxène. Le plagioclase y est souvent zoné. Les pourcentages en anorthite du centre et de la bordure sont d'habitude assez voisins (57 à 61 % An) tandis qu'une couronne intermédiaire montre une augmentation de cette teneur (64 à 67 % An). Notons cependant que, dans certains échantillons, le plagioclase n'est pas zoné et a une valeur nettement plus faible (40 à 50 % An) se rapprochant de celle d'une norite normale (40 % An pour la norite du Laksvelefjell qui ne contient ni spinelle, ni cordiérite).

Vers l'ouest, les affleurements sont situés à une altitude légèrement moins élevée, on y voit apparaître, disséminés dans les schlieren, des petits blocs d'anorthosite ressemblant à des « enclaves » de la taille d'un melon, à contours très nets, mais extrêmement irréguliers et très souvent soulignés par une mince bordure biotitique. A cet endroit, quelques grosses lentilles de quartz allongées parallèlement au litage sont présentes dans les gneiss et dans la norite au voisinage du contact avec ceux-ci.

Dans la partie occidentale des affleurements, l'épaisseur de la norite augmente progressivement ainsi que la taille des « enclaves » d'anorthosite. Leurs dimensions s'accroissant, celles-ci se soudent l'une à l'autre et passent de blocs bien individualisés

à un septum anorthositique long d'une centaine de mètres, allongé parallèlement aux épontes, mais ne montrant jamais de point de contact avec celles-ci. Son épaisseur est de cinquante centimètres à deux mètres dans sa partie la plus occidentale. *L'anorthosite* est constituée de plagioclase très faiblement antiperthitique dont la teneur habituelle est de 41 % en anorthite (mais pouvant osciller entre 40 et 48 % An). De très rares pyroxènes altérés et du minéral opaque y sont également présents.

Enfin dans la partie la plus occidentale, là où l'épaisseur de septum est la plus forte, l'anorthosite se charge de très nombreux phénocristaux de quartz xénomorphe, régulièrement dispersés dans la roche, allongés horizontalement, parallèlement à la texture régionale. Le pourcentage en quartz par rapport au volume de la roche atteint 30 %.

Une large vallée, des dépôts morainiques et une faille ne permettent pas la poursuite des observations.

### C. Rapport Sr-87/Sr-86

La composition isotopique du Sr a été mesurée sur des roches totales et sur des plagioclases séparés. Les teneurs en rubidium et en strontium ont été déterminées soit par dilution isotopique, soit par fluorescence X. Les analyses isotopiques ont été faites par thermoionisation; pour le rubidium, on a utilisé un filament de tantale (spectromètre de masse CH4 Varian Mat); pour le strontium, deux filaments de rhenium (S.M. TH5 Varian Mat).

Ce dernier appareil est muni d'un tube de 21,4 cm de rayon de courbure, l'angle de déflexion étant de 90°; la sélection des différents isotopes se fait par sauts du champ magnétique d'un sommet de pic à l'autre.

Le collecteur est du type cage de Faraday.

Les données enregistrées sur un voltmètre digital sont perforées sur bande de papier, ensuite interprétées et traitées par l'ordinateur CDC 6400 au Centre de Calcul de l'U.L.B.-V.U.B. Le strontium Eimer et Amend standard donne comme valeur de Sr-87/Sr-86 :  $0,7081 \pm 0,0001$  corrigé pour un rapport Sr-86/Sr-88 de 0,1194 (avec l'amplificateur Cary 304, utilisé pour ces mesures).

Les résultats sont consignés au tableau II, l'examen des rapports Sr-87/Sr-86 corrigés pour un âge de 1000 M.A. montre pour :

1) *les gneiss*. Ce rapport est caractéristique des roches pélitiques (tableau III). La valeur est supérieure à celles publiées précédemment dans cette région (tableau IV.)

2) *l'anorthosite*. Les mesures dans les deux types d'anorthosite (anorthosite et anorthosite quartzifère) sont concordantes. Le rapport, bien qu'il soit inférieur à celui des gneiss s'apparente nettement cependant à celui des roches crustales et non à celui des roches basaltiques. Il est également différent de celui qui caractérise la norite contaminée entourant le septum anorthositique étudié. Rappelons également qu'aucune anorthosite — quelle que soit l'origine invoquée — ne possède un rapport aussi élevé (v. fig. 2).

3) *les norites*. Comparés aux rapports des basaltes continentaux ou océaniques (tableau III), les norites montrent un degré de contamination important. Il est égal, voire supérieur à celui des leuconorites et norites appartenant au magma plagioclassique de Bjerkreim-Sogndal et Egersund-Ogna (tableau IV).

4) *concentration en ferro-magnésiens*. Deux mesures (roche totale et plagioclase) ont été effectuées; le rapport extrêmement élevé est à première vue étonnant d'autant plus qu'il est différent pour la roche totale et le plagioclase (pour que le rapport

à l'origine soit identique, « l'âge » de la roche devrait être de 600 M.A.). Ceci indique donc un déséquilibre important entre la roche et son plagioclase.

TABLEAU II  
*Mesures Rb-Sr de l'Anorthosite de Vikesaa*

N° échantillon	Type de roche	Rb ppm	Sr ppm	Rb/Sr	$\left(\frac{\text{Sr } 87}{\text{Sr } 86}\right)_{\text{mesuré}}$	$\left(\frac{\text{Sr } 87}{\text{Sr } 86}\right)_0^{(*)}$
F 16/72	Anorthosite	11	376	0,0293	0,7206	0,7193
F 132/72	Anorthosite quartzique	2,1 * 4	237,1 + 237	0,00886	0,7202	0,7195
F 17/72	Norite	7	232	0,0302	0,7111	0,7099
F 131/72	Norite	5,7 + 7	159,4 + 155	0,0439	0,7092	0,7073
F 18 A	Concentration en ferromagnésiens dans norite	27	59	0,458	0,7595	0,7398
F 18 A	Plagioclase	65 +	302,7 +	0,215	0,7543	0,7451
F 134/72	Gneiss	166	130	1,28	0,7870	0,7319

\* corrigé pour un âge supposé de 1000 M.A.

+ mesuré par dilution isotopique.

Les autres valeurs de Rb et Sr sont mesurées par fluorescence X.

TABLEAU III  
*Rapports Sr87/Sr86 dans les divers types de roche à l'heure actuelle (\*)*

	Sr 87/Sr 86
Basalte océanique tholéitique	0,702 — 0,703
Basalte océanique alcalin	0,702 — 0,705
Basalte continental	0,703 — 0,707
Calcaires actuels, eau de mer	0,709
Schistes, pélites	0,704 — 0,739
Grauwackes en milieu eugéosynclinal	0,704 — 0,708
Granites	idem ou plus élevé

(\*) Compilation due à Armstrong (1968), complétée par des données extraites de Hurley (1967) et Petermann et al. (1967) (dans J. MICHOT, 1972).

TABLEAU IV

Rapports  $(87\text{Sr}/86\text{Sr})_0$  de roches du Rogaland méridional, d'après MICHOT et PASTEELS (1969).

Unité géologique	Nature de la roche	$(87\text{Sr}/86\text{Sr})_0$	
Massif anorthositique d'Egersund-Ogna, partie centrale	Anorthosite	0,7048	
		0,7038	
	partie externe	Anorthosite	0,7045 (*)
		Anorthosite	0,7045 (*)
		Leuconorite gneissique	{ 0,7085 0,7094
Massif de Bjerkrem-Sogndal	Norite (phase I)	0,7072	
	Monzonorite (phase II)	0,7068	
	Mangérite (phase III)	0,7148	
	Mangérite gneissique (phase III)	0,7118	
Massif anatectique d'Haaland-Helleren	Leuconorite gneissique Haaland	0,7063	
	Anorthosite grossière Helleren	0,7060	
	Idem	0,7056	
Dyke de Varberg	Monzonorite	0,7064 (*)	
Couverture gneissique	Gneiss ceillé	0,7059	
	Gneiss granitique fin	{ 0,7210 0,7193	

(\*) Inédit, échantillons Fr15/7, Fr115/72 et Fr23/1.

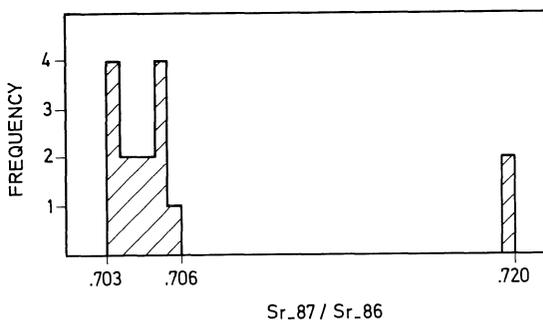


Fig. 2. — Comparaison entre la distribution des rapports  $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$  des anorthosites (d'après HEATH et FAIRBARN 1968) et l'anorthosite de Vikesaa (0,720).

#### D. *Premières conclusions*

##### a) *l'observation de terrain et l'étude microscopique montrent que :*

1) l'anorthosite baigne entièrement dans la norite. Elle n'est jamais en contact avec les gneiss.

2) Elle passe latéralement à une anorthosite quartzique. Ce quartz ne se présente jamais en filonets mais est disséminé de façon homogène dans l'anorthosite et absent ou en quantité extrêmement faible dans la norite. Son origine ne provient donc pas de ségrégation ou d'injections tardives.

3) Le contact entre anorthosite et norite est souligné par une paroi mince biotitique particulièrement visible là où l'anorthosite se sépare en blocs ayant l'aspect d'« enclaves ». Ce qui implique la notion de mobilisation et le blocage de la potasse et de l'alumine à l'interface norite-anorthosite.

4) Des concentrations en ferro-magnésiens sont bien apparentes dans la norite, surtout dans les affleurements situés à un niveau topographique légèrement plus élevé, là où l'anorthosite ne se présente plus qu'en petits nodules. Ces concentrations contiennent des minéraux alumineux tels que biotite, spinelle et cordiérite, habituellement absents dans pareil type de roche, elles laissent supposer l'action d'un front ferro-magnésien et alumineux.

5) Il existe des variations minéralogiques dans les norites. Peu décelables sur le terrain, elles apparaissent lors de l'étude pétrographique.

6) On constate un enrichissement et une concentration du quartz au voisinage des épontes et dans le gneiss ainsi que, dans ceux-ci, la corrosion intense du plagioclase par un feldspath mésoperthitique indiquant une métasomatose potassique et dès lors la mobilisation de cet élément. La coexistence de spinelle et de quartz que nous avons observée dans ces gneiss n'a jamais été rencontrée ailleurs dans cette région. Elle témoigne d'un déséquilibre à l'intérieur de la roche.

##### b) *l'analyse isotopique corrobore les observations de terrain*

1) Les rapports Sr-87/Sr-86 de l'anorthosite et de la norite ne permettent pas de rattacher ces deux roches à une même lignée magmatique. Soulignons également qu'aucune anorthosite ayant un tel rapport Sr-87/Sr-86 n'a jusqu'à présent été observée. Ce rapport est plutôt caractéristique des roches crustales que de roches basaltiques. Il ne peut donc s'agir d'enclaves arrachées par une intrusion noritique à un des massifs anorthositiques connus en surface.

2) La norite montre à des degrés divers une contamination en Sr-87, contamination qui n'est pas corrélable avec les variations des éléments majeurs.

3) Si, comme nous venons de le voir, la dissimilitude des rapports Sr-87/Sr-86 entre l'anorthosite et la norite est trop grande pour que l'on puisse rattacher ces deux roches à une lignée cogénétique, la différence de ces rapports entre anorthosite et le gneiss analysé n'est par contre, pas anormale, plusieurs explications pourraient en effet être avancées :

— le gneiss granitique ayant donné naissance à l'anorthosite avait un Sr de rapport isotopique plus bas que le gneiss analysé. Plusieurs gneiss ont en effet un rapport beaucoup plus faible (MICHOT et PASTEELS, 1969).

— le strontium radiogénique est concentré dans les minéraux contenant beaucoup de rubidium; feldspath potassique et biotite, la disparition de ceux-ci provoque une libération du Sr qui permet sa migration. La fusion partielle de ces minéraux entraîne donc la majorité du Sr-87 radiogénique du gneiss et laisse une anorthosite à rapport 87/86 plus bas. Cette dernière hypothèse est d'ailleurs renforcée par la présence de très hautes teneurs en Sr-87 dans les schlieren riches en ferro-magnésiens.

E. *Matériau originel prédit à partir des coefficients de partage*

A partir des valeurs de coefficients de partage (D) du Sr, K, Rb et des rapports de ces éléments entre plagioclase et matrice, coefficients mesurés par PHILLPOTS et SCHNETZLER (1970, échantillons G.S.F.C. 218 et 225 dont les teneurs en An du plagioclase se rapportent le plus de celles de notre échantillon 16/72), nous avons tenté de calculer la teneur de ces éléments dans un liquide parental hypothétique (P.L.) qui aurait donné naissance à l'anorthosite de Vikesaa (voir tableau V).

TABLEAU V

Sr	K	Rb	K/Rb	K/Sr	Rb/Sr	
2,84	0,263	0,0479	5,49	0,0929	0,02	$D_{\text{GSFC } 218}$
2,75	0,361	0,138	2,63	0,131	0,0499	$D_{\text{GSFC } 225}$
376	10.600	11	965	28,20	0,0293	An. 16/72
132	40.300	230	176	304	1,465	$P.L._{\text{GSFC } 218}$
137	29.400	80	367	215	0,587	$P.L._{\text{GSFC } 225}$
130	37.000	166	223	285	1,28	Gneiss 134/72
232	4.150	7	590	18	0,0302	Norite 17/72
160	5.600	5,7	982	35	0,036	Norite 131/72

— Calculs des concentrations (en ppm) de Sr, K, Rb et leurs rapports dans deux liquides prédits (P. L.) à partir de la composition de l'anorthosite de Vikesaa et des coefficients de partage  $D_{\text{GSFC } 218}$  et  $D_{\text{GSFC } 225}$  (Phillpots et Schnetzler, 1970).

— Comparaison avec les roches encaissantes (gneiss et norites).

Dans la figure 3 toutes les concentrations et leurs rapports sont recalculés de façon à ce que celles du gneiss soient égales à l'unité. On voit que les valeurs des liquides prédits encadrent très nettement celles du gneiss des épontes et diffèrent significativement de celles des norites analysées.

Bien que les variations de D entre cristal et liquide silicaté en fonction de P.T ne puissent encore être calculées (BURNS et FYFE, 1967; WHITTAKER, 1967), il est

probable que ces coefficients varient peu dans le domaine considéré, comme le montre d'ailleurs la concordance des chiffres proposés par PHILLPOTS et al (1970), GRIFFIN et MURTHY (1969) et GOODMAN (1972).

L'homogénéité des résultats ne peut donc être due à un hasard particulièrement heureux (\*), réciproquement, elle confirme les valeurs des coefficients de partage mesurés, en particulier la haute valeur de  $D^{R/Rb}$  plagioclase/liquide parental (en accord également avec GILL et MURTHY, 1970).

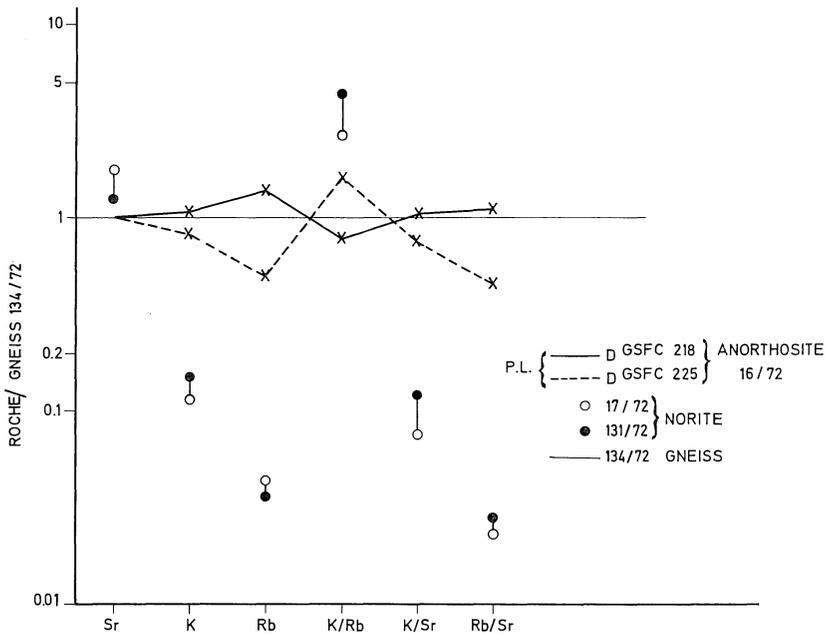


Fig. 3. — Composition hypothétique de deux liquides parentaux prédits (P.L.) à partir des coefficients de partage  $D$  (GSFC 218 et 225) et comparaison avec le gneiss et les norites. Les concentrations sont calculées de façon à ramener celles du gneiss à l'unité.

La proposition de MOORLOCK et al (1972 « ... anorthositic liquids with high K/Rb can be produced by partial melting of basic or intermediates granulites with similar high K/Rb ratios under high water vapour pressure » ne trouve pas ici de justification.

#### F. Comparaison avec d'autres anorthosites et conclusions

Bien que les expériences de Winkler et Von Platen (1960) aient montré la possibilité de formation d'une anorthosite résiduelle par fusion partielle de roches métasédimentaires, on en connaît peu d'exemples jusqu'à ce jour dans la nature.

Berg (1968) est le seul à envisager un tel processus. L'anorthosite de Bitterroot Range constituerait à son avis le résidu de fusion de gneiss à sillimanite dont le migma aurait une composition monzonitique. La température et la pression d'eau

(\*) Une étude sur la répartition des terres rares dans nos roches est entreprise avec la collaboration de l'Institut voor Nucleaire Wetenschappen — Rijksuniversiteit — Gent.

régionale auraient atteint les valeurs de 700° C et 4 kb. Aucune analyse isotopique ou d'éléments en trace de cette anorthosite n'a malheureusement été publiée.

La température, la pression totale et la pression d'eau régionales dans les gneiss du Rogaland sont de l'ordre de, respectivement 730° C, 6 kb et 2 kb (J. HENRY, inédit), conditions insuffisantes pour obtenir la fusion monzonitique puisqu'on n'observe jamais d'anorthosite formée par résidu anatectique dans les gneiss (P. MICHOT, 1968, p. 413). Le cas étudié ici est donc une exception formée dans un environnement particulier.

Comme le montrent l'observation du terrain, les données isotopiques et géochimiques, cette anorthosite n'est pas une enclave géante arrachée à un massif anorthositique sous-jacent, elle ne provient pas de la cristallisation primaire d'un liquide basaltique contaminé, mais bien d'un matériau, sialique ayant subi une anorthositisation (\*) dont les causes ne sont pas seulement liées au métamorphisme régional, mais surtout à l'apport supplémentaire de chaleur et peut-être de volatils dû à une intrusion noritique.

Le mécanisme de cette anorthositisation est plus difficile à expliquer; le résidu plagioclasiqne est-il la restite d'une fusion ou d'une migration différentielle vers la norite et les gneiss? Seule la présence d'affleurements à une altitude supérieure aurait pu fournir la solution. Les observations de terrain semblent cependant favoriser la seconde hypothèse car la distribution des concentrations minéralogiques s'effectue suivant une zonation rappelant à petite échelle des fronts de diffusion.

Cette disposition, rappelons-le, s'effectue de la manière suivante (fig. 4) :

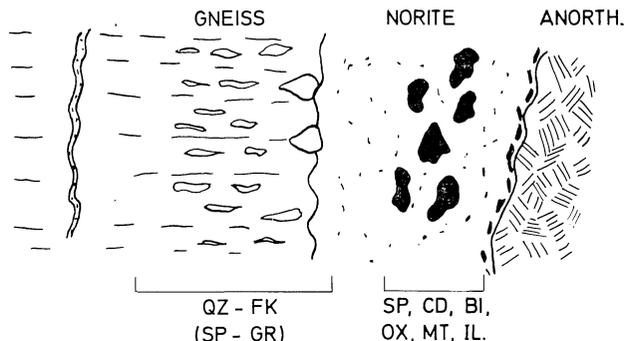


Fig. 4. — Coupe schématique montrant la zonation minéralogique.

Concentrations :

- a) dans les gneiss et au contact gneiss-norite, en quartz et métasomatose potassique (\*\*)
- b) dans la norite, en ferro-magnésien, orthopyroxène, cordiérite, spinelle, biotite, ilménite, magnétite. Disparition locale du clinopyroxène et zonage inverse du plagioclase

(\*) Je prends ici ce terme dans un sens très large : c'est-à-dire, la formation de ce type de roche à partir d'un matériau solide antérieur avec ou sans apport métasomatique. L'auteur de ce mot (T. F. W. BARTH) l'a d'ailleurs introduit à dessein d'une manière extrêmement vague.

(\*\*) La présence de spinelle dans un gneiss de composition granitique n'a pas reçu d'explication satisfaisante.

c) au contact avec l'anorthosite, en une mince couronne biotitique.

P. MICHOT (1955) envisage une hypothèse semblable pour expliquer la genèse d'une anorthosite à partir d'une norite située entre les massifs de Haaland — Hellingen et Egersund — Ognå.

Cette anorthosite serait le résultat d'un phénomène de migration conduisant à « l'élimination complète des minéraux ferromagnésiens et ne laissant subsister de la roche noritique préexistante qu'un agrégat grossièrement grenu de plagioclase revêtant le faciès de l'anorthosite, c'est le *processus d'anorthositisatio*n de la norite ».

Ce processus n'est donc pas unique dans la catazone norvégienne. Il soulève néanmoins le problème de la mobilité d'éléments soi-disant réfractaires tels l'aluminium, le magnésium etc..., ainsi que celui de la validité de l'application des valeurs des coefficients de partage pour une réaction de ce genre.

Quel que soit le mécanisme de ce phénomène ultramétamorphique où la quantité des volatils doit certainement jouer un rôle déterminant, le processus s'est effectué de façon à rétablir l'équilibre thermodynamique dans les nouvelles conditions P.T.

Un autre problème provoqué par ce cas particulier d'« anorthositisatio » est son extrême rareté : les bancs noritiques sont pourtant fréquents dans la catazone norvégienne, une bonne partie est probablement d'origine superficielle : sills, coulées ou tuffs basiques mais d'autres sont indiscutablement des intrusions magmatiques (P. MICHOT, 1957) mises en place lors des phases tectoniques (\*) profondes. Il existe donc dans les gneiss du Rogaland des domaines où ce phénomène aurait pu se produire ; pourquoi n'est-il pas plus fréquent et existe-t-il dans l'écorce terrestre des régions où il pourrait se manifester à une échelle beaucoup plus vaste ?

La possibilité de formation d'anorthosite de ce type est certainement liée à des conditions mécaniques et physico-chimiques assez particulières : vitesse de l'intrusion probablement très faible, de manière à ce que la masse subissant cette réaction ultramétamorphique puisse garder sa cohérence et quantité de volatils située dans un domaine relativement étroit : en quantité suffisante pour permettre la réaction mais suffisamment faible de manière à éviter la fusion partielle qui amènerait la dispersion de la restite dans le produit de fusion et le mélange avec le magma noritique. Ces conditions se trouvent sans doute trop rarement réunies pour permettre la répétition fréquente du phénomène.

#### REMERCIEMENTS

Les mesures ont été effectuées dans le cadre du programme du Centre Belge de Géochronologie qui a bénéficié d'un subside du Fond Belge de la Recherche Scientifique Fondamentale. Nous tenons à remercier Monsieur J. MICHOT qui a bien voulu relire et discuter le texte ainsi que Messieurs PASTEELS, LEGRAND et DEMAÏFFE dont les discussions et critiques ont été très utiles.

(\*) FALKUM (1966) signale dans la région de Flekkefjord la présence d'une pyrobolite de 10 m de puissance contenant en inclusions granoclassées des agrégats d'andésine dont la taille varie entre 30-40 cm et 2-3 cm. Ces inclusions doivent, d'après cet auteur, provenir d'une anorthosite présente dans un socle plus ancien.

## BIBLIOGRAPHIE

- BARTH T. F. W., (1952). — Theoretical Petrology, p. 229. Ed. WILEY.
- BERG R. B., (1968). — Petrology of Anorthosites of the Bitterroot Range, Montana. OARR \*, 1969 p. 387-398.
- BURNS R. G. and FYFE W. S., (1967). — Trace element distribution rules and their significance. *Chem. Geol.* **2**, 89-104.
- FALKUM T., (1966). — Structural and Petrological Investigations of the Precambrian Metamorphic and Igneous Charnockite and Migmatite Complex in the Flekkefjord Area, Southern Norway (A preliminary report). *Norges Geol Unders.*, **242**, 19-25.
- GILL J. B. and MURTHY RAMA V., (1970). — Distribution of K, Rb, Sr and Ba in Nain anorthosite plagioclase. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **34**, 401-408.
- GOODMAN R. J., (1972). — The distribution of Ga and Rb in coexisting groundmass and phenocrysts phases of some basic volcanic rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **36**, 303-317.
- GRIFFIN W. L. and MURTHY RAMA V., (1969). — Distribution of K, Rb, Sr and Ba in some minerals relevant to basalt genesis. *Geochim. Cosmochim. Acta*. **33**, 1389-1414.
- HEATH S. A. and FAIRBARN H. W., (1968). — Sr87/Sr86 in anorthosites and some associated rocks. OARR 1969, 99-110.
- MICHOT J., (1972). — Anorthosite et recherche pluridisciplinaire. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **95**, 5-43.
- MICHOT J. et PASTEELS P., (1969). — La variation du rapport (87Sr/86Sr)<sub>0</sub> dans les roches génétiquement associées au magma plagioclasiq. — premiers résultats. *Ann. Soc. Géol. Belg.* **92**, 255-262.
- MICHOT P., (1951). — Essai sur la Géologie de la catazone. *Acad. Royale Belgique, Bull. Cl. Sci.* **5/37**, 260-276.
- MICHOT P., (1955). — Anorthosites et Anorthosites. *Acad. Royale Belgique, Bull. Cl. Sci.* **5/41**, 275-294.
- MICHOT P., (1957). — Phénomènes géologiques dans la catazone profonde. *Geol. Rundschau*, **46**, 147-173.
- MICHOT P., (1960). — La géologie de la catazone : le problème des anorthosites, la palinogénèse basique et la tectonique catazonale dans le Rogaland méridional, Norvège méridionale. *Intern. Geol. Congr. Norden, 1960*, 21 st. Sess. guide A9, 1-54.
- MICHOT P., (1968). — Geological environments of the anorthosites of South Rogaland, Norway, OARR, 411-423.
- MICHOT P. et MICHOT J., (1968). — The problem of anorthosites : The South-Rogaland igneous complex; south western Norway OARR, 399-410.
- MOORLOCK B. S. P., TARNEY J. and WRIGHT A. E., (1972). — K-Rb ratios of intrusive anorthosite veins from Angmagssalik, East Greenland. *Earth. Planet. Sc. Let.*, **14**, 39-46.
- PHILPOTTS J. A. and SCHNETZLER C. C., (1970). — Phenocrystmatrix partition coefficients for K, Rb, Sr and Ba with applications to anorthosite and basalt genesis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **34**, 307-322.
- WHITTAKER E. J. W., (1967). — Factors affecting elements ratios in the crystallisation of minerals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **31**, 2275-2288.
- WINKLER H. G. F., (1967). — Petrogenesis of metamorphic rocks, p. 135. Ed. SPRINGLER-VERLAG.
- WINKLER H. G. F. und von PLATEN H., (1960). — Experimentelle Gesteinsmetamorphose III Anatektische Ultrametamorphose kalkhaltiger Tone. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **18**, 294-316.

\* OARR 1969. — Origin of Anorthosite and Related Rocks, Edited by YNGVAR W.-ISACHSENS New-York State Museum and Science Service, Memoir 18, Albany, New-York, 1969.

