

GOUVERNEMENT GÉNÉRAL DE MADAGASCAR ET DÉPENDANCES

ANNALES GÉOLOGIQUES DU SERVICE DES MINES

FASCICULE N° XII

LA GÉOLOGIE DE MADAGASCAR
EN 1946

PAR

HENRI BESAIRIE

GÉOLOGUE EN CHEF DES COLONIES
CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES COLONIALES

OUVRAGE HONORÉ D'UNE SOUSCRIPTION
DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE COLONIALE
8, RUE PAUL BAUDRY, PARIS (VIII^e).



IMPRIMERIE NATIONALE
27, RUE DE LA CONVENTION, 27
PARIS (XV^e).

1946

PUBLICATIONS DU SERVICE DES MINES DE MADAGASCAR.

PUBLICATIONS ANTÉRIEURES À 1931.

- Carte géologique et minière du Service des Mines, 2 feuilles en couleurs, échelle 1/1.500.000.
Carte géologique de l'Anticlinal du Cap Saint-André.
Sakamena-Sakoa, feuille régulière, au 1/100.000, en couleurs avec notice.
Carte géologique du bassin charbonnier du sud-ouest de Madagascar au 1/200.000, en couleurs.
Carte géologique du Bas-Onilahy au 1/200.000, en couleurs.
Andrafiavelo, feuille régulière en couleurs, au 1/100.000.
Vallée de la Sakondry, en couleurs, au 1/100.000.
Pays Bara, 2 feuilles en couleurs, au 1/100.000.

PUBLICATIONS NOUVELLES.

Le Service des Mines a entrepris à partir de 1931 les publications suivantes :

I. — ANNALES GÉOLOGIQUES DU SERVICE DES MINES avec planches hors texte en phototypie ou similigravure.

Cette publication paraît par fascicule.

- FASCICULE 1. — *Faunes sénoniennes du nord et de l'ouest de Madagascar*, par MAURICE COLLIGNON, 66 pages, 9 planches hors texte.
- FASCICULE 2. — *Ammonites pyrileuses de l'Albien supérieur du mont Raynaud à Madagascar*, par MAURICE COLLIGNON, 33 figures dans le texte, 4 planches hors texte.
Fossiles caractéristiques du nord-ouest de Madagascar, par HENRI BESAIRIE, 2 figures dans le texte, 2 planches hors texte.
Sur les Inocérames de Madagascar, par RUDOLF HEINZ.
Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1931.
- FASCICULE 3. — *Échinides de Madagascar communiqués par M. Besairie*, par JULES LAMBERT, 8 figures dans le texte, 4 planches hors texte.
Fossiles cénomaniens d'Antsahramahavelona, par MAURICE COLLIGNON, 6 figures dans le texte, 2 planches hors texte.
- FASCICULE 4. — *Fossiles turoniens d'Antantiloky*, par MAURICE COLLIGNON, 6 planches hors texte.
La faune permienne des grès à Productus dans le nord de Madagascar, par GASTON ASTRE, 4 planches hors texte.
Bibliographie des travaux sur Madagascar parus en 1932.
- FASCICULE 5. — *Études paléobotaniques sur le groupe de la Sakoa et le groupe de la Sakamena (Madagascar)*, par ALFRED CARPENTIER, 6 planches hors texte.
Les Sols de la Basse-Menarandra (Extrême sud de Madagascar), par HENRI BESAIRIE, 1 carte et 6 figures hors texte.
Constitution et structure du Pays Betsileo (centre de Madagascar), par ANDRÉ LENOBLE, 6 figures dans le texte et 9 hors texte.
Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1933.

ANNALES GÉOLOGIQUES DU SERVICE DES MINES.

GOUVERNEMENT GÉNÉRAL DE MADAGASCAR ET DÉPENDANCES

ANNALES GÉOLOGIQUES DU SERVICE DES MINES

FASCICULE N° XII

LA GÉOLOGIE DE MADAGASCAR
EN 1946

PAR

HENRI BESAIRIE

GÉOLOGUE EN CHEF DES COLONIES
CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES COLONIALES

OUVRAGE HONORÉ D'UNE SOUSCRIPTION
DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE COLONIALE
8, RUE PAUL BAUDRY, PARIS (VIII^e).



IMPRIMERIE NATIONALE
27, RUE DE LA CONVENTION, 27
PARIS (XV^e).

1946

LA GÉOLOGIE DE MADAGASCAR

EN 1946

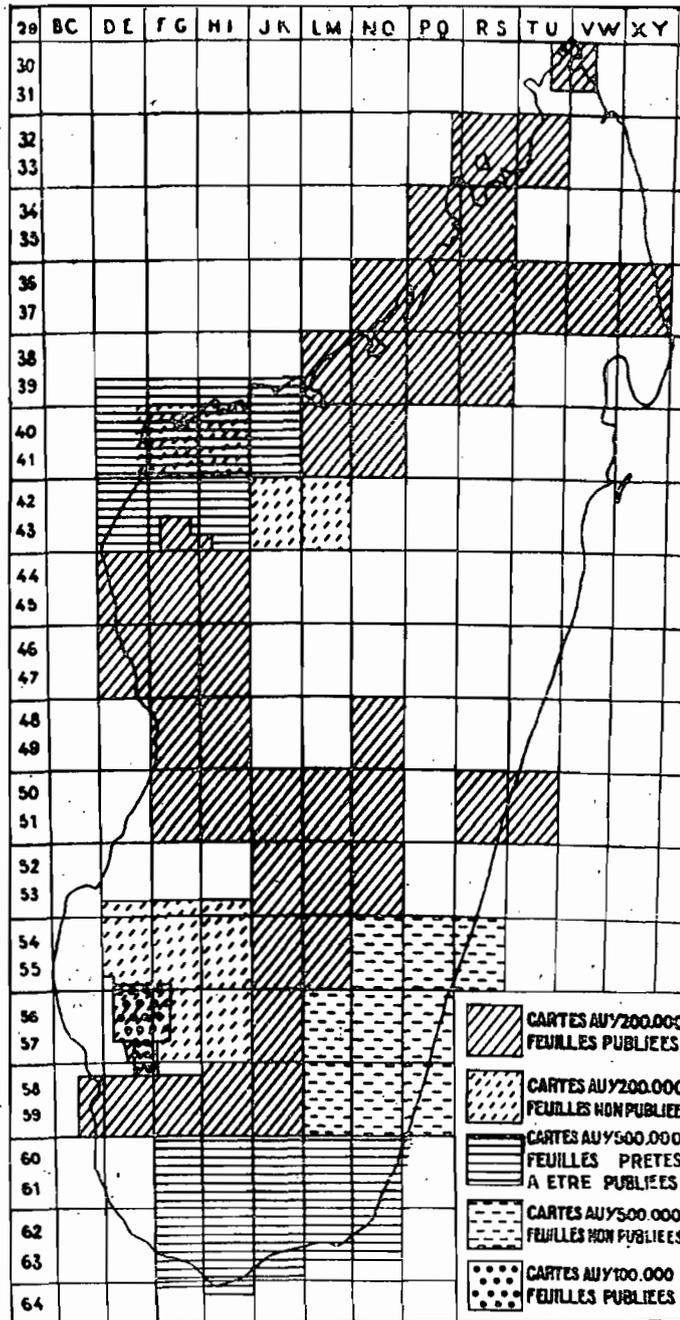
PAR

HENRI BESAIRIE.

HISTORIQUE.

Les premiers documents sérieux sur la géologie de Madagascar remontent à la fin du siècle dernier : ils sont dus surtout à A. GRANDIDIER, GROSSE, FISCHER (1868 à 1873), BARON et NEWTON (1889, 1899). Une première synthèse a été faite en 1900 par M. BOULE. Viennent ensuite les travaux de E. GAUTHIER (1902), P. LEMOINE (1906), les explorations de COLGANAP, de PERRIER DE LA BATHIE et les études persévérantes de A. LACROIX qui ont abouti, en 1922, à sa magistrale Minéralogie de Madagascar. En 1929, le Gouverneur général OLIVIER, sur la proposition de l'Ingénieur au Corps des Mines DUMAS, ouvre le Service Géologique de Madagascar qui, tant avec son personnel (R. SCHNAEBELÉ, Y. BRIERE, V. HOURCOQ, A. LENOBLE, A. SAVORNIN, Ch. ABADIE, E. RAKOTONDRA-MAZAVA, RAJAONARIVELO, H. BESAIRIE) qu'avec des

BARRABÉ, BASSE, DECARY, GENGE), commence des études détaillées. Plus récemment, l'Office des Combustibles Liquides a envoyé de nombreuses missions géologiques. La Paléontologie de Madagascar du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, les Annales Géologiques du Service des Mines de Madagascar, l'Académie Malgache, diffusent régulièrement le résultat des recherches (THÉVENIN, COTTREAU, LAMBERT, COLLIGNON, LAMBERTON). Le Service des Mines a publié en outre des coupures de la Carte géologique de reconnaissance au 1/200.000° avec notices explicatives. Les collections géologiques de Madagascar sont conservées dans les laboratoires de paléontologie et de minéralogie du Muséum National d'Histoire Naturelle, au Laboratoire de géologie de la Sorbonne et à l'École des Mines. A Tananarive, le Service des Mines possède un musée d'exposition.



ETAT D'AVANCEMENT DE LA CARTE GEOLOGIQUE

AU 1 SEPTEMBRE 1945

LES TERRAINS CRISTALLINS ANCIENS.

Les terrains cristallins anciens se répartissent, du Précambrien au Dévonien, dans les groupes ci-dessous :

5. Série des schistes et quartzites
(Dévonien).
..... Discordance.
4. Série des cipolins.
3. Série de Vohimena.
..... Discordance.
2. Système Anosyen granitique et orthogneissique
(Socle ancien précambrien.)
1. Système Androyen surtout paragneissique.
(Socle ancien précambrien.)

Ces terrains composent le substratum et s'étendent dans les zones orientales et centrales sur toute la longueur de l'île.

LE SOCLE ANCIEN.

Le socle ancien est formé d'un ensemble paragneissique (Androyen) traversé par un complexe granitique fréquemment transformé en orthogneiss (Anosyen).

L'ANDROYEN est un système à paragneiss prédominants à structure granoblastique, avec des faciès de métamorphisme profond, associé à des orthogneiss variés, acides ou basiques, le tout se présentant avec une structure isoclinale serrée. Pétrographiquement les types les plus largement dominants sont des gneiss peu ou pas micacés, souvent un peu pyroxéniques ou amphiboliques, plus ou moins rubanés, mais non schisteux. Associés aux gneiss on rencontre des leptynites, des quartzites, des cipolins, des amphibolites, des pyroxénites, des wernéritites, plus rarement des micaschistes. Il est des roches hyperalumineuses intéressantes par leur richesse en grenat, sillimanite, cordiérite, spinelle. Les gneiss et leptynites à graphite sont fréquents. Il faut mentionner des roches spéciales : les pyroxénites à phlogopite, à spinelle, les gneiss à saphirine et le cortège des sakénites (plagioclasites alumineuses),

la lamboanite, curieuse roche à plagioclase, grenat et cordiérite, très déficiente en silice, le sagvandite, des parapéridotites. Des orthogneiss francs, avec ortho-leptynites, gneiss d'injections, migmatites, s'intercalent dans cet ensemble de même que des orthopyroxénites, des orthoamphibolites, des serpentines. Les minéralisations du système androyen comprennent du graphite très abondant, la phlogopite, le grenat, des métaux : or, cuivre, manganèse, nickel, et les minéraux des pegmatites.

Dans l'Extrême Sud où l'absence de latérite facilite les investigations, l'androyen a été séparé zonéographiquement en plusieurs groupes à caractères minéralogiques et métallogéniques distincts.

LE SYSTÈME INTRUSIF ANOSYEN, essentiellement granitique, mais parfois monzonitique, est caractérisé par l'association de granite monzonitique avec la séquence des roches à faciès malgachitiques (malgachites), dont les analogies avec les charnockites sont très étroites. Fin ou porphyroïde, très déformé et passant à des orthogneiss, ou bien à structure cataclastique, le granite forme de très vastes massifs avec enclaves flottantes de paragneiss, mais aussi des pointements et surtout des dykes laccolitiques.

Par comparaison avec les régions voisines (Indes, Afrique), nous datons tout cet ensemble du Précambrien.

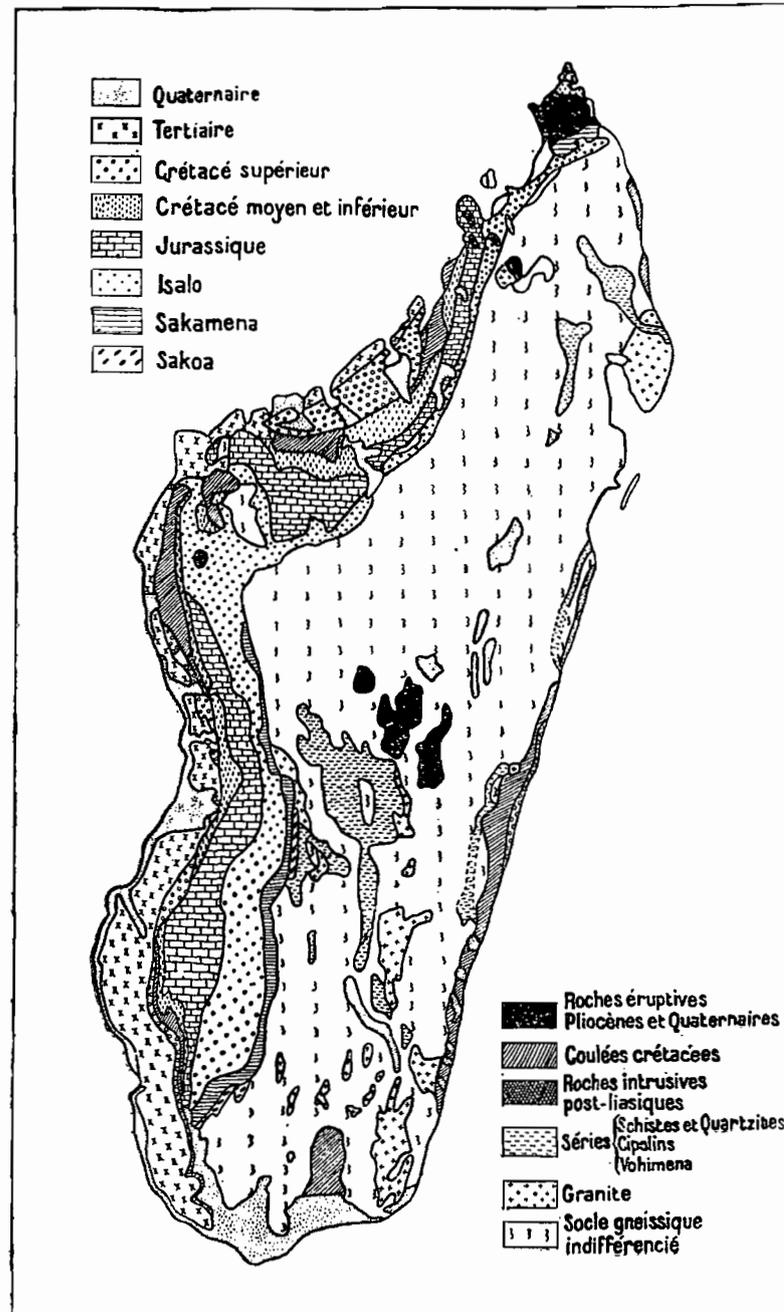
LA SÉRIE DE VOHIMENA.

Sur le socle ancien repose en discordance un complexe paragneissique dénommé série de Vohimena, par A. LENOBLE, dont le degré de métamorphisme est variable mais où les faciès profonds sont rares. Dans le centre et le nord de l'île, les caractères stratigraphiques et lithologiques sont identiques avec épaisseur assez faible (100 mètres), discordance basale, niveau inférieur formé de roches d'origine calcaire (parapyroxénites, amphibolites, grenatites, épidotites, cipolins) et un niveau supérieur d'origine

gréso-schisteuse (micaschistes, chloritoschistes, talc-chistes, quartzites). Dans le Sud (Ivohibe — Ihozy) l'épaisseur est beaucoup plus considérable (au moins

1.000 mètres) avec une puissante série, micaschisteuse à la base, recouverte par des quartzites et des roches à épidote.

Carte géologique schématique



La série de Vohimena est particulièrement intéressante par la diversité de ses minéralisations dont certaines sont d'un haut intérêt économique. (Or, en imprégnation diffuse ou en veines quartzeuses, cuivre et plomb en gîtes de contact et veines quartzeuses, corindon, grenat, sillimanite, disthène, zircon, magnétite, graphite.)

LA SÉRIE DES CIPOLINS.

Cette série, connue seulement dans le centre de Madagascar, est essentiellement constituée de calcaires cristallins, parfois dolomitiques. Elle repose en discordance sur le socle ancien, mais on ne connaît pas ses rapports avec la série de Vohimena. Les intrusions granitiques dans les cipolins ont provoqué la formation de gîtes cuprifères de contact (Ambatofanghana). Les pegmatites sodolithiques à gemmes y sont fréquentes.

LA SÉRIE DES SCHISTES ET QUARTZITES.

Avec des plis peu serrés et une allure parfois monoclinale, cette série repose en discordance totale sur toutes les formations antérieures. Elle affleure surtout dans le Nord-Est, le Centre, et se poursuit dans le Sud-Est jusque vers Midongy du Sud. Lorsqu'elle est complète, elle comprend un niveau inférieur schisteux qui présente jusqu'à 200 mètres d'épaisseur et un niveau supérieur quartzique dont la puissance peut atteindre 600 mètres. La cristallinité y est variable et passe de micaschistes, de schistes micacés à des phyllades et schistes carburés. Les quartzites sont vitreux ou du type itacolumite. La minéralisation comprend de l'or en gîtes de contact, du rutile et aussi du cristal de roche.

Seule de tout l'ensemble cristallin, cette série est datée du Dévonien par la présence d'une écaille de *Lépidodendrée* recueillie par A. LENOBLE dans les schistes du niveau inférieur.

LES ROCHES ÉRUPTIVES ANCIENNES.

Nous avons déjà séparé les granites anosyens dont la caractéristique est l'association avec les malgachites. Il est d'autres venues granitiques qui

peuvent se classer provisoirement dans les catégories suivantes :

Les granites syntectoniques du type Kalambatréen (Massif de Kalambatitra à l'est de Betroka), ou *vieux granites*, sont monzonitiques, à microcline et plagioclase acide; ils se présentent en massifs, en bancs laccolitiques et en pointements batholitiques. Toujours plus ou moins déformés, passant même à des orthogneiss avec ou même sans structure résiduelle, ils sont souvent entourés d'une auréole de gneiss d'injection. Ils occasionnent fréquemment un important métamorphisme de contact grenatifère dans les paragneiss encaissants. Le type le plus commun est grenu mais il est aussi des formes porphyroïdes passant à des orthogneiss coëllés. Ces granites traversent la série de Vohimena mais non celle des « Schistes et quartzites ». Ils sont associés parfois à des monzonites et plus rarement à des granites alcalins.

Plus récents et très peu déformés sont les granites post-tectoniques du type Andringitréen (Massif de l'Andringitra au sud d'Ambalavao) ou *jeune granite*. Également calco-alcalins ils se présentent surtout en massifs à contours nets et recoupent toutes les formations cristallines y compris la série des Schistes et quartzites.

Il faut classer à part les granites des Ambatomiranty, roches très peu déformées qui se présentent en dykes étroits mais de longueur atteignant plusieurs kilomètres.

Les roches basiques pourraient aussi se classer en vieilles et jeunes suivant leur degré de déformation.

Les roches éruptives anciennes sont fort intéressantes du point de vue minier. Le métamorphisme de contact du granite dans les micaschistes développe du corindon, du rutile, de la pyrite aurifère; dans les cipolins les mêmes granites sont responsables de la formation de gîtes de cuivre et de plomb tandis que dans les schistes ils s'accompagnent de veines aurifères. Les pegmatites renferment des gemmes et des minéraux économiques (béryls, tourmalines, topazes, etc.) minéraux radioactifs et de terres rares. C'est à l'influence du magma granitique ancien que sont dus les gîtes pegmatoïdes de phlogopite et sans doute aussi les veines quartzeuses cuprifères.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES GROUPES DE L'ANDROYEN.

12.

GROUPES.	LITHOLOGIE.	MINÉRAUX.	ROCHES ÉRUPTIVES.	MINÉRALISATION.
VOHIBORY.....	Leptynites. Gneiss amphiboliques. Amphibolites. Gneiss. Cipolins. Epidotites.	Amphibole. Orthose. Grenat.	Granite monzonitique non déformé. Granite monzonitique en massif. Serpentes. Pyroxénolites. Orthoamphibolites.	Or. Cuivre. Manganèse. Chrysotile.
AMPANIHY.....	Extrême abondance des Leptynites à graphite. Amphibolites, gneiss à biotite. Quartzites.	Graphite. Amphibole. Orthose. Biotite. Grenat.	Ortholeptynites. Pegmatites à tourmalines. Norites. Gabbros. Troctolites.	Or. Manganèse. Graphite. Titane.
AMPANDRANDAVA.....	Gneiss. Leptynites. Pyroxénites.	Biotite. Plagioclase, Diopside, amphibole, phlogopite, cordiérite, sillimanite.	Granites monzonitiques massifs. Granites laccolitiques, filoniens, interstratifiés. Orthogneiss abondants et Orthopyroxénites. Quelques Malgachites. Syénites. Gneiss d'injection.	Phlogopite et son cortège. Magnétite.
TRANOMARO.....	Extrême abondance des paragneiss calciques et magnésiens. Gneiss à pyroxène. Plagioclases. Pyroxénites. Wernéritites. Cipolins. Leptynites. Wollastonites.	Diopside. Calcite. Plagioclase. Cordiérite. Wollastonite.	Granites filoniens, laccolitiques. Gros massifs. Abondance des Malgachites. Malgachites à hyperrhène. Gneiss d'injection. Gneiss œillés.	Phlogopite et son cortège.
FORT-DAUPHIN.....	Leptynites. Gneiss.	Cordierite. Grenat. Orthose.	Gros massifs granitiques type Elakelaka. Abondance des Malgachites. Malgachites à hyperrhène. Gneiss d'injection. Gneiss œillés.	Très pauvre. Pyrite. Molybdénite.
VONDROZO.....	Orthogneiss et Gneiss.	Feldspaths divers. Biotite. Amphibole.	Tous les types de granites. Malgachites.	Très pauvre. Fer chromé.

HENRI BESANNE.

LES TERRAINS SÉDIMENTAIRES.

Le deuxième grand groupe des formations géologiques de Madagascar est constitué par les terrains sédimentaires. Ces terrains forment une large bande sur la côte ouest de l'île mais on en rencontre aussi quelques lambeaux très peu étendus sur la côte est.

Alors que les terrains cristallins sont très plissés, les terrains sédimentaires, au contraire, n'ont subi aucune action orogénique notable et se sont déposés régulièrement. Ils présentent actuellement un très faible pendage vers la mer.

LE KARROO.

Par analogie avec des formations similaires de l'Afrique australe, on a donné le nom de Karroo à l'ensemble des dépôts continentaux qui se sont déposés du Carbonifère au Jurassique moyen. Le Karroo malgache, tout en conservant les traits généraux du Karroo sud-africain, possède une individualité propre, due surtout à l'existence de nombreuses intercalations marines. Il est divisé en trois groupes, séparés par des discordances.

LE GROUPE DE LA SAKOA, à la base de la série sédimentaire, présente les divisions suivantes :

4. Calcaires marins de Vohitolia à *Productus* et *Spirifer*.
3. Série rouge inférieure.
2. Couches à charbon.
1. Schistes noirs et conglomérats (*Tillites*).

Les Schistes noirs et conglomérats forment la base du groupe et ont une épaisseur allant jusqu'à 150 mètres. Les schistes renferment des empreintes de *Schizoneura*. Les conglomérats sont d'origine glaciaire et tout à fait semblables à la tillite de Dwyka.

Les couches à charbon, épaisses d'une centaine de mètres, sont constituées par des grès avec de très importantes couches de houille et quelques schistes. Elles ont fourni des Fougères : *Gangamopteris* et *Glossopteris*. Cette association est caractéristique de l'Écca sud-africain.

La série rouge inférieure, épaisse de 600 mètres,

renferme des grès verts à feldspaths roses et des argiles rouges à Bois silicifiés et, au sommet, des niveaux conglomératiques.

Les trois niveaux qui viennent d'être énumérés sont d'origine continentale : ils montrent un profond changement des conditions climatiques. Après le climat glaciaire, prouvé par la tillite, est venu le climat froid de la flore à *Glossopteris* qui permettait néanmoins le développement d'une abondante végétation. Avec la série rouge inférieure, le climat devient chaud, les couches d'argile rouge indiquant une insolation intense avec peu de pluie.

Le groupe de la Sakoa se termine par une invasion marine qui s'étendit sur toutes les côtes nord et ouest de Madagascar. Dans le Nord se déposèrent des grès et des marnes à *Productus* et *Spirifer* (Ankitokazo), dans l'ouest des niveaux discontinus de calcaires (Ankavandra, Beroroha) et dans le Sud-Ouest un horizon à *Productus* et *Spirifer* connu sous le nom de calcaires de Vohitolia. A cette époque, pour la première fois et d'une manière éphémère, le Canal de Mozambique a commencé à fonctionner.

Le groupe de la Sakoa est entièrement représenté dans le Sud-Ouest. Il est connu, mais avec un développement moindre, dans la région de Malaimbandy.

LE GROUPE DE LA SAKAMENA. — Transgressif et discordant sur le précédent, ce groupe, essentiellement schisteux, s'allonge du Sud-Ouest jusqu'au Cap Saint-André. Il présente là un faciès continental mais renferme quelques intercalations marines. On retrouve le groupe dans l'extrême Nord, avec un faciès entièrement marin. Dans la zone intermédiaire le groupe disparaît sous la transgression des étages supérieurs.

Dans son faciès continental, le groupe de la Sakamena présente les divisions suivantes :

3. Schistes, Argiles, Grès.
2. Schistes à Reptiles.
1. Schistes à Plantes (*Glossopteris*) avec conglomérat de base.

Les schistes à Plantes forment la base du Groupe

et renferment la fougère *Glossopteris*, non associée à *Gangamopteris*, mais avec *Voltzia* et *Thinnfeldia*. Des intercalations de calcaires marins existent à ce niveau et sont parfois fossilifères : *Cladochonus*, *Modiolopsis*, *Gervillia*. Il y a là un nouvel essai de fonctionnement du Canal de Mozambique, bien prouvé par la découverte récente des mêmes espèces de *Modiolopsis* et *Gervillia* au Tanganyika où le niveau marin est, comme à Madagascar, situé au milieu d'une série continentale.

Les Schistes à Reptiles ont fourni une faune de curieux Amphibiens et Reptiles qui permettent des raccords avec les formations sud-africaines du Beaufort. Ce sont : *Rhinesuchus*, *Tangasaurus*, etc., dont J. PIVETEAU a donné une belle description.

La partie terminale ne renferme pas de fossiles. L'épaisseur du groupe varie de 200 à 800 mètres. Il faut y signaler quelques niveaux charbonniers et d'autres bitumineux, tous très localisés.

Le facies marin du groupe de Sakamena est particulièrement intéressant parce qu'il a fourni de très belles faunes. Il affleure dans deux bassins, au nord de l'île, le bassin d'Ankitokazo à l'ouest, le bassin de Barabanja à l'Est. On y distingue les niveaux suivants :

4. Couches de Barabanja : Grès, schistes, calcaires.
3. Couches à Poissons et Ammonites : Schistes argileux.
2. Couches à *Claraia* : Schistes argileux.
1. Couches à *Xenaspis* et *Cyclolobus* : Grès argileux.

Les couches à *Xenaspis* et *Cyclolobus*, bien datées par ces Ammonites du Permien supérieur, reposent sur les grès à *Productus* et *Spirifer* du sommet du groupe de la Sakoa. La faune est très riche en individus se rapportant à un petit nombre de genres.

Les couches à *Claraia* forment la limite entre le Permien et le Trias. Elles correspondent à l'*Otoceratan*, mais n'ont pas fourni d'Ammonites. Ce sont des schistes peu épais.

Les couches à Poissons et à Ammonites sont constituées par des schistes argileux formidablement fossilifères. C'est par milliers que l'on peut ramasser, dans des nodules aplatis, de superbes empreintes de Poissons : *Australosomus*, *Perleidus*, *Bobasatrania*, *Parasemionotus*, etc., qui présentent

des rapports étroits avec les faunes ichthyologiques triasiques du Groenland. Les Ammonites sont plus rares; ce sont : *Glyptophiceras*, *Clypeoceras*, *Aspidites*, etc. C'est la base du Trias (Gyronitan, Flemingitan inférieur). On y trouve aussi de rares vertébrés, le curieux *Protobatrachus* et un Stégocéphale voisin de *Capitosaurus*.

Les couches de Barabanja, montrent une très belle faune d'Ammonites appartenant à un niveau légèrement plus élevé (Flemingitan) : *Flemingites*, *Meekoceras*, *Clypeoceras*, *Proptychites*, *Hedemstroemia*, etc.

Le très gros intérêt de ces faunes est de permettre de dater très exactement la base et le sommet du groupe de la Sakamena et par suite les coupures majeures du Karroo malgache. Il est bon de remarquer que, grâce surtout aux travaux de MM. J. PIVETEAU et M. COLLIGNON, ces belles faunes ont été entièrement décrites.

LE GROUPE DE L'ISALO. — Transgressif et discordant sur le précédent, le groupe de l'Isalo débute par un conglomérat de base et s'étend sans interruption du Nord au Sud-Ouest de l'île. Il est dans l'ensemble surtout continental, mais des horizons marins s'y développent à divers niveaux avec des développements inégaux.

Le groupe de l'Isalo se divise en trois séries que, pour éviter toute confusion avec des dénominations antérieures, nous nommerons Isalo I, Isalo II et Isalo III, et qui s'ordonnent ainsi dans la série stratigraphique.

Bathonien $\frac{\text{moyen.}}{\text{inférieur.}}$	Isalo III.
Bajocien.	
Lias supérieur. Néo-Lias moyen.	Isalo II.
Eo-Lias moyen à Eo-Trias supérieur.	Isalo I.
Sakamena.	

L'Isalo I, d'épaisseur variant de 100 à 500 mètres est formé de grès massifs, mais tendres, mal cimentés, à stratification entrecroisée, sans fossiles. Il se poursuit sur toute la côte ouest avec les mêmes caractères. C'est au sommet de cette formation que se trouvent les gros amas de grès bitumineux de la région de Morafenobe.

La limite ente l'Isalo I et l'Isalo II est marquée dans toute la moitié nord de Madagascar par un niveau marin de Néolias moyen, bien daté par la présence de *Spiriferina rostrata* et *Bouleiceras nitescens*. Dans le Nord, ce niveau connu sous le nom de niveau de Jangoa s'étend depuis le Sambirano jusqu'à la Sofia. Il reprend ensuite au sud de la Betsiboka et se termine dans la région de Morafenobe par des couches à Spongiaires.

Dans la moitié sud de l'île, l'Isalo II présente un facies continental, avec des grès tendres à stratification entrecroisée, alternant avec des argiles vertes ou rouges. L'épaisseur est considérable et atteint près de 1.000 mètres. Les fossiles sont des Bois silicifiés parfois de très grande taille (*Araucarioxylon*, *Cedroxylon*), des restes de Poissons (*Ceratodus*), de Reptiles (*Précrocodyliens*). Dans la moitié nord et à partir de l'éperon cristallin du Cap Saint-André, les épaisseurs diminuent considérablement, et le facies devient marin ou mixte, c'est-à-dire alternativement marin et continental. Dans la région de Kandreho, il y a des répétitions de calcaires marins, de schistes bitumineux et à lignite avec des grès entrecroisés continentaux et des marnes marines. Ce facies mixte se poursuit jusque à Ambilobe où les couches deviennent entièrement marines.

C'est dans les régions de Kandreho et d'Ampasindava que les couches de l'Isalo II sont les plus fossilifères. On distingue dans la région d'Ampasindava :

3. Niveau à *Dumortieria* cf. *dumortieri*, *Harpoceras*.
2. Schistes à Plantes : *Equisetum jolyi*, *Pecopteris*.
1. Niveau calcaire à *Spiriferina rostrata*.

tandis que dans la région de Kandreho, on voit :

2. Niveau à lignite et schistes bitumineux.

1. Niveau à *Bouleiceras*, *Harpoceras*, *Spiriferina rostrata* et toute une riche faune décrite par THÉVENIN.

Le trait fondamental de l'Isalo II est sa forte épaisseur sous un régime continental au Sud de l'éperon cristallin du Cap Saint-André, s'opposant à une épaisseur bien moindre et parfois faible sous un régime mixte ou marin au Nord.

La limite inférieure de l'Isalo III correspond à la grande invasion marine, non absolument générale d'ailleurs, qui débute avec la base du Bajocien (couches à *Witchellia*). L'Isalo III, sous son facies continental, a une composition analogue à celle de l'Isalo II : grès tendres à stratification entrecroisée avec argiles; les Bois silicifiés existent mais sont de petites dimensions. Vers le sommet un horizon à grands Dinosauriens (*Bothriospondylus*) s'allonge avec une grande continuité depuis la Betsiboka jusqu'à la presqu'île d'Ampasindava. La série se termine par un horizon saumâtre à *Corbula*.

Mais, dans l'Isalo III, les intercalations marines sont fréquentes. Dans certaines régions, le facies est entièrement marin sur toute la hauteur : calcaires du Bemaraha et de l'Ankara avec des épaisseurs de 400 mètres.

Dans le Sud-Ouest, les couches correspondantes à l'Isalo III sont entièrement marines et représentées par des calcaires à Algues, à Polypiers et à Bois fossiles, avec quelques Lamellibranches. Un peu plus au Nord, dans la région du Mangoky, le facies continental prédomine largement et il n'y a plus qu'un horizon de calcaires marins à la base de l'Isalo III. Dans la région de Malaimbandy, le facies est mixte, alternativement marin et continental. En remontant encore vers le Nord, de la Tsiribihina jusqu'au Sud de la Betsiboka, le facies devient entièrement marin et est représenté par des calcaires et des marnes. Les faunes sont peu riches, mais on distingue néanmoins une série de niveaux :

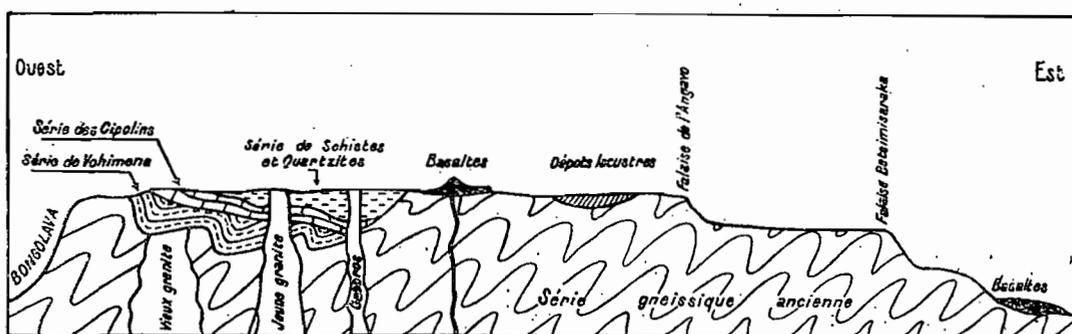
3. Calcaires à *Nerinea bathonica* et Echinides.
2. Marnes et calcaires à Echinides et Brachiopodes.
1. Calcaires et marnes à *Trigonia tenuicostata* et *Witchellia*.

La base de la série est bajocienne et le sommet atteint le Bathonien moyen.

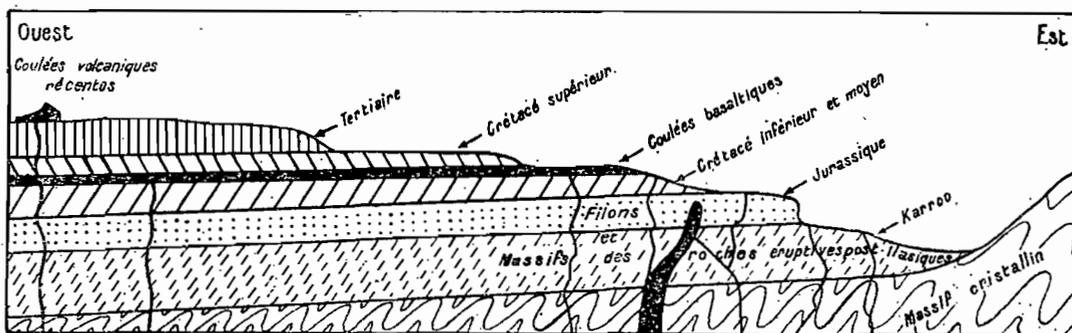
Cette série calcaire forme les grands causses du Bemaraha-Antsingy, du Kelifely et de l'Ankara.

On remarquera que nous avons modifié les attributions d'âges admises primitivement. On admettait récemment que la base des calcaires du

Bemaraha se rapportait au Lias supérieur. Actuellement nous rejetons ce rattachement et nous rattacherons la base du Bemaraha au Bajocien inférieur et ceci est démontré, d'une part, par la continuité lithologique de part et d'autre de l'éperon cristallin du Cap Saint-André dont la région nord est bien datée par des faunes (*Witchellia*), d'autre part, par l'existence du niveau à Spongiaires (*Lithidistes*) éponges calcaires des la région de Morafenobe), qui,



COUPE SCHEMATIQUE EN TRAVERS DU MASSIF CRISTALLIN.



COUPE SCHEMATIQUE DANS LES TERRAINS SEDIMENTAIRES

correspond au niveau à *Spiriferina* et *Bouleiceras* du Lias moyen et qui se trouve bien au-dessous de la base du Bemaraha.

Le facies entièrement continental de l'Isalo III reprend ensuite vers le Nord jusque dans le Sud de la presqu'île d'Ampasindava, mais les épaisseurs sont très faibles. Dans la presqu'île d'Ampasindava le facies est mixte et passe à un facies entièrement

marin dans l'extrême nord de l'île. Dans cette région le Bajocien montre de belles faunes à *Witchellia*, Brachiopodes et Echinides (*Diplocidaris besairiei*, *Gymnocidaris*, *Besairiecidaris*, *Tiarechinopsis*, *Stomechinus bigranularis*).

Le trait essentiel de l'Isalo III est l'abondance et le développement du facies marin qui arrive à prédominer largement.

TABLEAU STRATIGRAPHIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE
DU KARROO MALGACHE ET SES ÉQUIVALENTS MARINS.

		FACIES CONTINENTAL.	FACIES MARIN.
Isalo III.	Bathonien { moyen. inférieur.	<i>Bothriospondylus.</i>	<i>Corbula, Nerinea bathonica.</i> Brachiopodes et Echinides.
	Bajocien.	Rares bois silicifiés.	Brachiopodes. <i>Witchellia, Trigonina, tenuicostata</i> et <i>Stamachinus bigranularis.</i>
Isalo II.	Lias supérieur.	<i>Equisetum.</i> <i>Pecopteris, Ceratodus.</i> Précrocodiliens. } Grands Bois silicifiés.	<i>Dumortiera cf. dumortieri.</i> <i>Bouleiceras nitescens, Spiriferina ros-</i> <i>trata</i> et <i>Spongiaires.</i>
	Néo-Lias moyen.		
Isalo I.	Eo-Lias moyen à Eo-Trias supérieur.	Pas de Fossiles.	
Sakamena.	Eo-Trias inférieur à Neo-Permien.	<i>Rhinesuchus.</i> <i>Tangasaurus.</i> <i>Glossopteris.</i>	<i>Flemingites, Meekoceras.</i> Poissons : <i>Australosomus, Parasemio-</i> <i>notus,</i> Ammonites : <i>Glyptophyceras.</i> <i>Clarata.</i> <i>Cyclolobus, Xenaspis.</i>
Sakoa.	Eo-Permien à Carbonifère.	Bois silicifiés. <i>Glossopteris et Gangamopteris.</i> Tillite.	<i>Productus, Spirifer.</i>

LE JURASSIQUE SUPÉRIEUR.

Dans ce qui précède, nous avons vu que, du Carbonifère au Bathonien moyen, la sédimentation a surtout été d'ordre continental. Sans doute dans le Bajocien et le Bathonien, les intercalations marines prenaient une importance de plus en plus grande.

Dès le Bathonien supérieur, la mer envahit complètement le Nord et l'Ouest de Madagascar et il se dépose partout des sédiments marins.

- LE BATHONIEN SUPÉRIEUR est caractérisé par une belle et très riche faune où abondent les *Macrocephalites*. Les sédiments sont surtout calcaires et marneux, souvent oolithiques. Partout où l'on rencontre ce sous-étage, il est fossilifère et les affleurements sont

très continus tout le long de la côte ouest et jusqu'à la pointe nord-ouest.

La faune renferme surtout des Ammonites avec les nombreux sous-genres de *Macrocephalites*, parmi lesquels il faut citer le fossile le plus commun : *Macrocephalites (Pleurocephalites) habyensis* SPATH.

Les autres formes les plus abondantes sont :

Macrocephalites madagascariensis;

Choffatia recuperoi;

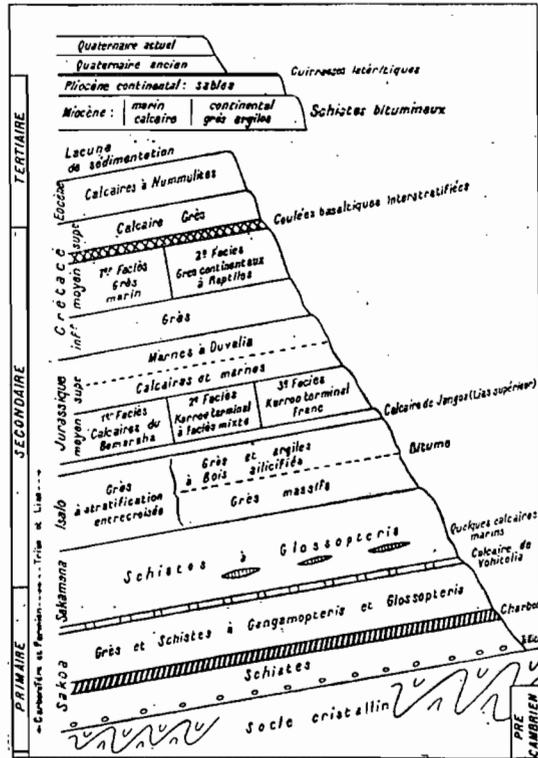
Sphaerotiaria vivaldii;

Pygurus depressus;

Rhynchonella paoli.

LE CALLOVIEN est surtout marneux avec gypse. Il se divise en deux parties. La partie inférieure est caractérisée par la présence de *Macrocephalites charriensis*,

tandis que la partie supérieure renferme la faune classique *Reineckeia anceps* associé à de nombreux *Hecticoceras*.



LES TERRAINS SÉDIMENTAIRES : COUPE SCHEMATIQUE

Dans le Sud-Ouest, une grosse lacune stratigraphique allant jusqu'au Néocomien se produit après le dépôt du Callovien inférieur. Dans le reste de l'île les dépôts s'allongent régulièrement.

Avec le Callovien commencent à apparaître des *Belemnites* : les *Belemnopsis* à grand sillon allant de l'alvéole à la pointe du rostre. Ce sont *Belemnopsis calloviensis* et *Belemnopsis grantana*.

Le DIVESIEN, surtout calcaire et marneux avec gypse, renferme deux niveaux dont l'inférieur est caractérisé par *Peltoceras athleta* et le supérieur par le genre *Metapeltoceras*. Les deux niveaux manquent au Sud de l'Onilahy et dans la province de Maintirano, mais au Nord de l'Onilahy et surtout dans la région de Sitampiky ils ont fourni de riches faunes. Il faut citer surtout la localité d'Ankirihitra, dans le district de Sitampiky, qui a fourni de très nombreux fossiles

pyriteux : *Peltoceras athleta*, *Putealicerias*, *Sindeites*, *Sublunuloceras*, etc., avec *Belemnites tanganensis*.

Le Divésien supérieur est surtout bien représenté dans le Nord-Ouest avec des marnes à *Metapeltoceras*, *Pachyplanulites* et *Belemnopsis calloviensis*.

L'ARGOVIEN est principalement calcaire. Il renferme *Proscaphites anar*, *Epimayaites transiens*, *Epaspidoceras*, *Taramelliceras*, *Belemnopsis gerardi*. Cet étage manque au Sud de l'Onilahy et dans la province de Maintirano.

LE KIMMERIDGIEN renferme trois termes :

Le niveau inférieur, généralement marneux ou calcaro-marneux, comprend deux zones avec le genre *Nebrodités* à la base et *Aspidoceras acanthicum* au sommet. La zone à *Aspidoceras* est la plus riche avec *Torquatisphinctes*, *Aspidoceras meridionale-longispinum*, *Belemnopsis casterasi*.

Ce niveau manque au Sud de l'Onilahy et dans la province de Maintirano.

Le Kimmeridgien moyen grésocalcaire et calcaire montre une riche faune à *Waagenia*, *Physodoceras*, *Metahaploceras*. Il est inconnu au Sud de l'Onilahy mais existe dans la province de Maintirano où se ferme ici la lacune stratigraphique.

Le Kimmeridgien supérieur est encore assez mal défini. Il est nettement caractérisé dans la province de Maintirano par l'existence de couches à *Streblites*.

PORTLANDIEN. — Signalons tout d'abord que nous distinguons ici un Portlandien recouvert par un Tithonique, ces deux formations n'étant pas des facies d'un même ensemble, mais bien deux étages superposés avec des faunes parfaitement différentes ne permettant aucune confusion.

Le Portlandien est caractérisé surtout par des *Virgatosphinctes* associés à *Hildoglochiceras*, *Haploceras*, *Aulacosphinctes*. Le facies est le plus souvent gréseux et glauconieux. Deux localités surtout ont fourni de très belles faunes : ce sont Antsalova dans la province de Maintirano et Anpranosamonta dans le district d'Analava. La Belemnite la plus abondante est *Hibolites clavifer*.

TITHONIQUE. — Cet étage est surtout calcaro-gréseux, parfois oolithique et glauconieux. La faune renferme *Aulacosphinctes*, *Blanfordiceras*, *Himalayaites*. Elle est absolument différente de la faune portlandienne. Les plus beaux gisements se trouvent dans

le Sud-Ouest (Matavilefo) et dans le district de Sitampiky. Cet étage est représenté aussi par des marnes à *Belemnites* et *Duvalia*.

Remarque. — Nous n'avons pas voulu surcharger cet exposé par une fastidieuse énumération de fossile. Ce qu'il faut retenir du Jurassique supérieur malgache c'est que, sauf au Sud de l'Onilahy et dans la province de Maintirano, il forme une série de sédimentation continue, surtout marneuse. Il s'y trouve de très nombreux horizons fossilifères où l'on a retrouvé presque toutes les zones classiques, en particulier les zones du Catch si bien connues grâce aux magnifiques travaux du docteur SPATH. La faune est principalement formée de Céphalopodes, Ammonites et Belemnites.

Par ailleurs, les zones marneuses du Jurassique supérieur qui forment une bande très continue tout le long de la côte ouest ont une grosse importance économique parce qu'elles donnent des sols très riches.

LE CRÉTACÉ.

INFRAVALANGINIEN. — Le faciès est calcaire et marneux et les principales Ammonites sont : *Kilianella pexiptycha*, *Thurmannites*, *Spiticeras*. Ce niveau, peu épais, est encore mal connu mais a été parfaitement identifié dans les provinces de Maintirano et d'Analalava.

VALANGINIEN. — Le Valanginien inférieur est formé de marnes et d'argiles à Belemnites avec surtout des *Duvalia*. Le Valanginien supérieur possède un double intérêt, celui d'unir une faune purement méditerranéenne à une faune très spéciale connue principalement sur les deux rives du canal de Mozambique et caractérisée par des Holcosphanidés spéciaux du genre *Rogersites*, et par *Belemnopsis africanus*. De nombreuses espèces de *Rogersites* endémiques ou sudafricaines s'unissent à des formes méditerranéennes comme *Neocomites neocomiensis*, *Hoplitoides*, *Neolissoceras*, *Duvalia dilatata*.

Le Valanginien supérieur est surtout formé de grès glauconieux.

HAUTERIVIEN. — La seule Ammonite signalée est *Leopoldia leopoldinus* et elle se place tout au sommet de l'étage. Mais l'Hauterivien est représenté par des

couches sans fossiles ou à *Belemnites pistilliformis*, *Duvalia*. C'est avec l'Hauterivien que se termine la grande lacune stratigraphique du Sud-Ouest. Actuellement, de tous les étages malgaches, c'est l'Hauterivien qui est le plus mal connu. Dans les provinces de Majunga et d'Antsalova il forme de grandes épaisseurs sans fossiles.

BARRÉMIEN. — Également peu connu, parce que représenté par des terrains généralement azoïques, le Barrémien a fourni des faunes en deux points : dans le Sud-Ouest avec *Paracrioceras* et *Saynella* et, dans le district de Sitampiky (découvertes en 1938), avec des Crioceratidés non encore déterminés. En ces deux points, les couches sont formées de grès verts très glauconieux.

APTIEN. — L'Aptien inférieur, surtout gréseux, n'a pas fourni de fossiles. L'Aptien supérieur, également gréseux possède deux zones : *Tropaeum jacki* à la base et des *Acanthoplites* et *Hypacanthoplites* au sommet. Des faunes sont connues dans les provinces de Tuléar, de Maintirano et d'Analalava.

ALBIEN. — L'Albien basal, équivalent du niveau de Clansayes est gréseux et renferme une faune très classique à *Acanthoplites nolani* et *Acanthoplites bergeroni*. Il est bien caractérisé dans la province d'Analalava et la campagne de 1938 l'a identifié dans le district de Sitampiky.

L'Albien inférieur, équivalent des couches à *Leymeriella* existe mais n'a pas fourni de fossiles.

L'Albien moyen renferme deux niveaux. Le niveau de base marneux ou gréseux, est caractérisé par *Douvilleceras mamillare* avec *Uhligella* et *Beudanticeras* tandis que le niveau supérieur, gréseux, parfois glauconieux, renferme la superbe faune à *Oxytropidoceras* et *Manuaniceras*. Ces Ammonites très spéciales, magnifiquement conservées sont très abondantes et ont fourni de nombreux sous-genres et espèces. L'horizon à *Oxytropidoceras* est souvent transgressif, en particulier dans l'extrême nord.

L'Albien supérieur est représenté par des couches à *Pervinquieria* et *Hysteroceas*. Le faciès est gréseux, calcaréo-gréseux ou argilo-marneux.

Enfin l'Albien terminal montre très localement dans le nord de l'île quelques espèces du rare genre *Budaiceras*.

CÉNOMANIEN — Le Cénomanién malgache est particulièrement bien connu grâce aux travaux paléontologiques de M. COLLIGNON. Le Cénomanién inférieur est généralement argilo-marneux avec gypse et renferme d'innombrables petits fossiles pyriteux. Le Cénomanién supérieur est surtout gréseux. On distingue dans l'étage les zones suivantes :

- | | |
|--------------------------------------------|-------------------------|
| 4. Zone à <i>Mantelliceras vicinale</i> | } Cénomanién supérieur. |
| 3. Zone à <i>Acanthoceras cunningtoni</i> | |
| 2. Zone à <i>Mantelliceras mantelli</i> | } Cénomanién inférieur. |
| 1. Zone à <i>Mantelliceras martimpreyi</i> | |

Dans le Cénomanién inférieur il faut citer les argiles de Diégo-Suarez qui ont fourni des milliers de fossiles. Ces argiles qui affleurent sur presque tout le contour de la baie de Diégo rendent les constructions très difficiles. Le grand bassin de radoub a eu de nombreuses vicissitudes, et il y a quelques années, de grands tanks à mazout posés sur ses argiles se sont fissurés.

Si le Cénomanién malgache renferme, par endroits, de nombreux fossiles, par contre, il est azoïque sur de vastes étendues, en particulier dans la région de Majunga.

TURONIEN. — Le Turonien inférieur, surtout gréseux, parfois calcaro-gréseux, possède une riche faune avec *Mammites*, *Fagesia*, *Neoptychites*, *Vascoceras*, etc. On y distingue deux zones d'Inocerames : *Mytiloides labiatus* à la base et *Inaequiceras inaequivalois* au sommet.

Le Turonien supérieur, gréseux, plus rarement gréso-calcaire renferme *Romaniceras* cf. *deverianum*, *Coilopoceras requiesianum*, *Prionocyclus neptuni*, *Protocardium hillanum* et de nombreux Oursins. Il y a encore deux zones d'Inocerames : *Striatoceras hospeni* à la base et *Proteoceras ernsti* au sommet.

C'est dans le Turonien que se placent les premières grandes coulées basaltiques : la coulée inférieure du Sud-Ouest et les grandes nappes du Nord-Ouest qui s'étalent depuis le Nord du Cap Saint-André jusque dans la région de Maromandia. Cette dernière coulée s'est épanchée entre le Turonien inférieur et le Turonien moyen.

CONIACIEN. — Le Coniacien possède un facies gréseux et gréso-calcaire avec *Barroisiceras* et *Gauthiericeras*. On distingue trois zones d'Inocerames qui sont

de bas en haut : *Cymatoceras koeneni*, *Stenoceras madagascariensis* et *Volviceras involutus*.

SANTONIEN. — Le Santonien malgache, qui correspond souvent à une régression des mers se présente surtout sous un facies lagunaire ou continental et manque souvent.

Dans le Sud-Ouest, en particulier dans la région de l'Analavelona, au Sud du Mangoky, le Santonien est représenté par des grès sans fossiles, à stratification entrecroisée, d'origine continentale, avec de minces intercalations de calcaires marins.

Mais c'est dans la province de Majunga que le Santonien lagunaire et continental est le mieux représenté, par des grès à stratification entrecroisée alternant avec des argiles et des grès à grands Dinosauriens (*Titanosaurus*). Ces couches s'allongent de la Mahavavy à la Sofia.

Dans le Menabe, le Santonien marin comprend, à la base, une zone à *Texanites Houregi* et, au sommet, une zone à *Bevahites bevahensis*.

CAMPANIEN. — Dans toute la moitié sud de l'île, on rencontre une grande nappé d'épanchement basaltique dont l'âge, non déterminé avec certitude, est compris entre le Coniacien et le Campanien moyen. Comme le Santonien, le Campanien inférieur correspond à un terme régressif qui manque souvent. Au Menabe, le Campanien inférieur, grésocalcaire, équivalent de la zone à *Placenticeras bidorsatum* est caractérisé par *Bevahites quadratus* et *Submortoniceras rennici*. Le Campanien moyen forme la base d'une série calcaro-marneuse, très transgressive qui s'est étalée également le long de la côte Est où elle forme le premier dépôt sédimentaire; ce sous-étage est caractérisé par *Delawarella delawarensis*. Le Campanien supérieur, gréseux, calcaire ou marneux renferme *Hoplitoplacenticeras vari*, des Oursins spéciaux (*Mokotibaster*), *Lepidorbitoides socialis*.

La stratigraphie du Campanien malgache a été assez délicate à réaliser car les divers dépôts, quoique très fossilifères, présentent des faunes souvent différentes qui sont difficiles à paralléliser. Les fossiles de facies abondent. Les Céphalopodes sont plus rares que dans les périodes précédentes. Les Oursins sont très abondants mais n'ont pas une grande répartition géographique. Les Rudistes existent, mais sont

fort rares. On en connaît seulement deux espèces.

Les Ammonites les plus communes se rapportent au genre *Pachydiscus*, mais la détermination des espèces est infiniment délicate. A. M. COLLIGNON revient le grand mérite d'avoir introduit de l'ordre dans ce groupe confus. Il faut citer aussi les genres *Mortoniceras*, *Hauericeras*, *Muniericeras*, *Diazicoras* et de nombreux Texanités.

Les Echinides ont révélé de très nombreux genres et espèces nouvelles décrits par J. LAMBERT. Les Lamellibranches et les Gastéropodes sont abondants. Parmi les huîtres les plus communes il faut citer : *Pycnodonta vesicularis* et *Alectryonia unguolata*.

MAESTRICHTIEN. — Ce terme est compris au sens large. Il englobe toute la partie supérieure du Crétacé. Le facies est surtout calcaire et crayeux. On distingue trois zones :

3. *Hemiaster hawkinsi*;
2. *Hemiaster madagascariensis*;
1. *Micraster trangahiensis*.

Les fossiles les plus fréquents sont des Echinides, associés à des *Pachydiscus* et à des Nautilés. Notons que la forme classique *Hercoglossa danica* se rencontre associée à des Ammonites, ce qui nous empêche de parler d'un étage danien.

Parmi les formes curieuses du Maestrichtien, signalons un Oursin, *Trypylus pseudoviviparus* qui renferme, dans ses pétales, des jeunes à divers stades de développement.

Le Maestrichtien avec un facies calcaire-gréseux, existe au-dessus du Campanien, sur une grande longueur de la côte est.

Remarque. — Dans le Crétacé malgache il faut séparer deux ensembles : le premier, correspondant sensiblement aux parties inférieures et moyennes du système, possède un facies surtout gréseux ; il existe quelques lacunes dans la moitié sud de l'île, tandis que, dans la partie nord, la sédimentation est continue et tous les niveaux classiques ont été reconnus et caractérisés par des faunes. Ce premier ensemble se termine par le Santonien régressif qui est surtout connu sous un facies continental. C'est vers la fin de cet ensemble que se sont épanchées les deux coulées volcaniques.

Le deuxième ensemble débute par la transgression généralisée du Campanien moyen et, pour la première fois, la mer envahit la côte est. Les dépôts sont alors surtout calcaires.

ÉOCÈNE.

Le passage du Crétacé à l'Éocène se fait d'une manière continue dans toute la partie médiane de la côte ouest, mais dans toute la région de Tuléar, une lacune correspond à l'Éocène inférieur, tandis que, dans la région de Diégo, le système débute par des grès continentaux à stratification entrecroisée. Ailleurs, la base de l'Éocène est toujours calcaire, mais peu fossilifère. L'Éocène inférieur se termine par des horizons à *Schizaster eopneustes*, *Linthia gibba*.

ÉOCÈNE MOYEN. — Avec un facies calcaire et quelques marnes, l'Éocène moyen est surtout caractérisé par la présence de *Nummulites ataticus* qui se rencontre dans tous les dépôts. On distingue en outre les zones suivantes :

4. *Porocidaris schmideli*;
3. *Nummulites acutus*;
2. *Nummulites distans*;
1. *Orthophragmina colcanapi*.

Ces quatre zones correspondent respectivement aux trois termes du Lutétien et au Bartonien. La stratigraphie de l'Éocène n'a été possible que grâce à M. DONCEUX qui a bien voulu déterminer tous les Foraminifères.

L'ÉOCÈNE a une répartition assez discontinue. La base existe seule dans la province de Maintirano. Après le Bartonien on ne connaît aucun affleurement et l'Éocène supérieur correspond à une régression marquée par une lacune stratigraphique, sauf peut-être dans le Sud-Ouest où il faut sans doute lui rapporter les calcaires avec marnes à huîtres, *Ostrea pelecydion*, autrefois rangés dans le Miocène.

OLIGOCÈNE.

L'Oligocène n'est connu que dans la petite île de Nosy Kalakajoro dans le Nord-Ouest où il a été reconnu par P. LEMOINE avec *Nummulites intermedius* et *Lepidocyclina dilatata*.

MIOCÈNE.

Dans l'Ouest-Nord-Ouest, le Miocène est légèrement discordant sur l'Eocène : il y a d'ailleurs plutôt discontinuité de sédimentation que discordance angulaire. Deux gisements sont classiques : Besalampy a fourni une belle faune à *Cyphus arenarius* et Echinides dans un facies calcaire parfois gréseux et l'île Mahakendy où l'on a trouvé dans des calcaires et des marnes : *Miogypsina irregularis* et *Operculina complanata* qui permettent de placer le niveau dans l'Helvétien. Ces faunes ont été décrites par MM. COLIGNON et COTTEAU.

Dans le Nord, P. LEMOINE a trouvé un Miocène transgressif avec facies calcaire et gréseux, très fossilifère, où il a distingué deux niveaux : un Aquitaniens supérieur à *Lepidocyclina mariae* et un Aquitaniens inférieur à *Lepidocyclina formosa*. Dans l'Extrême sud, la présence de *Cyphus arenarius* autorise le rattachement au Miocène de couches encore mal délimitées du plateau calcaire Mahafaly et de la falaise du cap Sainte-Marie.

NÉOGÈNE CONTINENTAL.

Avec le Miocène se terminent les dépôts marins. En de nombreux points de l'île, de puissantes formations continentales d'un âge mio-pliocène indéterminé, se sont déposées. Une des plus importantes, dite SÉRIE D'ANDRANOABO, gréseuse-argileuse, couvre une importante zone de l'extrême sud et passe latéralement aux sables de l'Androy; elle renferme de précieux niveaux aquifères. Dans les provinces de Morondava et de Majunga on trouve d'épais dépôts de grès à stratification entrecroisée, avec quelques restes de bois silicifiés qui sont rapportés au Pliocène.

Dans l'intérieur de l'île, de vastes dépôts lacustres remblaient des érosions profondes dans les hauts plateaux, entre Ambatolampy et Antsirabe. Avec une épaisseur qui dépasse parfois 150 mètres, ils ont le grand intérêt de renfermer des schistes bitumineux exploitables et du lignite. On y a trouvé quelques restes d'animaux : débris de tortue, os de héron, écailles cycloïdes d'un poisson Cichlidés, assez comparables à celles de l'actuel *Paratilapia polleni* (marakely), insuffisants pour fixer un âge. Néanmoins l'existence, vers le sommet de l'ensemble,

de coulées basaltiques non en rapports avec des formes volcaniques conservées et surtout la présence d'un recouvrement de hautes terrasses bauxitiques cuirassées indiquent un âge certainement ancien que nous rangeons dans le Néogène. Il importe de signaler l'extrême intérêt que cette formation présente du point de vue paléontologique car on peut espérer y trouver des Mammifères tertiaires ancêtres des subfossiles.

QUATERNAIRE. — L'étude du Quaternaire n'a pas encore été très poussée. Le régime climatique tropical, avec ses pluies abondantes et une érosion intense, détruit très facilement les terrasses dont il ne subsiste plus que de rares fragments. Pendant le Quaternaire il y a eu de nombreuses variations du niveau de la mer. En particulier, une transgression marine s'est avancée jusqu'à 70 kilomètres à l'intérieur des terres par le chemin des grandes vallées dans les provinces de Majunga et d'Analava et a déposé des Huîtres à une altitude de 30 mètres. La présence de fonds atteignant 80 mètres à l'embouchure de la Betsiboka, de la Loza, de l'Onilahy, témoignent de la présence de vallées immergées. Des lambeaux de plages soulevées à 30 et 40 mètres sont connus sur la côte nord-ouest et aussi dans l'extrême sud.

A l'intérieur des hauts plateaux, le lac Alaotra et la vallée du Mangoro sont bordés de deux niveaux de terrasses respectivement de 40 et 80 mètres. Il faut citer aussi les lacs aujourd'hui disparus d'Antsirabe et de Ranotsera du Sud.

Sur la Betsiboka on rencontre fréquemment un niveau de terrasse à 30 mètres et des lambeaux vers 80 mètres. La belle terrasse aurifère du Kamoro se trouve à 30 mètres.

Dans l'extrême sud, une formation quaternaire ancienne, formée surtout de sables éoliens, atteint une épaisseur de plus de 100 mètres.

Il serait imprudent à l'heure actuelle de tenter la coordination de ces observations. Nous dirons simplement qu'elles représentent un Quaternaire ancien.

Beaucoup plus récents sont les célèbres dépôts de la faune subfossile que l'on rencontre surtout dans des fonds d'anciennes mares ou lacs, à des altitudes très voisines des thalwegs actuels. Et

cette faune renfermée de grands Lémuriens, des Oiseaux géants, *Æpyornis* et *Mullerornis*, des Hippopotames, des Tortues géantes qui ont, à l'heure actuelle, complètement disparu.

REMARQUE.

Essayons de placer rapidement les divers étages malgaches dans leur cadre mondial. Le Karroo est intermédiaire entre celui du Sud-Afrique et le Gondwana indien, et il est plus voisin de ce dernier, car comme lui, il monte jusque dans le Jurassique moyen alors que le Karroo Sud-Africain se termine au Rhétien. Il se rapproche beaucoup aussi du Karroo de l'Est africain, du Tanganyika en particulier.

Les faunes marines intercalées dans le Karroo sont particulièrement instructives. Les Ammonites du Permien supérieur, les *Cyclolobus*, les *Xenaspis* sont souvent identiques à des formes de l'Himalaya et de la Salt Range. Les Ammonites du Trias sont très voisines de celles de Spiti. Il y a là des affinités sudasiatiques indubitables. Mais les rapports des Poissons nous amènent au Groenland. Il est bien difficile dans ces conditions de parler de provinces géographiques.

La faune du Bathonien supérieur présente de remarquables ressemblances avec les faunes de l'Inde et de l'Afrique Orientale. Les Macrocephalidés, les Périssphinatidés y sont spéciaux et n'offrent que peu de points communs avec les faunes de pays plus éloignés. Au Jurassique supérieur des affinités étroites subsistent avec les deux pays mais il s'introduit des espèces de répartition universelle : *Reineckeia anceps*, *Peltocheras athleta*, *Waagenia hybonota*. Vers la fin du Jurassique supérieur et surtout au début du Crétacé, des influences méditerranéennes se manifestent avec l'apparition des *Duvalia*, mais il persiste un cachet sudafricano-indien avec la faune à *Rogersites*.

A mesure que l'on s'élève dans le Crétacé, les faunes perdent de plus en plus leur caractère de localisation. Il y a néanmoins des formes spéciales, mais d'habitat très aberrants. C'est le cas des *Oxytropidoceras*, abondants surtout à Madagascar, en Afrique australe et au Texas.

Avec le Sénonien supérieur et la transgression

campanienne, s'il se conserve encore des formes spéciales au canal de Mozambique (*Pseudoschloenbachia*, *Diaziceras*) ou aux rives de l'Océan Indien, la faune devient ubiquiste. Il en est de même au Tertiaire où les mers sont encore largement ouvertes. Et tandis que les faunes marines prennent un caractère d'universalité, la faune et la flore insulaire se spécialisent de plus en plus pour aboutir à l'endémisme si fortement accusé de l'époque actuelle. Et c'est pourquoi, devant l'abondance des récoltes de fossiles marins effectués au cours de ces dernières années, nous déplorerons notre complète ignorance des Vertébrés tertiaires.

LES ROCHES ÉRUPTIVES RÉCENTES.

Tout l'ensemble des terrains sédimentaires que nous venons d'examiner est traversé par des roches éruptives diverses que nous classons sous la rubrique « roches éruptives récentes » par opposition avec les « roches éruptives anciennes ».

Les roches éruptives récentes peuvent se répartir en quatre groupes : roches éruptives post-liasiques, roches éruptives miocènes, roches éruptives pliocènes quaternaires.

Les roches éruptives post-liasiques forment des massifs, des filons, plus rarement des coulées. Du Nord vers le Sud, il faut citer : la série éruptive de l'Andavakoera, peut-être en relation avec une venue aurifère; la série de la province pétrographique d'Ampasindava formée de roches très diverses, souvent rares et curieuses et d'un gros intérêt spéculatif; la série éruptive du pays sakalave, comprenant surtout des granites et des gabbros, avec d'innombrables filons de dolérites et de microgabbros; la série des non moins innombrables filons à facies diabasique de la côte est.

Les roches éruptives crétacées sont représentées par les coulées de la côte ouest dont il a été question plus haut, mais aussi par les grandes coulées côtières de l'Est. Il faut y rattacher aussi le massif volcanique de l'Androy.

Nous citerons, pour mémoire, les roches éruptives miocènes (basaltes), localisées seulement dans l'extrême pointe nord de Madagascar.

Les roches éruptives pliocènes et quaternaires ont

un grand développement. On doit rapporter au moins au Pliocène les coulées de basalte et d'ankartrites du massif de l'Ankaratra qui ne présentent plus d'appareils volcaniques conservés et dont les coulées s'intercalent dans les sédiments lacustres de la région Ambatolampy-Sambaina. Les roches nette-

ment quaternaires constituent les volcans de la Montagne d'Ambre, de Nosy-Bé, de l'Ankaizina, de l'Itasy et d'Antsirabé; ces roches se rattachent aux basaltes, aux laves à néphéline, aux trachytes, aux phonolites, aux rhyolites. Les appareils volcaniques sont souvent parfaitement conservés et d'une grande fraîcheur.

TECTONIQUE.

Le socle ancien présente partout une structure isoclinale serrée résultant pour le moins autant des perturbations magmatiques de l'infrastructure que de tectonique tangentielle. Nous sommes là dans les zones profondes des racines de vieilles chaînes précambriennes. Les véritables structures plissées ne se rencontrent nettement que dans les séries supérieures. Les derniers mouvements importants participent de l'orogénèse hercynienne. Dans l'ensemble, le socle présente une direction générale des plis NNE, c'est-à-dire parallèle à la ligne de la côte orientale. Les pendages, souvent très inclinés, oscillent à l'Est et à l'Ouest. Des accidents locaux perturbent parfois cette régularité en donnant des segments est-ouest ou à structure tournante.

Alors que la série dévonienne des schistes et quartzites est encore fortement plissée, le groupe de la Sakoa, qui débute avec la tillite au Carbonifère inférieur, est monoclinale avec un pendage moyen de 20°. Avec de légères discordances viennent successi-

vement au-dessus le groupe de la Sakamena (10 à 15°), puis le groupe de l'Isalo (5 à 10°). Les terrains plus récents ont toujours jusqu'au Paléogène une très faible inclinaison. Les plis de fond alpins n'ont affecté Madagascar que d'une manière très atténuée. Les petites structures et flexures décelées dans la couverture sédimentaire reproduisent peut-être les ondulations du socle et les limites d'aires de subsidence (Sud du Cap Saint-André). Des structures plus importantes, mais très localisées, sont en rapport avec des massifs éruptifs (Andrafiavelo).

Dans la rigidité du socle malgache, les mouvements verticaux récents ont joué un rôle important. Eux seuls peuvent expliquer le relief chaotique et les grands escarpements de ce vieux pays. Un certain nombre de fractures ont été mises en évidence (falaise Antaimoro, Betsinisaraka, Mangory, Ranot-sara, faille tronquant l'extrême-sud); elles constituent des répliques aux fractures de l'est africain (Rift Valleys).

MÉTALLOGÉNIE ET GÉOLOGIE APPLIQUÉE.

Les types métallogéniques les plus caractéristiques sont les gisements de pneumatolyse, d'un intérêt économique essentiel, qui confèrent à la Grande Ile une physionomie minéralogique toute spéciale. Les pegmatites proprement dites renferment tout un cortège de gemmes (béryls, tourmalines, etc.), de minéraux radioactifs à hautes teneurs, de terres rares, de bismuth, zircon, etc. Les veines quartzieuses pegmatitiques sont souvent minéralisées en or et cuivre, plus rarement en plomb. Les veines aurifères sont extrêmement fréquentes mais encore peu exploitées. Les veines cuprifères sont connues en de nombreux

points (Vohémar, Betsileo); leur fréquence dans l'extrême-sud (Vohibory-Ampeniby) permet d'y parler d'une province cuprifère dont la prospection n'est qu'à ses débuts. Les filons pegmatoïdes à mica phlogopite, résultant de la réaction d'un ichor granitique sur des parapyroxénites constituent l'une de nos plus importantes richesses avec des réserves quasi inépuisables. Le cristal de roche avec ses qualités spéciales pour piézoélectricité et optique rentre aussi dans ce type de gisement.

Les gîtes orthomagmatiques comprennent le nickel lié à des serpentines (Valozoro, Ambolotarabe, Ambo-

sitra), la magnétité, les fers chromés et titanés en rapport avec des roches basiques (Ankarano, Tamatave, Vangoa).

Aux gîtes métamorphiques se rapportent le graphite, le grenat, le corindon, le manganèse, l'amiante. Le graphite est un élément essentiel de certains micaschistes et leptynites, mais il forme aussi des concentrations dans des pegmatites ou orthogneiss; les réserves sont énormes et la latéritisation donne de grandes facilités aux exploitations superficielles. Le grenat, élément très commun dans les paragneiss, fournit surtout des abrasifs et de la pivoterie. Le corindon et le rutile sont fréquents dans les contacts métamorphiques du granite. Le manganèse est connu en gros remplissage de brèche (pyrolusite et polianite du Sarobaratra) et en amas et filons dans l'extrême-sud (rhodonite, polianite, manganite, Sakoa, Ampanihy, Bekily). L'amiante est liée aux serpentines mais provient aussi de transformations d'amphibole. La magnétite et l'hématite sont souvent communes dans les quartzites. Le cuivre se trouve encore dans des cipolins au contact du granite (Ambatofan-gehana).

Les gîtes hydrothermaux sont l'exception, mais l'Andavakoera avec ses filons quartzeux à barytine a fourni plus de six tonnes d'or en dix années.

L'évolution pédologique des sols conduit parfois à la formation de cuirasses latéritiques ou ferrugineuses (cuirasses fossiles pliocènes). Dans les premières, les vraies bauxites sont rares. Les secondes sont peut-être susceptibles d'intérêt économique (hématite et limonite du Mahafaly à proximité du charbon de la Sakoa).

Les sources thermales sont nombreuses. Les unes sont en rapport avec des fractures (eaux sulfureuses), les autres, bicarbonatées calcosodiques, avec le volcanisme récent (Antsirabé).

Les terrains sédimentaires possèdent, à la base du Karroo, l'immense bassin charbonnier de la Sakoa et, vers le sommet, les manifestations hydrocarbonées du groupe de l'Isalo. Le facies mixte du Karroo terminal recèle des lignites et schistes bitumineux (Mahazoma, Kandrehô). Le Néogène lacustre de Sambaina a révélé récemment d'intéressantes couches de schistes bitumineux à haute teneur et des lignites.

HYDROGÉOLOGIE.

Les études hydrogéologiques ont principalement porté sur l'extrême sud. Le Mahafaly renferme des nappes aquifères exploitables par puits à faible profondeur à la base des sables roux sur substratum de marnes sénoniennes, ou éocènes et à la base des grès néogènes. Des nappes de circulation karstique ont pu être captées où l'on trouve parfois des Poissons aveugles. Dans l'Androy, outre les sous-écoulements des ouadi, il existe deux types de nappes aquifères : la base colmatée des cuvettes de sables blancs quaternaires (Amboyombe, Ambondro, Belo) et la nappe phréatique de base des sables néogènes; cette dernière seule peut fournir de gros débits. Dans ces régions à précipitations déficientes, les eaux sont souvent dures et un peu saumâtres mais on trouve néanmoins des points où l'hydrotimétrie totale ne dépasse pas 40° avec des teneurs en chlorure de sodium inférieures à un gramme au litre.

Contrairement à ce qui était admis, il y a encore peu de temps, les possibilités aquifères de l'extrême sud sont maintenant démontrées et l'hydrogéologie est en mesure d'apporter un très précieux concours à l'alimentation humaine et pastorale de ces pays riches en hommes et en bétail. Dès à présent une série de puits, d'une profondeur inférieure à 30 mètres, alimente des zones hier encore complètement dépourvues d'eau (Ionka, Malaindoza, Kotoala, sur le littoral de l'Androy) ainsi que la zone du plateau calcaire traversée par le chemin de fer de la Sakoa.

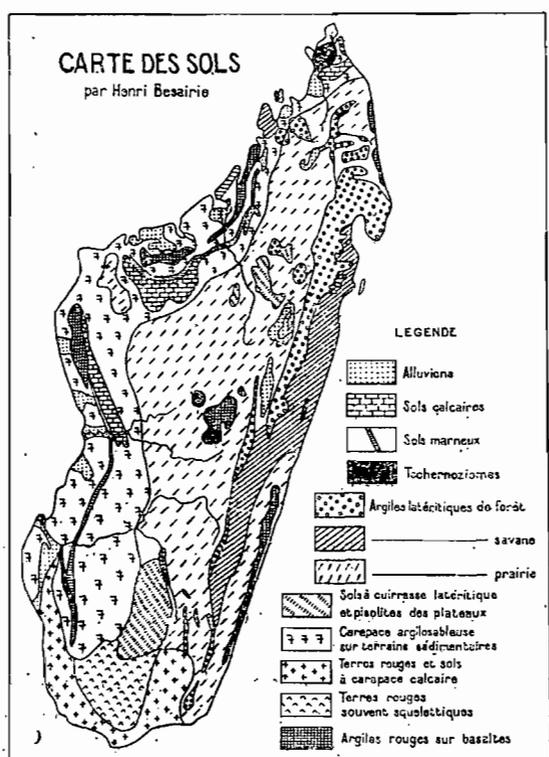
Une tendance heureuse se dessine nettement vers l'amélioration de l'alimentation en eau des villes, et l'hydrogéologie a permis de présenter des projets pour Manakara (nappe dunaire d'eau douce sur eau salée), Marovoay (nappe des grès crétacés), Maevatanana (captage dans les quartzites en relations avec la nappe alluviale de l'Ikopa).

PÉDOLOGIE.

Par sa position très allongée en travers du tropique et par ses fortes variations altimétriques et climatiques, Madagascar est un pays de choix pour les études pédologiques.

Les sols les plus fréquents sur les hauts plateaux sont des argiles latéritiques incomplètement évoluées.

Le relief très tourmenté et une érosion active ne permettent pas la conservation des surfaces horizontales nécessaires à la formation des cuirasses dont on connaît pourtant de vieux témoins pliocènes, bauxitiques ou ferrugineux avec nappes pisolithiques, sur les plateaux du Tampoketsa et de l'Horombe. Ces argiles latéritiques, terres pauvres surtout dans la steppe herbeuse, donnent, par suite de l'érosion qui met à nu les horizons inférieurs du profil (zone de départ kaolinique), des sols secondaires argileux qui, dans les bas-fonds, forment des terrains de cultures beaucoup mieux constitués.



Les terrains sédimentaires de l'Ouest sont recouverts par un sol dénommé *carapace sablo-argileuse*

sur les cartes géologiques. Il s'agit là surtout de formation remaniée par action éolienne et ruissellement, dans laquelle se produit une remontée ferrugineuse vers la surface mais qui n'atteint pas le stade latéritique, c'est-à-dire l'individualisation de l'alumine libre. On y connaît des cuirasses ferrugineuses. Ces sols sont à classer dans les terres rouges.

Dans la zone à climat sec du Sud et du Sud-Ouest, le sol dominant est une terre rouge (*terra rosa*), sables roux de la carte géologique, comportant fréquemment une carapace calcaire. Profonds et riches en principes fertilisants sur les terrains sédimentaires, ces sols deviennent squelettiques sur les gneiss de l'Androy manambovien. Dans l'Androy mandraréen, la carapace calcaire domine largement sur les gneiss riches en roches carbonatées (cipolins, amphibolites). Dans la zone subdésertique côtière du Sud-Ouest, de Tuléar au Cap Sainte-Marie, les sols salins sont fréquents.

Les zones volcaniques des plateaux (Montagne d'Ambre, Ankaizina, Itasy, Ankaratra) montrent une terre noire très humifère qui a tous les caractères des tchernoziomes.

Les alluvions ont un développement important dans les grandes vallées de l'Ouest, dans les zones marécageuses de la côte orientale et aussi en quelques points des plateaux (Ankaizina, Tananarive, Alaotra, Antsirabé, Ranotsara du Sud). Elles prennent les caractères pédologiques de leur zone climatique et d'une manière d'autant plus rapide que le niveau hydrostatique est plus bas. Alors que dans les zones inondables elles conservent un faciès argilo-silicaté, les alluvions anciennes des plateaux atteignent le stade latéritique (hautes terrasses de l'Alaotra, plaine de Ranotsara). Celles de l'Ouest deviennent ferrugineuses tandis que, dans l'extrême-sud, elles passent à la terre rouge.

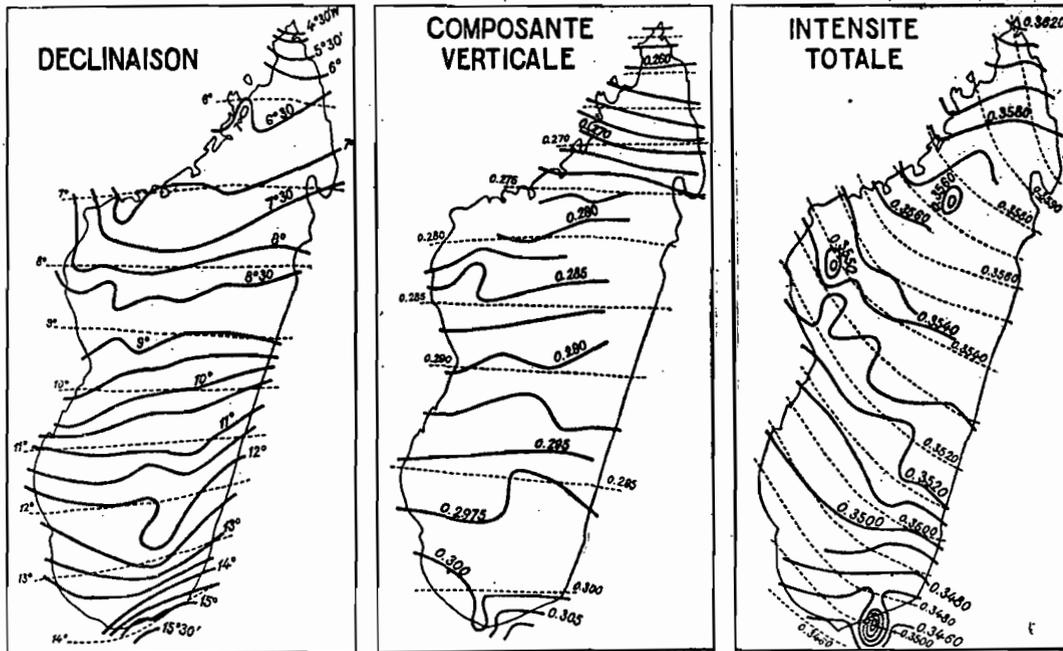
LA GÉOLOGIE PROFONDE ET LA GÉOPHYSIQUE.

Ces études ne sont encore qu'à leur début; elles ont uniquement porté sur le magnétisme terrestre. On connaît depuis longtemps la fréquence des anomalies magnétiques. Elles sont en rapport direct avec la constitution géologique du sous-sol. L'aimantation

rémanente des roches atteint ici et, surtout pour les roches granitiques, des valeurs exceptionnelles (jusqu'à $3.000 \cdot 10^{-6}$ U. E. M.). Tant pour la géologie profonde que pour la prospection, il était intéressant d'étudier de près le magnétisme terrestre.

Sans doute de telles études ne sont pas nouvelles et le Père COLIN de l'Observatoire, puis la Mission Carnegie, avaient donné dès 1921 une première ébauche de réseau magnétique. Mais il s'agissait alors de simples mesures physiques dans lesquelles les opérateurs ne se préoccupaient pas de la constitution pétrographique des stations. Aujourd'hui au con-

traire, une attention spéciale est donnée aux relations entre le magnétisme et les roches. Tandis qu'à l'Observatoire d'Ambohidempona le Père POISSON et ses collaborateurs étudiaient les environs de Tananarive, le Service des Mines étendait ses recherches à toute l'île. Un réseau magnétique de 530 stations a été établi (191 stations complètes, 320 déclinaison,



Cartes magnétiques au 1^{er} Janvier 1938. En traits pleins: isolignes des valeurs observées moyennes.
En traits: distribution régulière approchée.

sons, 390 composantes horizontales, 275 composantes verticales). Ces mesures ont permis de préciser la distribution normale des éléments magnétiques et d'établir des cartes magnétiques de première approximation. La carte de déclinaison a trouvé une utilisation accessoire mais de première utilité pour la navigation aérienne.

En l'absence d'investigations gravimétriques et électriques (qui débutent d'ailleurs actuellement), il est prématuré de chercher à lier les anomalies magnétiques à la géologie profonde. On ne peut manquer d'être néanmoins frappé par les variations du gradient des isolignes qui se traduit surtout par un resserrement aux deux extrémités de l'île. Si, en dehors de quelques idées sur l'emplacement des

grandes fractures, l'on ne peut encore donner des précisions sur des points importants de géologie profonde touchant les applications pratiques (allure du socle cristallin sous les sédiments en vue de recherches pétrolières ou hydrologiques), les études magnétiques ont déjà donné des indications utiles. A. SAVORNIN a montré la liaison des gîtes d'or alluvionnaire avec les concentrations de magnétite facilement décelables à la balance de Schmidt, la correspondance des poches à phlogopite avec des minima de la composante verticale.

HENRI BESAIKIE,

Géologue en chef des Colonies,

Correspondant de l'Académie des Sciences coloniales.

BIBLIOGRAPHIE.

- F. BLONDEL. — Bibliographie géologique et minière de la France d'Outre-Mer. Madagascar, p. 343 à 430. *Publications du Bureau d'Études géologiques et minières coloniales*. Paris, 1937.
- P. LEMOINE. — Études géologiques dans le Nord de Madagascar. Paris, 1905.
- A. LACROIX. — Minéralogie de Madagascar. 3 volumes. Paris, 1921-1923.
- H. BESAIRIE. — Recherches géologiques à Madagascar. Contribution à l'étude des ressources minérales. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 1930.
- H. BESAIRIE. — Recherches géologiques à Madagascar. Première suite. La géologie du Nord-Ouest. *Mémoires Ac. Malgache*. Tananarive, 1936.
- L. BARRABÉ. — Contribution à l'étude stratigraphique et pétrographique de la partie médiane du pays Sakalave. *Mémoires Soc. Géol. de France*. Paris, 1929.
- E. BASSE. — Etude géologique du Sud-Ouest de Madagascar. *Mémoires Soc. Géol. de France*. Paris, 1934.
- A. LENOBLE. — Études sur la géologie de Madagascar. *Mémoires Ac. Malgache*. Tananarive, 1940.
- H. BESAIRIE et A. LENOBLE. — Carte géologique de Madagascar, mise à jour en 1937, à l'échelle du 1/1.500.000° en deux feuilles. Service géographique. Tananarive, 1938.
- H. ERHART. — Traité de Pédologie Strasbourg, 1935.
- H. BESAIRIE. — Les sols de Madagascar. *Recherches sur le Sol*, vol. V, n° 3, Berlin, 1937.
- H. BESAIRIE. — Le réseau magnétique de Madagascar. *Bull. Soc. Sc. Nat. Toulouse*, 1941.
- PÉRIODIQUES :
- Paléontologie de Madagascar in Annales de Paléontologie*. Masson, Paris (20 fascicules).
- Annales géologiques du Service des Mines*. Tananarive (11 fascicules).
- Carte géologique de reconnaissance au 1/200.000° avec notices explicatives (44 feuilles publiées).

FASCICULE 6. — *Nouveaux échinides fossiles de Madagascar*, par JULES LAMBERT, 4 planches hors texte.

Additions à l'étude de la flore du groupe de la Sakamena (Madagascar), par ALFRED CARPENTIER, 1 planche hors texte.

Polypiens fossiles de Madagascar. — I. Formes du Crétacé de la province d'Analalava, par JAMES ALLOITEAU, 2 figures dans le texte, 1 planche hors texte.

Les gisements de zircon d'Ampanobe, par ANDRÉ LENOBLE, 2 figures dans le texte, 3 figures et 1 carte hors texte.

Études géologiques et magnétiques dans la région de Tsimbolovolo, par ANDRÉ SAVORNIN, 14 figures dans le texte.

Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1934.

FASCICULE 7. — *Les gisements de mica phlogopite du sud de Madagascar*, par ANDRÉ SAVORNIN, 7 figures dans le texte et 3 planches et 2 cartes hors texte.

Analyse de quelques concentrés d'alluvions du centre de Madagascar, par L. THIEBAUT, 1 figure dans le texte et 1 planche hors texte.

Contribution à l'étude de la déclinaison magnétique à Madagascar et de ses rapports avec la géologie, par HENRI BESAIRIE, 9 figures dans le texte.

Contribution à l'étude des sols de Madagascar, par HENRI BESAIRIE, 1 figure dans le texte.

Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1935.

FASCICULE 8. — *Les anomalies magnétiques à l'observatoire d'Ambohidempona (Madagascar)*, par CHARLES POISSON, 1 carte hors texte.

Esquisse structurale de la région de Maroantsetra-Antalaha-Andapa (nord-est de Madagascar), par ANDRÉ LENOBLE, 5 figures dans le texte, 3 figures hors texte.

Ammonites cénomaniennes du sud-ouest de Madagascar, par MAURICE COLLIGNON, 11 planches hors texte.

Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1936.

FASCICULE 9. — *Quelques données numériques sur le magnétisme des roches de Madagascar*, par CHARLES POISSON.

Le nouveau réseau magnétique de Madagascar, par HENRI BESAIRIE.

Mesures magnétiques effectuées à Madagascar de 1935 à 1937, par ANDRÉ SAVORNIN.

Ammonites maestrichtiennes de l'ouest et du sud de Madagascar, par MAURICE COLLIGNON.

Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1937.

FASCICULE 10. — *Le nouveau réseau magnétique de Madagascar (première suite)*, par HENRI BESAIRIE, 2 figures dans le texte.

Prospection magnétique à l'Ambohidranomoro (ouest de Madagascar), par ANDRÉ SAVORNIN, 1 figure dans le texte.

Fossiles cénomaniens et turonien du Menabe (Madagascar), par MAURICE COLLIGNON, 6 figures dans le texte et 11 planches hors texte.

Géologie de la région de Nosy-Varika (Côte orientale de Madagascar), par ANDRÉ LENOBLE, 4 figures, 5 planches hors texte.

Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1938.

FASCICULE 11. — *Les gisements de la phlogopite de Madagascar et les pyroxénites qui les renferment*, par ALFRED LACROIX.

Bibliographie des travaux géologiques sur Madagascar parus en 1939.

II. — MÉMOIRES HORS SÉRIES.

Monographie paléontologique de la province de Maintirano, par ÉLIANE BASSE, 1 vol. in-4°, 86 pages, 13 planches hors texte.

III. — CARTES GÉOLOGIQUES DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000.

Les cartes correspondant aux nouvelles coupures adoptées en 1926 du Système Carte Internationale du monde. Éditées en couleurs, elles comportent des coupes, une échelle des puissances pour les formations sédimentaires et sont accompagnées de notices explicatives.

Feuilles parues :

Nosy-Be (330) RS-32.33.	Antsalova (464) FG-46.47.
Ambilobe (331) TU-32.33.	Ankavandra (465) HI-46.47.
Anorotsangana (349) PQ-34.35.	Belo-sur-Tsiribihina (484) FG-48.49.
Ambanja (350) RS-34.35.	Miandrivazo (485) HI-48.49.
Antonibe (368) NO-36.37.	Antsirabe (488) NO-48.49.
Analalava (369) PQ-36.37.	Mahabo (504) FG-50.51.
Ampombilava (370) RS-36.37.	Ankilizato (505) HI-50.51.
Bealanana (371) TU-36.37.	Malaimbandy (506) JK-50.51.
Andapa (372) VW-36.37.	Midongy-Ouest (507) LM-50.51.
Antalaha (373) XY-36.37.	Ambositra (508) NO-50.51.
Majunga (387) LM-38.39.	Nosy-Varika (510) RS-50.51.
Tsinjomitondraka (388) NO-38.39.	Masomeloka (511) TU-50.51.
Port-Bergé (389) PQ-38.39.	Solila (526) JK-52.53.
Befandriana (390) RS-38.39.	Tsitondroina (527) LM-52.53.
Presqu'île Masoala (393) XY-38.39.	Fianarantsoa (528) NO-52.53.
Marovoay (407) LM-40.41.	Beroroha (545) HI-54.55.
Tsaramandroso (408) NO-40.41.	Ihosy-Nord (546) JK-54.55.
Maintirano (443) DE-44.45.	Ankaramena (547) LM-54.55.
Morafenobe (444) FG-44.45.	Ihosy-Sud (566) JK-56.57.
Beravina (445) HI-44.45.	Benenitra (585) HI-58.59.
Masoarivo (463) DE-46.47.	Betroka (586) JK-58.59.

IV. — CARTE GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE 1/1.500.000.

En deux feuilles en couleurs, mise à jour en 1937, par HENRI BESAIRIE et ANDRÉ LENOBLE.

Les annales sont en vente au Service des Mines à Tananarive et à la Librairie Cabel 36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, Paris (5^e). Les cartes géologiques sont en vente au Service Géographique à Tananarive, et au Service Géographique de l'Armée, 107, rue La Boétie, Paris (8^e).