

# CHRONOLOGIE DES PHASES TECTONIQUES ET CONDITIONS DU MÉTAMORPHISME DANS LE PRÉCAMBRIEN MALGACHE

PAR

Georges L. NOIZET

(Laboratoire de Géologie)

## RÉSUMÉ

Après avoir rappelé les éléments fondamentaux chronologiques et structuraux des phases orogéniques du socle précambrien malgache, l'auteur insiste sur les relations existant entre la situation tectonique et les conditions du métamorphisme associé. Une revue rapide des diverses unités régionales montre qu'une application des principes dégagés peut être une aide précieuse pour la solution de divers problèmes géologiques. Une orientation nouvelle de recherches peut souvent être proposée.

## ABSTRACT

The author begins by recalling the fundamental elements of chronology and structure in the orogenic phases the Malagasy precambrian base has gone through. Then he insists on the relations between the tectonic situation and the conditions of the associated metamorphism. A rapid review of the various regional units shows that an application of the principles which have been set out may help to give a solution to the various geological problems. A new guidance of research work may often be suggested.



Chacun sait combien l'établissement d'une synthèse structurale dans le domaine des schistes cristallins est difficile. Or, à Madagascar où s'achèvent les levés de reconnaissance géologique au 1/100.000<sup>e</sup> ce problème doit recevoir une solution suffisamment précise afin d'orienter au mieux les travaux géologiques futurs.

Cette note a pour but de rappeler les faits essentiels acquis au cours des dernières années, mais aussi de montrer que, dans cette quête de documents, les divers aspects géologiques doivent être envisagés. Ainsi l'essai récent de G. BAZOT *et al* d'une carte du métamorphisme à Madagascar présente un grand intérêt, apportant sur certains points de controverse, des éléments de solution nouveaux.

## CYCLES OROGÉNIQUES ET MÉTAMORPHISME

### CYCLES OROGÉNIQUES

Classiquement, un cycle comporte une période de sédimentation suivie d'une période orogénique durant laquelle les sédiments sont plissés et éventuellement métamorphisés. L'étroite dépendance existant entre les caractères des zones de sédimentation, les styles tectoniques et les conditions du métamorphisme associé doit être un guide irremplaçable dans l'analyse de ces phénomènes. Durant les controverses engagées depuis une dizaine d'années sur l'architecture structurale de Madagascar, certains aspects ont été négligés, conduisant à des confusions persistantes.

Dans l'état d'avancement des travaux, l'hypothèse la plus probable et acceptée par le plus grand nombre de géologues consiste à distinguer au moins quatre cycles importants dont les relations réciproques ressortent assez nettement dans la partie centrale de l'île, soit au nord d'une ligne Malaimbandy-Vangaindrano. Les formations de la partie Sud ne rentrent dans ce cadre qu'au prix d'assimilations non assurées. Notons enfin que l'avancement des levés dans la partie septentrionale ne permet pas de corrélations certaines, si bien que cette région sera délaissée dans la suite de la note.

Le « *Vieux Socle* » ou *Cycle Antongilien* apparaît comme le système fondamental, sous forme de « noyaux » plus ou moins importants constituant autant de groupes, soit du nord au sud, les groupes d'Antongil, d'Ankazobe, d'Antambohobe, de la Masora et Androyen (au moins en partie). La définition de ces unités est telle qu'il peut parfois y exister plusieurs séries bien distinctes pouvant s'articuler en cycles : ainsi dans la région Nord-Est, le noyau d'Antongil a été partagé (G. HOTTIN 1969) en un groupe d'Antongil avec les deux séries d'Antonil et de Mananara et un groupe d'Ambodirina (ou Infragraphite) probablement plus récent. De même dans le « noyau » androyen, l'auteur (1969) a caractérisé des niveaux pouvant être séparés par des discordances structurales.

Dans chacun de ces noyaux, se reconnaît aisément une influence caractéristique d'une direction NE très ancienne ; mais s'y retrouvent aussi des directions de plis plus récentes affectant les terrains environnants. Il en résulte une disposition généralement complexe avec dômes plus ou moins serrés ; cette tectonique superposée traduit une remobilisation lors d'un cycle ultérieur.

Le *Cycle du Graphite* comprend des formations de vaste extension avec les groupes d'Ambatolampy, d'Andriaba, du Manampotsy et probablement d'Ampanihy. Quelle que soit la nature des dépôts (cratoniques, géosynclinaux), les niveaux de base se moulent sur les noyaux anciens ; la discordance devient discrète et le problème de délimitation des unités reste souvent délicat à résoudre. La présence de petits noyaux pincés au sein des plis de cette orogénie entraîne des complications de détail lors des plissements où domine la direction N 15 à 20E. On lui rattache quelques séries plaquées sur les groupes anciens de la côte Est, homologuées au groupe du Manampotsy : Vavatenina et Sahantaha sur le groupe d'Antongil ; Vohilava sur le groupe de la Masora.

A cette orogénie, se lie probablement la création de géosynclinaux ou bassins allongés selon cette même direction.

Le *Cycle d'Andriamena* correspond au comblement des géosynclinaux (groupes d'Andriamena et de Beforona-Androna) créés précédemment et au plissement selon une direction N 20 W, nettement oblique sur l'allongement des bassins. Durant ces mouvements, ont été impliquées, notamment dans la région de Tamatave, d'importantes masses du système du Graphite où les couches montrent des virgagements accompagnées de déversements et chevauchements ; par suite de l'identité locale des directions structurales, il a parfois été supposé que les deux cycles devaient faire partie d'une même orogénie, mais ceci est démenti par la situation d'ensemble.

A cette orogénie, se lie la création du bassin d'Ikalavony dont la bordure orientale est forte-

ment influencée par cette direction N 20 W. L'âge maintenant assez bien établi est de 2700 MA.

Le *Cycle d'Ikalavony* semble guère n'intéresser que le groupe d'Amborompotsy avec le bassin d'Ikalavony où l'intervention de noyaux anciens provoque de très nombreuses complications de détail et le bassin « confiné » d'Itremo. La tectonique de détail n'est pas encore totalement démêlée : intervention de failles, discordances de sédimentation originelles, etc. Les plis orientés N 10 W sont sub-parallèles à ceux d'Andriamena, ce qui a été source de confusions lors de synthèses antérieures. L'orogénie serait de 1100 MA.

Enfin, on ne peut passer sous silence l'événement thermique pan-Africain de 550 MA qui a, dans la plus grande partie de l'Ile, « rajeuni » micas et feldspaths, mais a pu avoir d'autres actions.

## CONDITIONS DU MÉTAMORPHISME

Les problèmes posés par ce phénomène sont extrêmement nombreux ; aussi, dans le cadre de cette note, ne sont mentionnés que les points les plus importants soulevés lors des discussions engagées à Madagascar.

### Pression

Elle résulte essentiellement de la somme de la pression de charge des terrains sus-jacents (dont la plus grande part a été depuis enlevée par l'érosion) et des efforts tectoniques de compression. Il importe donc de séparer classiquement les unités cratoniques à pression faible (pour chacun des deux facteurs), donc à série de faciès Abukuma et les géosynclinaux ou bassins profonds, domaine des séries de faciès Barrow avec intensité maximale dans les zones axiales les plus influencées. On ne peut oublier que, lorsqu'il existe un môle (noyau ancien ou pluton consolidé), les pressions vont varier fortement selon la situation.

### Température

A l'effet du gradient géothermique, s'ajoutent les apports de chaleur depuis les niveaux profonds de l'écorce, facilités par les déformations tectoniques. Les valeurs atteintes sont considérables dans les axes des géosynclinaux, fortes dans les bassins profonds et minimales dans les zones cratoniques. Certaines failles, axiales ou bordières peuvent favoriser les transferts de chaleur (« effet de socle ») ou être le guide de venues magmatiques créant des « dômes de chaleur ». Ainsi dans une même unité, des variations importantes pourront normalement être observées.

### Phase fluide

Bien que les études sur ce thème aient à peine démarré à Madagascar, plusieurs points sont à mettre en relief. La texture des schistes cristallins et la coïncidence quasi constante entre schistosité et litage impliquent un équilibre, durant le métamorphisme, entre pression des solides (efforts tectoniques et pression de charge) et pression des fluides. Des études récentes ont montré que, si la pression d'eau est faible, les réactions conduisant à des assemblages minéraux anhydres se situent à des températures inférieures à celles admises couramment et valables pour les matériaux hydratés habituels.

Les « fluides » proviennent essentiellement de la décomposition des minéraux originels lors du métamorphisme : eau des argiles, anhydride carbonique des carbonates, etc... Les eaux connées n'ont probablement qu'un rôle limité. La composition de cette phase est donc fonction des séquences initiales, carbonatées ou non. L'étude pétrogénétique prend par-là un nouvel intérêt, les conditions pouvant varier notablement selon le taux éventuel de dédolomitisation. La nature même des matériaux joue aussi un rôle fondamental : les anciennes roches éruptives anhydres comme les gabbros ou pauvres en eau comme les granites montreront donc une intensité métamorphique plus élevée que l'encaissant ; il peut en être de même pour certaines séries de sédiments peu dégradés, donc peu hydratés : cas possible des letynites androyennes, mais pouvant être assez fréquent si l'on tient compte de l'absence de vie, donc du jeu prépondérant de la désagrégation mécanique au Précambrien Ancien.

Enfin, la présence ou l'abondance de certains éléments peut expliquer la cristallisation de minéraux hors des domaines classiques de stabilité : H. de la ROCHE (1963) a indiqué que les micas androyens tiennent jusqu'à 7 p. 100 de fluor. Il peut en être de même pour des humites, scapolites, épidotes, etc... Les modestes connaissances acquises sur la composition chimique des minéraux malgaches imposent donc une prudence dans l'utilisation simple des associations minérales rencontrées pour la caractérisation des « mineral-faciès ».

### Polymétamorphisme

Les modèles des chaînes récentes nous enseignent que, dans une orogénie donnée, les transformations du métamorphisme régional sont nettement localisées aux zones directement intéressées par le plissement : aires de sédimentation, géanticlinal ou noyau entraîné dans les mouvements, voire aux régions immédiatement voisines, mais qu'elles ne peuvent consister dans les régions éloignées qu'en une fracturation pouvant passer éventuellement à une schistosité de clivage.

En ce qui concerne les géanticlinaux ou noyaux entraînés, il faut garder en mémoire le fait que chaque phase métamorphique s'accompagne d'un départ de fluides, notamment d'eau. En cas de polymétamorphisme, la situation devient complexe. S'il reste encore assez d'eau, les roches subiront le plissement, mais les transformations provoquées exigeant des conditions moins sévères, l'intensité métamorphique y sera plus élevée que dans les roches environnantes. Si par contre la déshydratation est poussée, les efforts tectoniques induiront une schistosité de clivage très accusée, expliquant certaines méprises lors de levés hâtifs (région de Soavinandriana selon J. Joo' 1970).

## PRINCIPAUX DOMAINES STRUCTURAUX

Compte tenu des considérations émises ci-dessus et de l'état d'avancement des travaux, l'essai qui suit ne peut constituer qu'une approche du problème et vise à établir certains faits fondamentaux.

### CENTRE-NORD

Dans cette région, l'événement essentiel est l'orogénie d'Andriamena, typiquement de type géosynclinal avec les deux groupes (géosynclinaux) d'Andriamena et de Beforona-Androna, le géanticlinal d'Anjafy et au moins une certaine partie des groupes d'Ankazobe et du Manampotsy. Les deux premiers groupes sont nettement de faciès Barrow (B.2.3) à sillimanite-almandin-orthose ; les nombreuses masses éruptives basiques (anciennes ophiolites) anhydres y montrent des passages au granulite-faciès affectant souvent les encaissants immédiats. Notons que, vers Beforona, des faciès de bordure semblent n'atteindre que l'intensité B.2.2 (présence de muscovite).

Le géanticlinal d'Anjafy et les noyaux du groupe d'Ankazobe flanquant à l'Ouest le groupe d'Andriamena ont manifestement été déshydratés lors d'une phase antérieure ; l'intensité y atteint le granulite-faciès (présence d'hypersthène) montrant ainsi une convergence avec les passées gabbroïques incluses dans les deux premiers groupes.

Nous savons qu'une partie du groupe du Manampotsy a été impliquée dans cette orogénie ; cette unité dérive normalement de formations euxiniques (abondance des roches graphiteuses) et devrait montrer une intensité faible de type Abukuma. Il est tentant de relier la généralité du faciès B.2.3 à l'action ultérieure du métamorphisme d'Andriamena.

## NORD-EST

Cette zone est assez compliquée par suite de la superposition de plusieurs phases tectoniques. Nous avons vu que le groupe du Manampotsy est vraisemblablement polymétamorphique ; ceci se retrouve pour les séries homologues (Vavatenina, Sahantaha) où l'abondance du disthène s'accorde mal avec la situation en série de couverture sur un Antongilien cratonisé. Une reprise métamorphisme fournirait une réponse satisfaisante.

Les séries d'Antongil et de Mananara sont marquées par une rétro-morphose caractéristique sous faciès B.1.3 ou B.2.2 selon les régions (G. HOTTIN 1969) : présence de disthène ou chlorite et déstabilisation du plagioclase en faveur de albite-épidote. Les variations d'intensité se retrouvent dans les séries graphiteuses et il en a été conclu que cette dernière phase correspondait à l'orogénie d'Andriamena. Notons pourtant que les migmatites de l'Infragraphite ne montrent pas cette rétro-morphose, ce qui pourrait signifier qu'elles auraient été impliquées dans les derniers mouvements tectoniques.

## CENTRE

C'est la région couverte par le groupe d'Ambatolampy et les noyaux plus ou moins transformés rattachés au groupe d'Ankazobe. Bien qu'il ne soit parfaitement reconnu, le groupe d'Ambatolampy apparaît comme un bassin cratonique avec niveau supérieur probablement d'origine continentale. L'intensité dominante semble bien être A.2.3 : présence de cordiérite-sillimanite et rareté des amphibolites à grenat ; mais il y existe des variations notamment dans les zones comprimées entre des noyaux anciens. Le groupe d'Andriba, variation latérale, semble bien montrer une situation analogue : l'abondance de la sillimanite nous guide vers d'anciens faciès kaoliniques cratoniques. L'existence de muscovite démontre une intensité un peu moindre.

Les noyaux anciens sont le plus souvent de granulite-faciès (association hornblende-hypersthène) lié à un polymétamorphisme. Certains d'entre eux montrent une schistosité de clivage N 20 E. Notons enfin que les migmatites œillées d'Ambararata (NE d'Ankavandra) sont rétro-morphosées par saussuritisation ; faut-il voir là une parenté avec la situation des lointains granites d'Antongil ? L'analogie de position par rapport au téthyanien d'Anjafy a incité à émettre cette hypothèse (G. JOURDE 1966).

La situation devient plus complexe vers le Sud-Ouest où se fait sentir l'influence de l'orogénie d'Ikalavony : ainsi a été mesuré un âge (par isochrone) de 1100 MA pour un massif charnockitique.

Pour terminer cette revue, mention reste à faire du groupe de Maevatanana dont la position dans la chronologie reste encore douteuse, mais dont l'intensité B.2.2 (présence de disthène et épidote) s'accorde à la nature géosynclinale originelle (présence d'anciennes spilites).

## SUD-EST

Dans cette région, l'orogénie du Graphite semble bien l'élément essentiel ; l'influence du cycle d'Andriamena, sensible au droit de Tamatave, devient très discrète au Sud. Le groupe de Manampotsy, d'origine géosynclinale attestée par la présence d'anciennes spilites et ophiolites, montre logiquement une intensité B.2.3, avec baisse dans le bassin euxinique de Vatamandry, riche en formations graphiteuses.

Il faut souligner ici que les migmatites de Vondrozo montrent la même intensité, ce qui vient soutenir le point de vue d'une interstratification dans le Manampotsy et s'oppose aux théories plaçant ces migmatites en « noyau ancien » non polymétamorphique.

Le groupe de la Masora, encore peu étudié par suite des mauvaises conditions d'affleurement, a manifestement réagi à cette orogénie avec apparition de disthène et saussuritisation analogue à celle subie par les granites d'Antongil.

J. BOULANGER séparait en 1957 une série graphiteuse de Tolongoïna, typiquement de faciès Abukuma, donc bien différent de celui du Manampotsy contigu. Ceci confirme la valeur de cette séparation.

## CENTRE-OUEST

C'est le domaine d'influence prépondérante du cycle d'Ikalavony avec étalement des deux sous-unités : le bassin confiné d'Itremo (B. MOINE 1968) n'est affecté que par une intensité faible avec variations locales importantes dues aux efforts tectoniques (écaillés de socle) ou à l'effet de socle du haut-fond de l'Imerona. Le bassin profond d'Ikalavony n'est pas encore reconnu avec précision ; la sédimentation ancienne y est nettement de type bathyal avec grès peu lessivés à la base cependant que le niveau supérieur de Vohimena dérive d'anciens dépôts littoraux ou continentaux. Il y existe indubitablement d'ancien noyaux surtout leptynitiques. La répartition des faciès métamorphiques n'y semble pas quelconque. Les couches d'Ikalavony sont transformées sous faciès Barrow profond tandis que les couches du Vohimena sub-tabulaires (et discordantes selon J. CHANTRAINE 1969) présentent généralement un faciès Abukuma.

La délimitation des noyaux anciens pose un problème dont la solution peut être facilitée s'il est démontré qu'ils sont polymétamorphiques, le plus souvent affectés par le granulite-faciès, voire par une schistosité de fracture accusée.

Les séries de faciès Barrow dominant aussi dans les deux bassins associés de Miandrivazo et de Rafiatokana où ont été décrites des metabasites à épidote et des « roches magnésiennes » évoquant un ancien volcanisme spilitique (analogue à celui de Maevatanana ?).

Le groupe très ancien d'Antambohobe a subi une histoire complexe car selon les régions, ressort l'influence dominante de l'orogénie du Graphite (région ouest de Fianarantsoa) ou d'Ikalavony (Imorona). Il est certain que l'intensité granulite-faciès est atteinte (association hornblende-hyperssthène), mais il faut mentionner l'origine ortho, donc quasi-anhydre de la plupart des roches tandis que la mise en place du granite andringitréen a modifié certains équilibres. L'étude détaillée de cette unité sera donc assez délicate.

#### EXTRÊME-SUD

L'Ensemble Androyen a subi au moins deux orogénies (G. NOIZET 1969). Le faciès granulite, typique de tout l'Ensemble a été rapporté au polymétamorphisme, mais ont pu jouer aussi la nature peu hydratée des formations originelles et une phase fluide carbonique importante pour les séquences initialement carbonatées. Le caractère continental ou de plate-forme des formations s'accorde bien avec la tendance Abukuma (très grande fréquence de la cordiérite).

Le groupe d'Ampanihy n'a certainement subi qu'une seule orogénie. Il est intéressant d'y remarquer un comportement différent des deux secteurs constitutifs : le sillon d'Ampanihy avec ses plis serrés est marqué par l'abondance des amphibolites à grenat (faciès Barrow) tandis que le bassin de Bekitro, à plis amples et faciès paléogéographiques peu profonds, montre une nette tendance vers les faciès Abukuma (présence de cordiérite, rareté ou absence des amphibolites à grenat).

Le groupe du Vohibory, très composite, doit être réétudié avant tout essai de synthèse.

#### CONCLUSIONS

Cet essai bien incomplet fait ressortir la liaison constante entre structure et intensité métamorphique. Toute synthèse doit donc intégrer ces faits associant ainsi histoire géologique, reconstitution pétrogénétique et devenir métamorphique.

On peut aussi en inférer que la phase orogénique critique pour l'établissement du faciès métamorphique doit être différente selon les régions. La confirmation de la séquence des phases peut donc être obtenue par des études structurales détaillées, notamment dans les zones bordières des grandes orogénies écrites : des modifications mineures telles que cristallisation de biotite selon une schistosité de fracture, mise en place de pegmatites dans des joints ouverts prendront alors toute leur signification.

Manuscrit reçu, le 1<sup>er</sup> juin 1971.

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BAZOT G. et al. — *Carte du métamorphisme de Madagascar*. « C.R. Sem. Géol. » 1971 (à paraître) (1971).
- BERTUCAT M. et JOURDE G. — *Considérations sur la stratigraphie du socle malgache* ; « C.R. Sem. Géol. » 1966, pp. 107-116 (1966).
- BESAIRIE H. — *La géochronologie à Madagascar en 1962*. « C.R. Sem. Géol. » 1963, pp. 114-116 (1963).
- BESAIRIE H. — *Carte géologique de Madagascar au 1/1.000.000* Service Géologique, Tananarive (1964).
- CHANTRAINE J. — *Schéma géologique du centre-sud de Madagascar*. « Rap. Ann. Serv. Géol. Mad. Tananarive, pp. 65-70 (1970).
- De la ROCHE H. — *Sur la composition chimique des phlogopites de Madagascar et sur la présence de variétés riches en fluor*. « C.R. Sem. Géol. » 1963, pp. 175 à 178. (1963).
- HOTTIN G. — *Les terrains cristallins du centre-nord et du nord-est de Madagascar*. Thèse Clermont-Ferrand (1969).
- MOINE B. — *Relations stratigraphiques entre la série « schisto quartzo calcaire » et les gneiss environnants (Centre-ouest de Madagascar)* « C.R. Sem. Géol. » 1967, p. 49-53 (1967).
- NOIZET G. — *Les unités du Socle malgache au sud de Tananarive*. « C.R. Sem. Géol. » 1968-1969, pp. 59 à 65 (1968).
- NOIZET G. — *Contribution à l'étude géochimique des formations métamorphiques de faciès granulite dans le sud de Madagascar*. Thèse Nancy (1969).
- RAZAFINIPARANY A. — *Les charnockites du socle précambrien de Madagascar*. Thèse Clermont-Ferrand (1969).

PHASES OROGÉNIQUES  
ET  
MÉTAMORPHISME  
MADAGASCAR

