

LES MASSIFS SATELLITES ANORTHOSITO-LEUCONORITIQUES D'HIDRA ET DE GARSAKNATT : LEUR SIGNIFICATION PETROGENETIQUE (*)

par

D. DEMAIFFE (**)

RESUME.— Les massifs anorthosito-leuconoritiques d'Hidra et de Garsaknatt flanquent, à l'est, le vaste complexe éruptif du Rogaland (S.W. Norvège) ; ils apparaissent comme tardi-ou post-tectoniques, ce qui contraste avec la nature syntectonique des massifs du complexe principal. Les anorthosites d'Hidra présentent des structures d'orthocumulat bien développées. Vers la bordure du massif, la leuconorite principale passe progressivement à une roche fine, monzonoritique, localement porphyrique qui peut être interprétée comme le magma parental indifférencié de la suite anorthosite-charnockite. La séquence de différenciation a été établie sur base de l'évolution du chimisme des plagioclases et des pyroxènes ; elle se présente comme suit : leucotroctolite-anorthosite-leuconorite-charnockite. Les roches de la suite anorthosite-charnockite présentent, du point de vue chimique, certaines affinités avec les andésites calco-alkalines.

ABSTRACT.— The Hydra and Garsaknatt anorthosito-leuconoritic massifs belong to the South Rogaland Igneous Complex ; they are intruded in the gneissic cover where they appear as late-or post-tectonic intrusions, in contrast with the syntectonic character of the main complex massifs. The Hydra anorthosites show well developed orthocumulate structures. Towards the border of the massif, the main leuconorite is gradually becoming a fine grained, locally porphyritic, monzonoritic rock which can be interpreted as the undifferentiated parental magma of the anorthosite-charnockite suite. The differentiation sequence has been established as follows, on the basis of the chemical evolution of the plagioclases and pyroxenes : leucotroctolite - anorthosite - leuconorite - charnockite. From the chemical point of view, the rocks of the anorthosite-charnockite suite show some analogies with calc-alkaline andesites.

I.- INTRODUCTION

Le problème de l'origine des anorthosites en massif a passionné plusieurs générations de géologues et est revenu à l'ordre du jour, ces dernières années, suite à la découverte d'anorthosites sur la lune (J.A. WOOD et al, 1971 ; S.R. TAYLOR, 1975).

Si le caractère magmatique des anorthosites a été reconnu depuis longtemps, deux points importants de la pétrogenèse de ces roches, à savoir la nature du

magma parental et le type de relations entre les anorthosites et les charnockites acides associées (suite anorthosite-charnockite), continuent d'être débattus.

Le Rogaland méridional constitue une région particulièrement appropriée pour l'étude des manifestations du magmatisme anorthositique. Cette région a fait l'objet de travaux de terrain très détaillés de la part de P. MICHOT d'abord, de J. MICHOT ensuite (P. MICHOT, 1960a, J. et P. MICHOT, 1969 ; D. DE WAARD et al, 1974). Outre le fait que les affleurements y sont d'une qualité exceptionnelle, cette région présente l'avantage de ne pas avoir été reprise dans une phase tectono-métarmorphique postérieurement à la consolidation des différents massifs.

Le présent travail est axé sur l'étude pétrologique des massifs anorthosito-leuconoritiques d'Hidra et

(*) Communication présentée le 1er février 1977, manuscrit déposé le 2 mars 1977.

(**) Laboratoire de Minéralogie-Pétrologie, Université Libre de Bruxelles, 50, av. F.D. Roosevelt, 1050 - Bruxelles et Département de Géologie et de Minéralogie, Musée Royal de l'Afrique Centrale, 1980 - TERVUREN.

de Garsaknatt qui flanquent à l'est, le vaste complexe éruptif du Rogaland.

II.- LES MASSIFS ANORTHOSITO-LEUCONORITQUES D'HIDRA ET DE GARSAKNATT (figure 1)

A.- POSITION TECTONIQUE

Les massifs d'Hidra et de Garsaknatt n'appartiennent pas au complexe éruptif à proprement parler ; ils font directement intrusion dans l'encaissant métamorphique de faciès granulite. Bien qu'ils apparaissent concordants, en grand, avec la structure régionale subverticale des gneiss, ils sont localement transgressifs à l'échelle de l'affleurement. Le flanc ouest du massif d'Hidra recoupe sous un angle faible, la série métamorphique ; à l'extrémité nord de l'intrusion, la structure planaire qui caractérise la monzonorite périphérique est nettement sécante vis-à-vis de la structure NS des gneiss. Ceux-ci présentent, à l'échelle régionale, une texture linéaire redressée et un caractère blastomylonitique prononcé (D. DEMAIFFE, 1977). Ces caractéristiques, qui se retrouvent à l'extérieur de la zone d'influence des massifs d'Hidra et de Garsaknatt, s'estompent progressivement à 3 ou 4 kms de la bordure orientale du complexe éruptif et résultent vraisemblablement de la montée diapirique du massif d'Aana-Sira. La mise en place des massifs d'Hidra et de Garsaknatt ne semble donc pas avoir affecté la structure générale des gneiss. Aucun signe de déformation n'a pu être mis en évidence dans les roches constituant ces massifs, qui n'ont donc pas été repris dans une phase tectonique postérieurement à leur consolidation. On est donc forcé d'admettre que les surfaces structurales qui ont guidé ces intrusions étaient subverticales, ce qui contraste avec l'horizontalité des surfaces contôlant les intrusions marginales de caractère syncinématique du complexe éruptif (P. MICHOT, 1960a, 1960b). Toutes les observations mentionnées ci-dessus témoignent ainsi d'une mise en place tardi- ou post-tectonique des massifs d'Hidra (D. DEMAIFFE et al., 1973) et de Garsaknatt. L'existence de dykes leuconoritiques peu épais (1m max.), issus de la masse principale et recoupant à l'emporte-pièce les textures gneissiques confirme cette conclusion.

B.- CONSTITUTION LITHOLOGIQUE

Massif d'Hidra

Le Massif d'Hidra est essentiellement constitué d'une *leuconorite*, de granularité moyenne (1-3cm)

parsemée de mégacristaux automorphes de plagioclase de 20 à 30 cm de longueur. La leuconorite contient des plagioclases à tendance automorphe titrant en moyenne 46 % An ; les orthopyroxènes riches en inclusions de Schiller, les clinopyroxènes plus rares et les oxydes (hémioilménite fine et magnétite homogène au sens de J.C. DUCHESNE, 1970) présentent tous une structure poecilitique interstitielle plus ou moins bien développée. L'apatite se présente en gros prismes automorphes souvent emballés dans les oxydes. La biotite, enfin, est tardive et dactylitique vis-à-vis de l'orthopyroxène.

Dans la partie axiale du massif, la leuconorite passe progressivement à une *anorthosite* grossièrement (3 cm), voire très grossièrement (10-15 cm) grenue à structure subophitique. Les plagioclases automorphes (An 51 en moyenne), bourrés d'aiguilles d'hémioilménite présentent une bordure zonée peu épaisse : on observe d'abord la disparition des démixtions d'oxydes (An 43), puis l'apparition des antiperthites (An 35). Ces dernières sont en continuité optique avec des plages d'orthose microperthitique en association micrographique avec le quartz. L'anorthosite comprend, en outre, des orthopyroxènes poecilitiques, des oxydes (hémioilménite très fine, magnétite à microstructure en treillis) et des apatites.

Une *leuconorite à olivine (leucotroctolite)* affleure au centre du massif ; ses relations avec l'anorthosite et la leuconorite n'ont pas pu être précisées sur le terrain (enclave, passage graduel, ... ?). Le plagioclase est un labrador sodique (52 % An en moyenne) ; l'olivine, ceinturée d'une couronne péritecticale d'orthopyroxène est localement transformée (par oxydation) en une intercroissance symplectitique orthopyroxène + magnétite. Les oxydes sont poecilitiques interstitiels ; l'apatite est exceptionnelle.

Les anorthosites et les leuconorites sont formées par accumulation de plagioclase ; elles constituent ainsi un des exemples les plus évidents de *cumulats plagioclasiques* au sens de L.R. WAGER et al (1960).

Le caractère d'orthocumulat des anorthosites à déjà été explicité (D. DEMAIFFE et al, 1973) ; il s'agit en fait de roches mixtes composées d'une fraction de minéraux cumulés (les plagioclases) et d'une fraction plus fine, la mésostase, provenant de la cristallisation du liquide magmatique emprisonné entre les cristaux de plagioclase.

Dans les intrusions stratiformes où ils ont été initialement décrits, les cumulats présentent, à l'échelle de l'affleurement, un certain nombre de caractéristiques structurales (litage compositionnel, rubanement, dégradé fémiq, succession de couches formant des unités

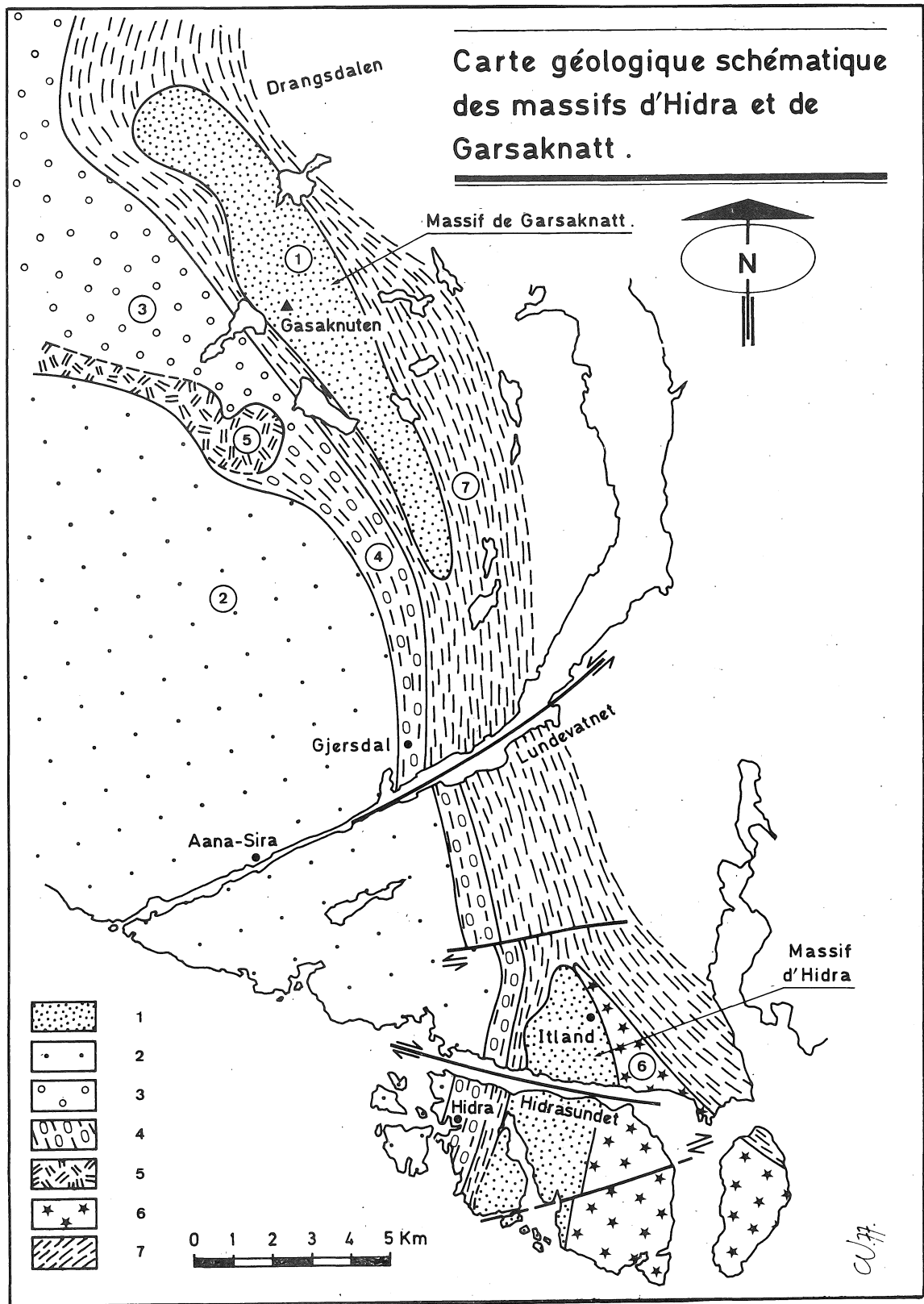


FIGURE 1.- Carte géologique schématique de la bordure orientale du complexe éruptif du Rogaland et plus particulièrement des massifs satellites d'Hidra et de Garsaknatt.

1 : anorthosite-leuconorite d'Hidra et de Garsaknatt ; 2 : anorthosite d'Aana-Sira ; 3 : mangérite et mangérite quartzique de Bjerkrem-Sogndal ; 4 : Complexe norito-magéritique ; 5 : norites rubanées ; 6 : charnockite de Farsund ; 7 : encaissant métamorphique.

rytmiques) qui résultent des différences de vitesse de sédimentation entre les espèces minéralogiques qui se déposent au fond de la chambre magmatique sous l'effet de la gravité. Aucune de ces caractéristiques n'a été mise en évidence dans le massif d'Hidra ; on peut en conclure que le plagioclase a eu tendance soit à flotter soit à rester en suspension dans le magma.

Quelques enclaves mélanocrates, de type *pyroxénite*, ont été trouvées dans la leuconorite ; elles contiennent des cristaux automorphes d'orthopyroxène en plaquettes dessinant une lamination magmatique. La mésostase est constituée d'un agrégat de grains isométriques d'orthopyroxène et d'amphibole brune englobés dans des oxydes de structure poecilitique interstitielle. La disposition parallèle des pyroxènes cumulés suggère que ces minéraux se sont sédimentés au fond de la chambre magmatique.

Le contact de la leuconorite principale du massif avec l'encaissant métamorphique, se fait par l'intermédiaire d'une roche fine (300 à 500 μm), d'épaisseur variable (3 à 50 m), de composition *monzonitique* contenant localement des phénocristaux bleus de plagioclase automorphe (1 à 3 cm). Le passage de la leuconorite à la monzonorite se fait graduellement par augmentation de la proportion de mésostase fine. L'étude des relations de terrain et l'approche pétrographique soulignent le lien génétique évident entre les deux roches précitées, la monzonorite étant interprétée comme l'équivalent des bordures figées, caractéristiques des intrusions plus superficielles. Les données pétrographiques ne permettent cependant pas, à elles seules, de préciser si la monzonorite représente le magma parental indifférencié de la suite anorthosite-*charnockite* ou un liquide résiduel postérieur à la cristallisation du plagioclase. De toutes façons, l'occurrence sur le terrain d'un cumulat plagioclasiq ue et d'un liquide magmatique qui lui est génétiquement lié constitue une association exceptionnelle dans le cas des intrusions profondes en général et dans le cas des massifs anorthositiques en particulier.

Le massif d'Hidra est recoupé par de nombreux *dykes charnockitiques* leucocrates, d'épaisseur variable (de 10 cm à 5 cm) et à contact net. Ces dykes s'anastomosent, réinjectent des cassures et donnent l'aspect d'un fin chevelu imprégnant toute la masse anorthositique. Ils sont constitués de quartz amoéboïde, d'orthose micro-à mésoperthitique, de petits plagioclases (An 18-25), d'orthopyroxène et/ou d'amphibole brune et de clinopyroxène. Enfin des *pegmatites acides* à minéraux de terres rares (O.J. ADAMSON, 1942) recourent également la masse anorthositique.

Massif de Garsaknatt

Le massif de Garsaknatt est, dans l'ensemble, comparable au massif d'Hidra. Les *anorthosites* s'y présentent cependant systématiquement en enclaves dans la leuconorite. On peut y distinguer :

- des enclaves volumineuses (plusieurs m^3) d'*anorthosite grossière* contenant souvent des mégacristaux d'orthopyroxène alumineux remarquables par la présence de démixtions de plagioclases (R.F. EMSLIE, 1975 ; J.C. DUCHESNE et D. DEMAIFFE, obs. inédites) ;
- des enclaves d'*anorthosite fine*, recristallisée, à structure saccharoïdale ;
- de rares enclaves de *gneiss rubanés anorthosito-leuconoritique* comparables, en première approximation, aux roches constituant la bordure gneissique du massif d'Egersund-Ogna (P. MICHOT, 1960a).

Les enclaves foncées, de type *pyroxénite*, sont plus abondantes que dans le massif d'Hidra ; les *dykes charnockitiques* et les *pegmatites*, par contre, sont rares ; la *leucotroctolite* est absente.

C.- SEQUENCE DE DIFFERENCIATION

La composition normative des roches des massifs d'Hidra et de Garsaknatt a été calculée à partir de l'analyse chimique globale (*). Ces données ont été reportées (figure 2), en pourcentage normatif, dans le triangle Qz-Or-Plag où figure également la nomenclature des roches charnockitiques proposée par A. STRECKEISEN (1974). Pour les roches sous-saturées en silice, l'olivine a été considérée comme quartz négatif.

Bien que le nombre d'analyse de roches charnockitiques acides soit faible, on distingue clairement une distribution bimodale : anorthosites-norites-monzonorites à un pôle et roches acides à l'autre pôle, avec très peu de termes intermédiaires. La tendance évolutive définie pour la massif d'Hidra est très proche de celles établies pour le complexe du Nain (D. DE WAARD et E.P. WHEELER, 1971) et pour le massif de Morin (J. MARTIGNOLE, 1974).

Dans le massif d'Hidra, la séquence de différenciation des cumulats plagioclasiq ues a été établie sur base de l'évolution du chimisme du plagioclase

(*) Ces analyses ne sont pas reprises ici, elles figurent dans D. DEMAIFFE (1977)

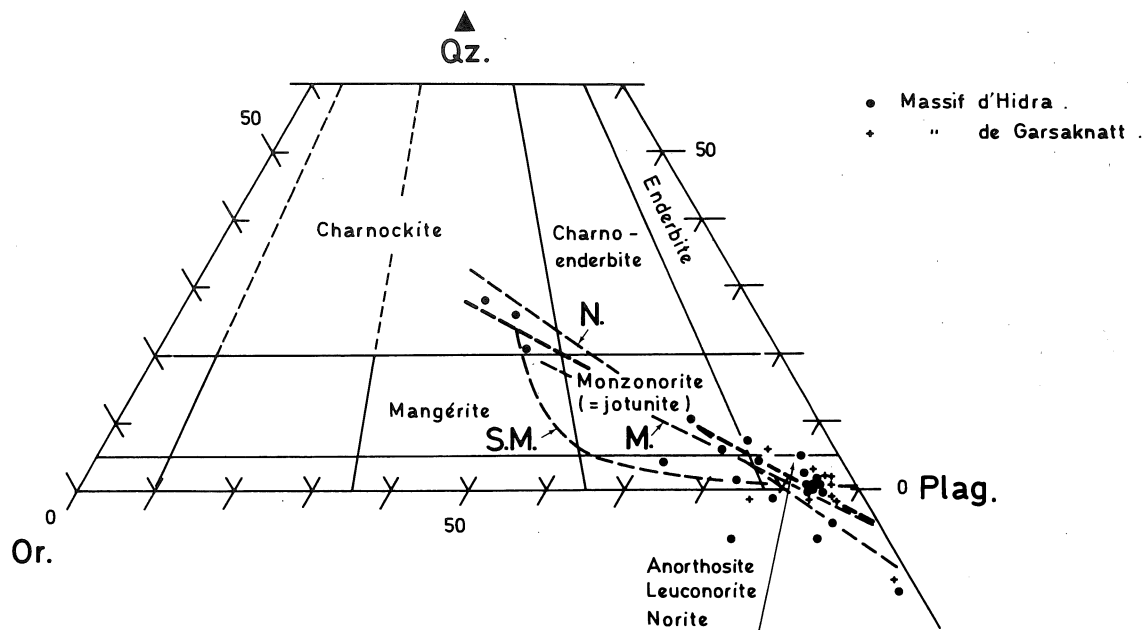


FIGURE 2.- Composition normative des roches des massifs d'Hidra et de Garsaknatt dans le triangle Qz-Or-Plag. Comparaison avec les données concernant les complexes de Nain (N., d'après D. DE WAARD et E.P. WHEELER, 1971), de Morin (M., d'après J. MARTIGNOLE, 1974) et de Snowy Mountains (S.M., d'après D. DE WAARD et W. ROMÉY, 1969).

($^{\circ}/_{o}$ An) et des minéraux ferromagnésiens, orthopyroxène ($^{\circ}/_{o}$ En) et olivine ($^{\circ}/_{o}$ Fo). Elle s'établit comme suit (D. DEMAIFFE, 1977) :

	$^{\circ}/_{o}$ An	$^{\circ}/_{o}$ En	$^{\circ}/_{o}$ Fo
Leucotroctolite	An49 - An56	En 70	Fo 65
Anorthosite	An45 - An55	En 64	-
Leuconorite	An43 - An49	En60 - En 66	-

Comme le montre le tableau ci-dessus, les gammes de valeurs des teneurs en An du plagioclase se recouvrent en ce qui concerne la leucotroctolite et l'anorthosite. On peut cependant affirmer sur base des teneurs en En de l'orthopyroxène que la leucotroctolite a dû se consolider en premier lieu.

L'orthopyroxène des dykes charnockitiques est extrêmement riche en fer (En 18,5) et est à rapprocher des pyroxènes des dernières mangérites quartziques du massif de Bjerkrem-Sogndal (J.C. DUCHESNE, 1972) ce qui constitue une indication en faveur d'une origine des dykes comme produit de différenciation de la suite anorthositique. Les données géochimiques disponibles (K/Rb, anomalie négative de l'euporium,... ; D. DEMAIFFE, 1977) confirment les déductions basées sur l'examen pétrographique et minéralogique. La composition isotopique initiale du strontium de ces dykes $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,7086$, reflète la contamination du liquide résiduel de la différenciation (0,7055) par du matériel supracrustal à rapport plus élevé ($\approx 0,720$).

Il est également possible de montrer par la géochimie des terres rares et par la géochimie isotopique du Sr (J.C. DUCHESNE et al, 1974 ; D. DEMAIFFE, 1977) que le faciès monzonoritique de bordure correspond réellement au magma parental, indifférencié, n'ayant pas encore cristallisé le plagioclase ; c'est la première occurrence, sur le terrain, du "magma plagioclasique" défini par P. MICHOT (1965).

En ce qui concerne le massif de Garsaknatt, on peut admettre que les enclaves d'anorthosite grossière et fine appartiennent bien à la séquence de différenciation puisqu'elles ont une composition isotopique du strontium identique à celle de la leuconorite qui les emballent (D. DEMAIFFE, 1977) ; il s'agit donc bien d'enclaves homogènes au sens de A. LACROIX (1893) et de J. DIDIER (1973). Si on excepte la leucotroctolite, la séquence de différenciation du massif de Garsaknatt est identique à celle du massif d'Hidra.

D.- COMPARAISON AVEC LES SERIES VOLCANIQUES DIFFERENCIEES

Du point de vue minéralogique, la suite anorthosite-charnockite présente un caractère **subcalcin** (cf aussi R.F. EMSLIE, 1973) comme en témoignent la présence ubiquiste d'orthopyroxène, l'existence d'une réaction périclétique entre l'olivine et le magma (dans les leucotroctolites), l'occurrence de structures gra-

phiques micropegmatitiques et l'abondance de quartz dans les termes acides.

Du point de vue chimique cependant, les roches de la suite anorthosite-chaumockite sont difficiles à classer et à comparer aux roches des trois séries volcaniques différenciées (alcaline, tholéitique, et calco-alcaline).

Nous avons montré ailleurs (J.C. DUCHESNE et al, 1974 ; D. DEMAIFFE, 1977) que, à l'exception des teneurs élevées en TiO_2 (4,5 %), en P_2O_5 (1,10 %) et de la valeur élevée (2,75) du rapport FeO_{tot}/MgO (*) les monzonorites de bordure des massifs d'Hidra et de Garsaknatt sont, en première approximation, comparables aux andésites calco-alcalines des arcs insulaires et des marges continentales et plus particulièrement aux andésites pauvres en silice ("low silica andesites") définies par S.R. TAYLOR (1969). Dans le tétraèdre basaltique Di-Ne-01-Qz (H.S. YODER et C.E. TILLEY, 1962), les monzonorites se situent dans le plan critique de sous-saturation en silice, Di-01-Plag, comme les basaltes riches en alumine qui représenteraient d'après H. DELAROCHE et J. LETERRIER (1973) le point de départ de la différenciation de la série calco-alcaline.

L'évolution de la composition chimique d'un liquide magmatique, au cours d'une différenciation, peut être étudiée dans le diagramme AFM introduit par L.R. WAGER et W.A. DEER (1939). Récemment, T.N. IRVINE et W.R.A. BARAGAR (1971) ont redéfini, sur base d'une étude extensive de nombreuses suites volcaniques, la limite séparant les domaines respectifs des séquences de différenciation, tholéitique et calco-alcaline.

Les roches des massifs d'Hidra et de Garsaknatt ont été reportées dans le diagramme AFM (figure 3) ; celles contenant plus de 20 % Al_2O_3 ont été exclues : ce sont en effet des cumulats plagioclasiques qui se situent près du pôle A du diagramme. Quelques dykes monzonoritiques et quelques roches du massif de Bjerkrem-sogndal (norites et mangérites de l'apophyse S.E. ; D. DEMAIFFE, 1972) ont également été pointés afin de préciser la séquence de différenciation à l'échelle de la province. Presque tous les points se situent dans le domaine de la série tholéitique, ce qui avait déjà été observé par R.F. EMSLIE (1973) pour d'autres massifs anorthositiques (Morin, Adirondacks, Labrador).

Il peut paraître paradoxal que les produits différenciés à partir d'un magma présentant des affinités chimiques avec les andésites calco-alcalines, se situent

(*) Les monzonorites de l'intrusion d'Eia-Rekefford présentent les mêmes caractéristiques.

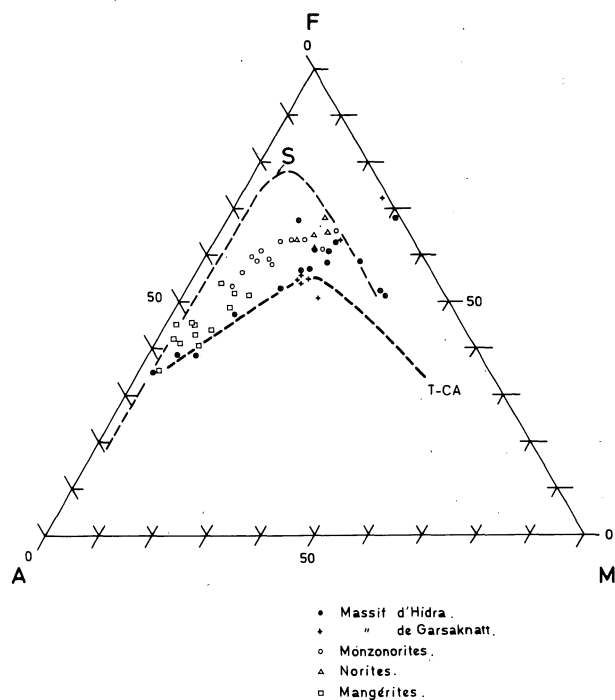


FIGURE 3.- Diagramme AFM pour les roches des massifs d'Hidra et de Garsaknatt et pour des roches de comparaison du Rogaland. La limite T-CA séparant les domaines tholéitique et calco-alcalin a été reprise de T.N. IRVINE et W.R.A. BARAGAR (1971). La séquence de différenciation du Skaergaard (S) est extraite de L.R. WAGER et G.M. BROWN (1968).

dans le domaine de la série de différenciation du magma tholéitique. Deux possibilités peuvent être invoquées pour expliquer ce paradoxe :

1. on peut considérer en suivant A.R. PHILPOTTS (1966) que ce comportement particulier est dû à une différenciation dans un environnement sec (faciès granulite) ce qui est en accord avec les travaux expérimentaux de E.F. OSBORN (1959, 1969). En effet, la séquence évolutive de type tholéitique s'expliquerait suivant OSBORN par une différenciation magmatique à P_{O_2} variable alors que la séquence de type calco-alcalin serait due à une évolution à P_{O_2} constante, c'est-à-dire dans un milieu ouvert pour l'oxygène (la décomposition de l'eau qui diffuse de l'encaissant vers le magma permettrait de maintenir P_{O_2} constante). Les conditions anhydres de l'encaissant granulitique du magma de la suite anorthosite-chaumockite empêcheraient l'évolution de ce dernier à P_{O_2} constante et expliqueraient que la séquence évolutive observée est du même type que celle du magma tholéitique.

2. la deuxième possibilité est basée sur deux caractéristiques importantes des roches de la suite anorthosite-chaonockite :

- dans le diagramme AFM, la séquence évolutive ne présente pas d'enrichissement net en fer pour les compositions intermédiaires comme dans les séries tholéitiques typiques (le Skaergaard par exemple, cf figure 3).
- le magma monzonoritique a déjà, au départ, une composition intermédiaire et un rapport FeO_{tot}/MgO élevé (2,75) par rapport aux basaltes non différenciés et aux andésites (1,3 à 2 ; V. MANSON, 1968 ; S.R. TAYLOR, 1969) ; le point représentatif de la monzonorite se situe donc nécessairement dans le domaine tholéitique du diagramme AFM.

La séquence évolutive que présente le magma de la suite anorthosite-chaonockite pourrait être due à une différenciation magmatique par enrichissement en alcalins et en silice, sans augmentation notable du fer, c'est-à-dire correspondre à une séquence évolutive de type calco-alcalin à partir d'un magma à rapport FeO_{tot}/MgO élevé.

III.- CONCLUSIONS

A l'opposé des autres massifs anorthositiques du Rogaland, les massifs anorthosito-leuconoritiques d'Hidra et de Garsaknatt sont post-tectoniques, ce qui permet d'étendre les manifestations du magmatisme anorthositique, en catazone, au stade tardif de l'évolution du cycle tectono-magmatique (figure 4).

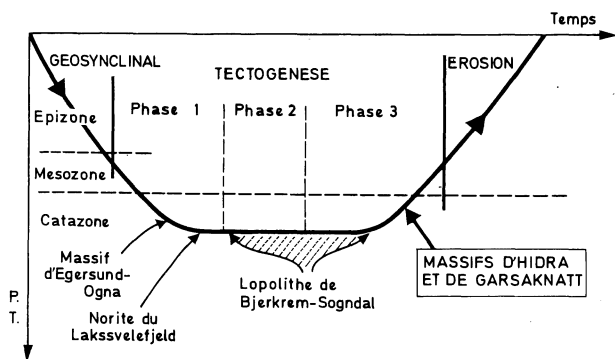


FIGURE 4.- Tectogramme montrant le caractère post-tectonique des massifs d'Hidra et de Garsaknatt par rapport aux intrusions syntectoniques du complexe éruptif (d'après J. et P. MICHOT, 1969 ; modifié).

Le massif d'Hidra présente une séquence complète de différenciation qui a été établie sur base de l'évolution du chimisme des minéraux principaux (plagioclase, pyroxènes, olivine) : cette séquence s'étend des termes basiques (leucotroctolite) jusqu'aux termes acides (chaonockite) en passant par les anorthosites, les leuconorites et les pyroxénites. Le massif d'Hidra est, en cela, comparable au massif de Bjerkrem-Sogndal mais il ne présente pas, par contre, le caractère stratiforme qui caractérise ce dernier.

Les anorthosites et les leuconorites représentent des cumulats plagioclasiques ; les structures d'orthocumulats sont particulièrement bien développées dans les premières roches. La bordure du massif est jalonnée par une roche fine, monzonoritique, contenant localement des phénocristaux de plagioclase ; l'étude détaillée des relations de terrain et l'approche pétrographique permet de montrer que cette roche fine représente un liquide magmatique génétiquement lié à la leuconorite. La géochimie des terres rares permet en outre d'affirmer que la monzonorite représente le magma parental, indifférencié, de la suite anorthosite-chaonockite du massif d'Hidra.

Du point de vue chimique, la monzonorite est assez proche des andésites calco-alcalines ; elle présente cependant un certain nombre de caractéristiques propres (teneurs élevées en TiO_2 , P_2O_5 ; rapport FeO_{tot}/MgO élevé). Dans le diagramme AFM, la plupart des roches de la suite anorthosite-chaonockite se situent dans le domaine de la séquence tholéitique ce qui peut résulter soit d'une différenciation dans un environnement pauvre en eau (faciès granulite), soit d'une évolution à partir d'un magma à rapport FeO_{tot}/MgO élevé.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMSON, O.J., 1942 - The granite pegmatites of Hitterö, S.W. Norway. Geol. Fören. Forhand., Stockholm, 64, 97-116.
- DE LAROCHE, H. et LETERRIER, J., 1973 - Transposition du tétraèdre minéralogique de Yoder et Tilley dans un diagramme chimique de classification des roches basaltiques. C.R. Ac. Sc. Paris, 276, D17-D20.
- DEMAIFFE, D., 1972 - Etude pétrologique de l'apophyse SE du massif de Bjerkrem-Sogndal (Norvège méridionale). Ann. Soc. Géol. Belg., 95, 255-269.
- DEMAIFFE, D., 1977 - De l'origine des anorthosites. Pétrologie, Géochimie et Géochimie isotopique des massifs anorthositiques d'Hidra et de Garsaknatt. Thèse de Doctorat, U.L.B., 363 p.
- DEMAIFFE, D., DUCHESNE, J.C., MICHOT, J. et PASTEELS, P., 1973 - Le massif anorthosito-leuconoritique d'Hidra et son faciès de bordure. C.R. Ac. Sc. Paris, 277, D17-D20.
- DE WAARD, D. et ROMÉY, W.D., 1969 - Chemical and petrologic trends in the anorthosite-chaonockite series of the Snowy Mountain Massif, Adirondacks Highlands. Amer. Miner., 54, 529-538.

- DE WAARD, D. et WHEELER, E.P., 1971 - Chemical and petrological trends in anorthositic and associated rocks of the Nain massif, Labrador, *Lithos*, 4, 367-380.
- DE WAARD, D., DUCHESNE, J.C. et MICHOT, J., 1974 - Anorthosites and their environment. Centenaire de la Soc. Géol. de Belg. : "Géologie des domaines cristallins", Liège, 323-346.
- DIDIER, J., 1973 - Granites and their enclaves. Elsevier, Coll. ; "Developments in Petrology".
- DUCHESNE, J.C., 1970 - Microtextures of Fe-Ti oxide minerals in the South-Rogaland anorthositic complex (Norway). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 93, 527-544.
- DUCHESNE, J.C., 1972 - Pyroxènes et olivines dans le massif de Bjerkrem-Sogndal (Norvège méridionale). Contribution à l'étude de la série anorthosite-mangérite. 24th Intern. Géol. Cong., Montréal, Sect. 2, 320-328.
- DUCHESNE, J.C., ROELANDTS, I., DEMAIFFE, D., HERTOGEN, J., GIJBELS, R. et DE WINTER, J., 1974 - Rare earth data on monzonitic rocks related to anorthosites and their bearing on the nature of the parental magma of the anorthositic series. *Earth Planet. Sc. Let.*, 24, 325-335.
- DUCHESNE, J.C. et DEMAIFFE, D., sous presse - Trace elements and anorthosite genesis. Hart et Allègre (Eds) : "Progress in trace elements in igneous rocks", Elsevier.
- EMSLIE, R.F., 1973 - Some chemical characteristics of anorthositic suites and their significance. *Can. J. Earth Sc.*, 10, 54-71.
- EMSLIE, R.F., 1975 - Pyroxene megacrysts from anorthositic rocks : new clues to the sources and evolution of the parent magmas. *Can. Miner.*, 13, 138-145.
- IRVINE, T.N. et BARAGAR, W.R.A., 1971 - A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sc.* 8, 525-548.
- LACROIX, A., 1893 - Les enclaves des roches volcaniques. *Ann. Acad. de Macon*, X, 710 p.
- MANSON, V., 1968 - Geochemistry of basaltic rocks : major elements. Hess et Poldervaart (Eds - : "Basalts", vol. 1.
- MARTIGNOLE, J., 1974 - L'évolution magmatique du complexe de Morin et son apport au problème des anorthosites. *Contr. Min. Petrol.*, 44, 117-137.
- MICHOT, J. et MICHOT, P., 1969 - The problem of anorthosites : the South Rogaland igneous complex, S.W. Norway. Y.W. Isachsen (Ed.) : "Origin of anorthosites and related rocks", N.Y. St. Mus. Sc. Serv., Mem. 18, 399-410.
- MICHOT, P., 1960a - La géologie de la catazone : le problème des anorthosites, la palingénèse basique et la tectonique catazonale dans le Rogaland méridional. *Norges Geol. Unders.*, 212, 54 p.
- MICHOT, P., 1960b - Le problème des intrusions marginales. *Geol. Rund.*, 50, 94-105.
- MICHOT, P., 1965 - Le magma plagioclasiq. *Geol. Rund.*, 55, 956-976.
- OSBORN, E.F., 1959 - Role of oxygen pressure in the crystallization and differentiation of basaltic magma. *Am. J. Sc.*, 257, 609-647.
- OSBORN, E.F., 1969 - Experimental aspects of calc-alkaline differentiation. Mac Birney (Ed.) : "Proc. of the Andesite Conference", Dept. Geol. Min. Ind. Oregon, 65, 33-42.
- PHILPOTTS, A.R., 1966 - Origin of the anorthosite-mangérite rocks of Southern Québec. *J. Petrol.* 7, 1-64.
- STRECKEISEN, A., 1974 - How should charnockitic rocks be named ? Centenaire de la Soc. Géol. Belg. : "Géologie des domaines cristallins", Liège, 349-360.
- TAYLOR, S.R., 1969 - Trace element chemistry of andesites and associated calc-alkaline rocks. Mac Birney (Ed.) : "Proc. of the Andesite Conference", Dept. Geol. Min. Ind. Oregon, 65, 43-63.
- TAYLOR, S.R., 1975 - Lunar Science : a post-Apollo view. Pergamon, 372 p.
- WAGER, L.R. et DEER, W.A., 1939 - Geological investigations in E. Greenland. Pt III : The petrology of the Skaergaard intrusion. *Med. om Grondand*, Bd 105, 352 p.
- WAGER, L.R., BROWN, G.M. et WADSWORTH, W.J. 1960 - Types of igneous cumulates, *J. Petrol* 1, 73-85.
- WOOD, J.A., DICKEY, J.S., MARVIN, U.B. et POWELL, B.N., 1970 - Lunar anorthosites and a geophysical model of the Moon. *Proc. Apollo 11 Lunar Sc. Conf.*, vol. 1, 965-988.
- YODER, H.S. et TILLEY, C.E., 1962 - Origin of basalt magma : an experimental study of natural and synthetic rock systems. *J. Petrol.*, 3, 342-533.