

COMPOSITION DES PLAGIOCLASES  
RÉSIDUELS ET DES PLAGIOCLASES D'ORIGINE  
ANATECTIQUE ÉLABORÉS LORS DU PHÉNOMÈNE  
DE PALINGENÈSE BASIQUE

Par

J. MICHOT, JR.

(Liège, Belgique)

The geological and petrographical study of the anorthosito-leuconoritic complex of Håland-Helleren (Egersund-Norway) indicates that the genesis of that complex is connected with a process of basic anatexis resulting in the separation of a liquid phase, the anatectic leuconorite (mobilisat), from a residual solid phase, the para-anatectic anorthosite (restite).

Under the microscope, the residual plagioclases, constituting the anorthosite, are easily distinguished from the plagioclases which belong to the mineral association forming the anatectic leuconorite. However, their composition (anorthite content) is identical in both cases (42 % An. approximately).

This homogeneous composition can be explained by means of the well known diagram of the albite-anorthite system, if we take into account that a process of diffusion occurs during the cristallization of the anatectic liquid.

However, in the case of high pressures acting in the deep zones of the earth crust, it would be possible to conceive a variant of that diagram by introducing a minimum point at 42% An.

### Introduction

Les recherches géologiques et pétrologiques que nous avons entreprises dans la partie Sud-Ouest de la Norvège (Rogaland méridional), dans la région d'Egersund-Sogndal, ont montré que la genèse des massifs anorthosito-leuconoritiques étudiés dépend étroitement d'un phénomène d'anatexie à caractère basique, qui remanie un ensemble de composition leuconoritique. Reprenant un terme proposé par J. J. Sederholm (J. J. Sederholm (1923)), nous avons désigné ce phéno-

mène d'extension régionale sous le nom de palingénèse basique (J. Michot (1960)).

Les différentes roches qui encadrent et qui constituent ces massifs appartiennent au faciès granulitique d'Eskola ou plus exactement au faciès que P. Michot a proposé de dénommer faciès mangéritique, caractéristique du domaine catazonal profond (P. Michot (1948)). Cette constatation montre que le Rogaland méridional représente une région monogène : les processus géologiques qui ont déterminé son édification, et en particulier le phénomène palingénétique, se sont déroulés ou parachevés dans le cadre du domaine catazonal profond.

### La palingénèse basique

Le phénomène palingénétique apparaît sous des formes différentes suivant les parties considérées dans le complexe anorthosito-leuconoritique (J. Michot (1961 a), (1961 b)).

Le stade initial s'observe dans la partie méridionale du massif de Håland (fig. 1). Certaines masses constituées de bancs assez épais de cornéite [1] leuconoritique et renfermant une ou deux minces intercalations de cornéite anorthositique, se muent lentement en direction en une leuconorite gneissique dans laquelle les minces bancs anorthositiques intercalaires s'étirent et deviennent discontinus pour parfois même, dans leur prolongement, faire place à une série de lentilles dont la longueur varie de 0,50 m à 4 ou 5 m. Progressivement la leuconorite gneissique, dont la texture est de mieux en mieux marquée, se substitue complètement à la cornéite leuconoritique et finit par constituer un banc bien individualisé où se retrouvent dispersées de petites enclaves anorthositiques qui s'orientent grossièrement suivant la texture de l'ensemble, révélant ainsi la mobilité magmatique de la leuconorite enrobante.

Cette mobilisation, expression du phénomène anatectique, crée ainsi dans sa forme naissante, au sein d'un ensemble de caractère essentiellement métamorphique, de petites lentilles de leuconorite anatectique (mobilisat) allongées suivant la texture et passant progressivement aux roches encaissantes. La mobilisation du produit

[1] Cornéite est le terme que nous avons proposé pour traduire l'expression "Granofels" utilisée par R. Goldsmith (1959) pour désigner des roches métamorphiques grenues, à structure granoblastique et à texture peu ou pas orientée (J. Michot (1959)).

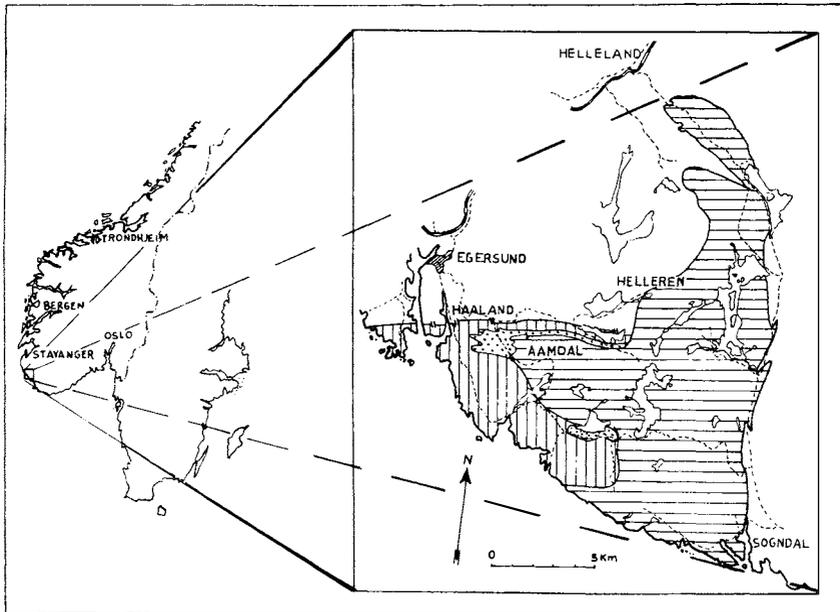


Figure 1. Rogaland méridional. Carte géologique schématique de la région d'Egersund-Sogndal. Hachures verticales : massif anorthosito-leuconoritique de Håland; pointillés : intrusions leuconoritiques de Åseheia (Nord) et Augendal (Sud); hachures horizontales : massif anorthosito-leuconoritique de Åmdal-Helleren-Rødland.

anatectique est cependant parfois plus nette, et localement, les bancs de leuconorite gneissique de disposition généralement concordante font intrusion dans les roches qui les encadrent, produisant de véritables brèches éruptives.

Le phénomène palingénétique se développe de façon plus marquée dans la partie septentrionale du massif de Håland où affleure un complexe important caractérisé par l'association intime, en proportion variable et à toutes les échelles, de leuconorite gneissique et d'anorthosite massive. Des masses d'anorthosite (cornéite anorthositique), renfermant localement de rares traînées de leuconorite gneissique, passent, en suivant la texture, à une roche anorthositique renfermant des poches lenticulaires de leuconorite (anorthosite à « pseudo-enclaves » de leuconorite), puis à un ensemble formé de bancs lenticulaires de cornéite anorthositique alternant avec des bancs de leuconorite gneissique, puis enfin à un ensemble formé presque exclusive-

ment de leuconorite gneissique contenant quelques enclaves de cornéite anorthositique, et localement constitué d'une brèche éruptive dans laquelle sont dispersées des xénolithes de forme et de nature lithologique variables.

Les différents faits recueillis, tant macroscopiques que microscopiques, montrent, en toute logique, qu'il s'est produit là aussi un phénomène de fusion interne, c'est-à-dire d'anatexie, au sein d'une roche renfermant plagioclase et minéraux ferromagnésiens (J. Michot (1960), (1961 a)).

Le mode d'association anorthosite-leuconorite indique en outre que lorsque le phénomène anatectique s'est développé de façon suffisamment complète, les pressions s'exerçant sur les roches en voie de fusion, ont entraîné une différenciation entre le jus anatectique leuconoritique (mobilisat) d'une part, et le résidu plagioclasique (restite) d'autre part.

En fait, la cornéite anorthositique apparaît ainsi comme un agglomérat des plagioclases résiduels de la fusion (anorthosite paraanatectique), tandis que la leuconorite est le résultat de la concentration des liquides interstitiels répartis antérieurement dans tout le complexe (leuconorite anatectique).

Dans le massif de Håland, le phénomène palingénétique n'a pas donné naissance à des corps très étendus d'anorthosite et de leuconorite, et apparaît par conséquent dans un stade de développement assez peu accentué. Son action entraîne cependant dans d'autres endroits l'individualisation de masses leuconoritiques et anorthositiques résiduelles volumineuses. Les intrusions de leuconorites foncées d'Aaseheia et d'Augendal et plus particulièrement le massif anorthosito-leuconoritique d'Åmdal-Helleren-Rödland en sont des exemples (fig. 1).

L'étude géologique et pétrologique du massif complexe anorthosito-leuconoritique de Håland-Helleren a donc mis en valeur l'existence d'un phénomène d'anatexie leuconoritique d'extension régionale, la palingénèse basique, que l'on voit, tantôt dans sa forme naissante, remanier de façon plus ou moins complète la constitution lithologique des roches anciennes, tantôt dans son développement maximum, mobiliser et individualiser des masses importantes de leuconorite et parallèlement d'anorthosite para-anatectique.

## Les plagioclases

### 1. Les plagioclases résiduels

Sous le microscope, l'anorthosite se montre constituée de grains de plagioclase de granularité comprise entre 3 et 8 mm, titrant environ 42 à 45 % d'anorthite (fig. 2). Ceux-ci possèdent des formes tout à fait irrégulières, isométriques ou allongées, à contours très sinueux parfois assez fortement dentelés. Ils sont maclés suivant la loi de l'albite, parfois celle de la péricline.

Généralement, ces plagioclases sont faiblement antiperthitiques. En outre, ils renferment de très fines aiguilles de rutile munies d'un enduit brunâtre, ainsi que de fines inclusions de pyroxènes et de minerai noir. Fréquemment, ils sont légèrement déformés : leur extinction est onduleuse et leurs macles sont faiblement tordues.

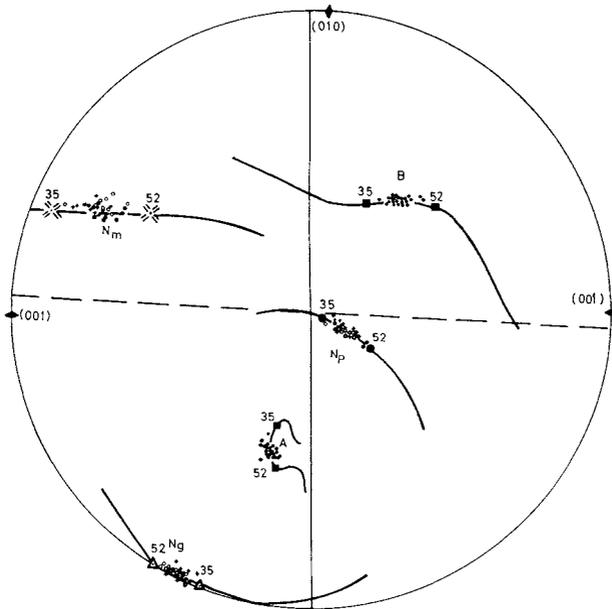


Figure 2. Composition des plagioclases résiduels (O) et des plagioclases d'origine anatectique provenant de leuconorites claires (●) et de leuconorites foncées (+).

Projection stéréographique perpendiculaire à l'arête  $pg''$  (001) (010) (d'après Duparc et Reinhard, 1924). Seuls les points de composition 35 % et 52 % d'An. sont indiqués.

Ce sont des plagioclases du premier type caractéristiques des masses paraanatectiques.

## 2. *Les plagioclases d'origine anatectique*

Ces plagioclases ont des formes très souvent isométriques et sont de dimensions nettement plus petites que les précédents (diamètre généralement inférieur à 3 mm). Leurs contours sont plus réguliers et leur extinction est nettement plus franche. Ils ne sont pas antiperthitiques et sont en outre exempts d'inclusion. Tout dans leur aspect les différencie donc clairement des plagioclases du premier type. Néanmoins, comme ces derniers, ils titrent 40 à 45 % d'anorthite.

L'étude pétrographique des roches élaborées lors du phénomène palingénétique nous permet donc de distinguer, au point de vue de leur aspect, deux types de plagioclase. Le premier constitue les masses résiduelles paraanatectiques, le second participe à l'association qui caractérise le mobilisat leuconoritique de caractère anatectique.

Les mesures réalisées à la platine universelle et figurées sur la projection stéréographique perpendiculaire à l'arête  $pg^1(001)(010)$  indiquent de façon nette que ces deux types de plagioclase sont caractérisés, du point de vue de leur composition, par une teneur semblable en anorthite (J. Michot (1958)).

Cette homogénéisation de la composition entre la phase solide résiduelle et la phase liquide qui apparaît dans la roche à la suite du phénomène anatectique peut à première vue sembler anormale. Elle s'explique cependant sur la base du diagramme classique de l'équilibre liquide-solide relatif aux plagioclases.

Si on considère une roche plagioclasique de composition  $X_1$  (fig. 3), on voit que par augmentation progressive de la température, le processus anatectique débute dès qu'est atteinte la température  $t_1$ . Si le domaine dans lequel agit cette fusion est caractérisé par une température régionale  $t_2 > t_1$ , par exemple, on voit finalement, ces conditions agissant durant une période suffisamment longue, prendre naissance une phase liquide plagioclasique ( $L_2$ ) dans laquelle baigne une phase résiduelle plus calcique ( $R_2$ ). Dès l'instant où les conditions physiques régionales se modifient, l'évolution géologique du domaine envisagé élevant progressivement ce dernier vers des zones moins profondes de l'écorce terrestre, c'est-à-dire, dès l'instant où la tempéra-

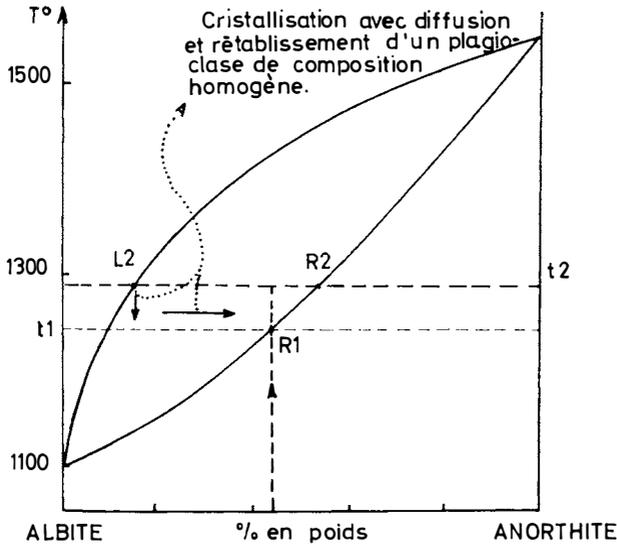


Figure 3. Système albite-anorthite (d'après Bowen (1915)) Explication dans le texte.

ture commence à décroître, l'anatexie cesse d'être agissante et la cristallisation prend progressivement place.

Le problème de l'évolution de la cristallisation du bain anatectique est alors ramené à une question de vitesse de refroidissement.

On sait en effet, que plus le refroidissement d'un bain magmatique est rapide, moins il y a de possibilité d'échange entre le liquide et le cristal antérieurement précipité ce qui, conformément au diagramme envisagé (fig. 3), maintient du point de vue de la composition, un décalage entre d'une part, la teneur en anorthite du grain progressivement développé, et d'autre part, la teneur en anorthite du produit de la cristallisation finale. Ce fait entraîne comme conséquence la formation dans la roche envisagée de plagioclases zonés, ou dans le cas d'un refroidissement devenant soudainement plus rapide encore, l'emprisonnement d'éléments porphyriques calco-sodiques dans une pâte microgrenue plus riche en soude.

Ces caractères s'observent très nettement dans des roches éruptives dont l'évolution s'est déroulée dans les domaines supérieurs de l'écorce terrestre là où la vitesse de refroidissement est assez rapide. C'est le cas des granites mésozonaux supérieurs et épizonaux; c'est le cas également des roches effusives.

Les conditions de refroidissement qui caractérisent ces roches ne sont pas celles qui existent dans les zones profondes de l'écorce terrestre.

Au contraire, l'abaissement de la température y est extrêmement lent, la possibilité de migration y est maximum et dès lors, les échanges qui s'établissent entre le cristal en voie de formation et le liquide dans lequel il baigne sont tels qu'ils aboutissent en dernier lieu à la constitution d'un plagioclase homogène.

L'étude de masses granitiques mises en place dans la mésozone profonde et dans la catazone nous permet d'observer, en effet, pour le cas qui nous intéresse, une diminution très nette, voire la disparition totale, du zonage des plagioclases.

Ces considérations nous font donc penser que les conditions qui caractérisent le domaine dans lequel s'est développé le phénomène de palingénèse basique, et qui, rappelons-le, sont celles de la catazone profonde, ont dû avoir pour résultat la formation d'un plagioclase homogène, sans zonage, de composition identique qu'il représente un élément résiduel ou un élément provenant de la cristallisation directe du mobilisat anatectique.

Il reste cependant un point à éclaircir. Dans le cadre du phénomène palingénétique, l'individualisation partielle du mobilisat leuconoritique a laissé en résidu une série de masses anorthositiques plus ou moins purifiées. Dans ces conditions, les échanges supposés ont-ils pu se produire sans qu'il soit nécessaire d'invoquer les migrations à très grande échelle, ce qui est difficile à imaginer. La réponse est facile. Les observations de terrain montrent que la séparation entre les deux phases (mobilisat-restite) n'est jamais totale, que les amas anorthositiques renferment une multitude de filets ou de poches de leuconorite (anorthosite à « pseudo-enclaves » de leuconorite), les parties les plus pures étant de faibles dimensions; que les masses leuconoritiques, de leur côté, ont entraînés avec elles de nombreux débris anorthositiques (sous forme de blocs, de petits agrégats de plagioclase ou encore de plagioclases isolés). Il apparaît par conséquent que dans le domaine profond exposé actuellement dans la région d'Egersund-Sogndal, les conditions ont permis, au moment de la consolidation du complexe anatectique, des échanges actifs entre les parties résiduelles anorthositiques et le mobilisat leuconoritique en voie de cristallisation, d'où a résulté le développement d'un ensemble anorthosito-leuconoritique formé d'un plagioclase de composition uniforme.

Toutefois, l'homogénéité de la composition des plagioclases engendrés lors du phénomène palingénétique pourrait également s'expliquer d'une autre manière. En effet, sous les conditions physico-chimiques qui règnent dans le domaine catazonal profond et particulièrement pour les fortes pressions qui le caractérisent, on pourrait envisager une variante du diagramme figuré plus haut dans lequel liquidus et solidus seraient plus proches l'un de l'autre et dans lequel on introduirait un point minimum vers 42% d'anorthite.

Les données expérimentales nous manquent, c'est la raison pour laquelle la première explication nous semble la plus vraisemblable actuellement.

### *Discussion*

Schuling (Utrecht)

If, as one can hardly doubt, the composition of the plagioclase in the melt and in the residue originally was different, but subsequently became equal through internal rearrangement I think you have found a nice proof of at least medium-distance transport of material at sub-solidus temperatures.

### REFERENCES

- BOWEN, N. L. (1915): The Crystallization of Haplobasaltic, Haplodiorite and Related Magmas. *Amer. Jour. Sci.*, 4th ser., vol. 40 (1915) p. 164.
- DUPARC, L. et REINHARD, M. (1924): La détermination des plagioclases dans les coupes minces-Mémoires de la Soc. de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, vol. 40, fasc. 1, (1924).
- GOLDSMITH, R (1959): Granofels, a new metamorphic rock name. *Jour. Geol.*, vol. 67 (1959) pp. 109.
- MICHOT, J. (1958): Les plagioclases du massif anorthosito-noritique de Haaland, Egersund (Norvège). *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, vol. 81 (1958) pp. B 425.
- (1959): Acception généralisée du terme cornéite. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, vol. 83 (1960) pp. 87.
- (1960): La palingénèse basique. Académie royale de Belgique; *Bull. Classe des Sci.*, vol. 46, 5e ser. (1960) pp. 257.
- (1961 a): Le massif complexe anorthosito-leuconoritique de Haaland-Helleren et la palingénèse basique. Académie royale de Belgique; *Mémoires, Classe des Sci.*, vol. 15, 2e ser., coll.in-4°, fasc. 1 (1961) pp. 1.

- MICHOT, J. (1961 b): The anorthositic complex of Håland-Helleren. *Norsk Geol. Tidsskr.*, vol. 41 (1961) pp. 157.
- MICHOT, P (1948): L'équilibre minéralogique dans les roches éruptives et le cadre géologique. Académie royale de Belgique; *Bull. Classe des Sci.*, vol. 34, 5e ser. (1948) pp. 167.
- SEDERHOLM, J. J. (1923): On migmatites and associated precambrian rocks of southwestern Finland. Part. I, the Pelling region. *Bull. Comm. Geol. de Finlande.*, n° 58 (1923) pp. 1.