N° D'ORDRE : 4

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Henri BESAIRIE

1re THÈSE

RECHERCHES GÉOLOGIQUES A MADAGASCAR
CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES RESSOURCES MINÉRALES

2e THÈSE

PROPOSITION DONNÉE PAR LA FACULTÉ :
ORIGINE DES SCHISTES CRISTALLINS

Soutenues le 10/12 1930 devant la Commission d'examen

Président : MM. CH. JACOB
Examinateurs { MICHEL-LÉVY
JOLEAUD

TOULOUSE
IMPRIMERIE HENRI BASUYAU & Cie
8, RUE DES RÉGANS, 8

N° D'ORDRE : 4

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Henri BESAIRIE

1re THÈSE

RECHERCHES GÉOLOGIQUES A MADAGASCAR
CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES RESSOURCES MINÉRALES

2e THÈSE

PROPOSITION DONNÉE PAR LA FACULTÉ :
ORIGINE DES SCHISTES CRISTALLINS

Soutenues le *1930 devant la Commission d'examen*

Président : MM. CH. JACOB
Examinateurs { MICHEL-LÉVY
JOLEAUD

TOULOUSE
IMPRIMERIE HENRI BASUYAU & Cie
8, RUE DES RÉGANS, 8

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen	C. MAURAIN, *Professeur*,	Physique du globe.
Doyens honoraires	P. APPEL, M. MOLLIARD.	
Professeurs honoraires. .	A. JOANNIS.	
	H. LE CHATELIER.	
	H. LEBESQUE.	
	A. FERNBACH.	
	A. LEDUC.	
	E. HÉROUARD.	
Professeurs	Emile PICARD. . .	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	G. KŒNIGS.	Mécanique physique et expérimentale.
	E. GOURSAT.	Calcul différentiel et calcul intégral.
	P. JANET.	Electrotechnique générale.
	F. WALLERANT. .	Minéralogie.
	P. PAINLEVÉ. . . .	Mécanique analytique et mécanique céleste.
	Gabr. BERTRAND.	Chimie biologique.
	Mme P. CURIE. . .	Physique générale et radioactivité.
	M. CAULLERY. . .	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	G. URBAIN.	Chimie générale.
	Emile BOREL. . . .	Calcul des probabilités et Physique mathém.
	L. MARCHIS.	Aviation.
	Jean PERRIN. . . .	Chimie physique.
	Rémy PERRIER. .	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
	H. ABRAHAM. . . .	Physique.
	M. MOLLIARD. . . .	Physiologie végétale.
	E. CARTAN.	Géométrie supérieure.
	L. LAPICQUE. . . .	Physiologie générale.
	E. VESSIOT.	Théorie des fonctions et théorie des transformations.
	A. COTTON.	Physique générale.
	J. DRACH.	Application de l'analyse à la géométrie.
	Charles FABRY. .	Physique.
	Charles PÉZEZ. .	Zoologie.
	Léon BERTRAND.	Géologie structurale et géologie appliquée.
	R. LESPIEAU. . . .	Théories chimiques.
	E. RABAUD.	Biologie expérimentale.
	P. PORTIER.	Physiologie comparée.
	E. BLAISE.	Chimie organique.
	P.-A. DANGEARD.	Botanique.
	Paul MONTEL. . .	Mécanique rationnelle.
	P. WINTREBERT.	Anatomie et histologie comparées.
	O. DUBOSCQ. . . .	Biologie maritime.
	G. JULIA.	Mathématiques générales.
	A. MAILHE.	Etude des combustibles.
	L. LUTAUD.	Géographie physique et géologie dynamique.
	Eugène BLOCH. .	Physique théorique et physique céleste.
	Henri VILLAT. . .	Mécanique des fluides et applications.
	Ch. JACOB.	Géologie.
	P. PASCAL.	Chimie minérale.
	Léon BRILLOUIN.	Théories physiques.
	V. AUGER.	Chimie appliquée.
	E. ESCLANGON. . .	Astronomie.

E. PÉCHARD.	Chimie (Ens. P. C. N.).
M. GUICHARD. . . .	Chimie minérale.
A. GUILLET.	Physique.
G. MAUGUIN.	Minéralogie.
L. BLARINGHEM. .	Botanique.
A. MICHEL-LÉVY.	Pétrographie.
A. DEREIMS.	Géologie.
A. DENJOY.	Calcul différentiel et intégral.
H. BÉNARD.	Physique (P. C. N.).
E. DARMOIS.	Physique.
G. BRUHAT.	Physique.
H. MOUTON.	Chimie physique.
L. JOLEAUD.	Paléontologie.
M. JAVILLIER. . . .	Chimie biologique.
A. DUFOUR.	Physique (P. C. N.).
F. PICARD.	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
ROBERT-LÉVY. . .	Zoologie.
L. DUNOYER.	Optique appliquée.
A. GUILLIERMOND	Botanique (P. C. N.).
A. DEBIERNE. . . .	Radioactivité.
M. FRÉCHET.	Calcul des Probabilités et Physiques mathémat.
Mme RAMART-LUCAS	Chimie organique

Secrétaire. . . . . A. PACAUD.

PREMIÈRE THÈSE

RECHERCHES GÉOLOGIQUES A MADAGASCAR

Contribution à l'étude des ressources minérales

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

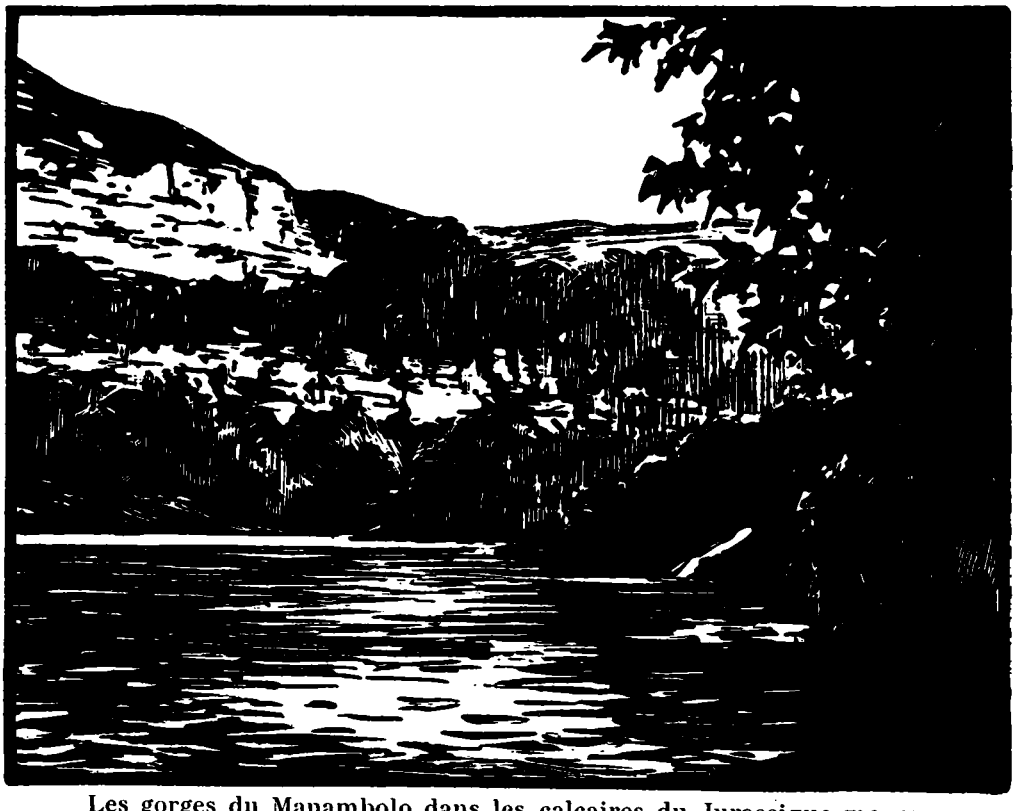
A MA MÈRE

A MON MAITRE

le Professeur CH. JACOB



Escarpement des argiles rouges supérieures à la base de l'Isalo



Les gorges du Manambolo dans les calcaires du Jurassique moyen

INTRODUCTION

Le mémoire que je présente ici expose les travaux que j'ai effectués à Madagascar de 1926 à 1929. Attaché comme géologue au Service des Mines, mes recherches se sont orientées surtout vers l'étude de la prospection des ressources minérales, ce qui m'a conduit à étudier des régions diverses, souvent très éloignées les unes des autres.

Ma première mission eut pour but la reconnaissance du bassin charbonnier du Sud-Ouest. Une étude détaillée des formations du Karroo de cette région m'amena à la conclusion que la base du Karroo présentait toujours un faciès charbonnier. Il devenait, dès lors, très intéressant de chercher si ces couches n'affleuraient pas ailleurs et, dans ce but, j'ai dirigé mes efforts sur les séries sédimentaires anciennes du Nord de l'île. Le bassin charbonnier du Sud-Ouest se trouvant à une certaine distance de la mer, j'ai été amené aussi à étudier toute la série stratigraphique du Secondaire et du Tertiaire, dans le dessein de reconnaître s'il y n'y avait pas possibilité de retrouver le charbon plus près de la mer et à une profondeur raisonnable. Des questions de recherches d'eau firent prolonger mes explorations dans le Sud de l'île.

Une deuxième mission me donnait à étudier, au point de vue des recherches de pétrole, les régions sédimentaires de l'Ouest, où des anticlinaux venaient d'être découverts. La faible intensité du plissement m'amena à déterminer, avec le plus de précision possible, des horizons paléontologiques facilement reconnaissables, de manière à pouvoir déceler les mouvements par nivellement.

J'ai étudié enfin, dans les schistes cristallins, les gisements de phlogopite qui constituent une des grandes richesses minières de Madagascar.

Je dois remercier, en premier lieu, mes chefs de service,

M. GOURSAT, puis M. GUILLANTON, qui m'ont confié les études dont il vient d'être question et auprès de qui j'ai toujours rencontré une aide très efficace. Dans la brousse, j'ai eu recours constamment à l'appui des autorités administratives. J'adresse mes remerciements les plus sincères à MM. GUITHOU et VIVALDI, chefs de province, à MM. les chefs de postes DELBERGHE, DUHAMEL, PATON, PITOU, TIVERNET. J'ai de grandes obligations envers des colons; M. JAMET m'a accompagné à plusieurs reprises dans la région du Sud-Ouest qu'il connaît si bien; MM. ROLLET et PÉLISSIER m'ont abondamment documenté sur les gisements de mica. J'ai usé largement des notes et croquis que COLCANAP a consacrés aux formations secondaires de la province de Betioky et qui sont conservés dans les archives du Service des Mines. Enfin, j'ai pu, au cours de conversations, bénéficier de la grande expérience de M. H. PERRIER DE LA BATHIE. Je ne veux pas oublier le géomètre indigène RANDRIANARIVONY qui m'a accompagné dans toutes mes tournées et en qui j'ai trouvé un collaborateur dévoué.

Durant mon séjour à Madagascar, où je ne disposais que de moyens bibliographiques très réduits, j'ai été souvent bien embarrassé pour effectuer l'étude indispensable de certains matériaux. J'exprime ma profonde gratitude à M. A. LACROIX, qui a bien voulu déterminer mes roches, à M. M. BOULE et à ses collaborateurs, M. J. COTTREAU, et Mlle E. BASSE, qui ont examiné mes envois de fossiles.

Mes études de la région d'Antsalova ont été grandement facilitées par mon collègue et ami, R. SCHNAEBELÉ, qui a mis à ma disposition ses levers d'itinéraires.

A mon retour en France, j'ai trouvé le plus grand concours auprès de Mlle E. BASSE qui a effectué, tant au Laboratoire de Paléontologie du Muséum qu'au Laboratoire de Géologie de la Sorbonne, l'étude paléontologique (1) d'une grande partie des fossiles que j'ai recueillis dans la province de Maintirano. M. J. LAMBERT m'a donné de nombreux conseils pour l'étude des Echinides. M. H. DOUVILLÉ a bien voulu déterminer certains de mes Foraminifères et examiner quelques-uns de mes autres fossiles.

(1) Cette étude, accompagnée de planches de fossiles, paraîtra prochainement. Les espèces nouvelles citées ici sont accompagnées de la mention BASSE *nov. sp.*

M. R. HEINZ a déterminé mes Inocérames (1). M. A. LANQUINE m'a donné quelques indications sur les faunes d'Ammonites du Jurassique. Les plus importants de mes polypiers ont été étudiés par M. ALOITEAU. M. BONNET m'a aimablement dirigé dans les collections de la Sorbonne. J'adresse aussi mes meilleurs remerciements à M. G. ASTRE qui m'a grandement aidé pendant l'impression de ce mémoire.

Mon maître, M. Ch. JACOB, à qui je dois ma vocation géologique, m'a ouvert son laboratoire et m'a constamment guidé dans la mise au point de mon travail. Je lui exprime ma respectueuse reconnaissance.

Je ne saurais oublier enfin que M. A. LACROIX et M. le Gouverneur général OLIVIER ont bien voulu faire subventionner ce travail, l'un par la caisse des recherches scientifiques, l'autre par la colonie de Madagascar et que M. le Gouverneur général CAYLA m'a donné les facilités nécessaires pour le terminer.

PLAN DE L'OUVRAGE

Cet ouvrage est divisé en six parties.

La première est réservée aux formations du Karroo. Elle comprend l'étude détaillée du Karroo du Sud-Ouest de Madagascar, une révision des termes malgaches de ce système que mes explorations ont complétée en plusieurs points, puis un essai de synthèse étendu à toute l'île de ce que nous savons à ce sujet. Viennent ensuite des comparaisons avec le Karroo de l'Afrique du Sud qu'il m'a été donné de visiter en 1929, lors du XVe Congrès géologique international. Cette partie se termine par l'étude du très grand bassin charbonnier de la région de l'Onilahy et des richesses minières de son substratum cristallin.

La deuxième partie achève la stratigraphie du Sud-Ouest. J'y examine les formations qui font suite au Karroo. Après une description du Secondaire, je donne un aperçu plus rapide du Tertiaire et du Récent dont la connaissance est nécessaire en vue des recherches d'eaux.

Dans la troisième partie, j'établis la succession stratigraphique de la province de Maintirano, telle que je l'ai reconnue; puis je

(1) Quelques formes nouvelles d'Inocérames seront prochainement décrites par R. HEINZ. Elles seront indiquées ici avec la mention HEINZ *nov. sp.*

fournis des considérations générales sur la recherche du pétrole à Madagascar, avec une étude de détail de l'anticlinal d'Andrafiavelo.

La quatrième partie traite des gisements de phlogopite. On y trouvera des généralités sur la préparation et les emplois de ce précieux minéral, une étude de ses conditions de gisement, les indices de prospection qui en résultent, puis une monographie des principales exploitations.

La cinquième partie comprend des notes paléontologiques. Les fossiles décrits ont été spécialement choisis parmi ceux que l'on rencontre le plus fréquemment et qui semblent les plus caractéristiques.

Enfin, dans la sixième partie, j'expose le résultat des travaux géodésiques que j'ai effectués pour servir de base aux levés de mes cartes géologiques. Des indications sommaires sur la précision des calculs accompagnent les tableaux de coordonnées.

PREMIÈRE PARTIE

SOMMAIRE

I. Le Karroo dans le Sud-Ouest de Madagascar. Stratigraphie (A. Groupe de la Sakoa; B. Groupe de la Sakamena; C. Groupe de l'Isalo). Tectonique.
II. Extension du Karroo dans le reste de Madagascar et résumé général de nos connaissances à son sujet (Voir la planche I : Les variations latérales du Karroo malgache).
III. Comparaison avec l'Afrique du Sud. L'âge du Karroo malgache.
IV. Le bassin charbonnier du Sud-Ouest de Madagascar.
V. Les produits miniers des schistes cristallins au voisinage du bassin charbonnier.

Les formations du Karroo constituent une partie très importante des terrains sédimentaires de Madagascar. C'est M. BOULE (1) qui, le premier, a rapporté au Karroo les couches de base de la série sédimentaire malgache. En 1910, pour la première fois, H. PERRIER DE LA BATHIE (2), a donné, dans un travail fondamental, une vue d'ensemble de ces formations. En 1919, il publiait une courte note dans laquelle il divisait le Karroo en trois séries (3). Entre temps, en 1912 et 1913, J. GIRAUD (4) avait été amené à étudier le Karroo du Sud-Ouest et de l'Ouest. En 1924, J. PIVETEAU consacrait quelques mois à l'étude du Sud-Ouest et donnait en 1926 un important travail (5) qui apportait, avec des précisions stratigraphiques, des arguments paléontologique permettant de fixer l'âge des horizons fossilifères. Le Karroo de

(1) M. BOULE. Sur l'existence d'une faune et d'une flore permienne à Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, t. 146, 1908, pp. 818-819.

(2) H. PERRIER DE LA BATHIE. Note sur la vallée permo-triasique et le contact des terrains métamorphiques et des terrains sédimentaires dans l'Ouest de Madagascar. *Bull. Economique. Madagascar*, t. 10, 2e trimestre, 1910, pp. 197-237, cartes et coupes.

(3) H. PERRIER DE LA BATHIE. Au sujet des couches les plus anciennes de la série sédimentaire du versant occidental. *Bull. Académie Malgache*, nouv. série, t. IV, 1918-1919 (1921), pp. 219-221.

(4) J. GIRAUD. Rapport de mission à Madagascar. *Nouv. Arch. Miss. Scient.*, nouv. série, 1914, pp. 11 à 18, 1 pl.

(5) J. PIVETEAU. Amphibiens et reptiles permiens. *Ann. Paléont., Pal. Mad.*, XIII, 1926.

l'Ouest était étudié en 1922 par L. BERTRAND et L. JOLEAUD (1), puis en 1924 et en 1926, par L. BARRABÉ (2).

Les études détaillées que j'ai effectuées moi-même (3), tant dans le Sud-Ouest que dans l'Ouest et dans le Nord, m'ont amené à modifier beaucoup de choses dans les travaux antérieurs. Ainsi que je le montrerai plus loin, le Karroo malgache présente de grandes ressemblances avec le Karroo africain, mais il m'est impossible d'appliquer à Madagascar les coupures admises pour ce dernier. L'existence de deux discordances dans le Karroo malgache me conduit à le diviser en trois groupes : Sakoa, Sakamena, Isalo.

(1) L. BERTRAND et L. JOLEAUD. Sur les terrains permiens et triasiques de l'Ouest de Madagascar. *Cr. Ac. Sc.*, t. 177, 1923, p. 1311.

(2) L. BARRABÉ. Contribution à l'étude stratigraphique et pétrographique de la région médiane du pays Sakalava. *Thèse Fac. Sc. Paris*, 1929, 270 p., pl. et carte.

(3) H. BESAIRIE. Sur les formations sédimentaires anciennes du Sud-Ouest de Madagascar. *C. R. somm. S. G. F.*, 1927, pp. 39-41.

H. BESAIRIE. Sur l'extension du bassin charbonnier du Sud-Ouest de Madagascar. *C. R. somm. S. G. F.*, 1928, p. 21.

H. BESAIRIE. Sur l'extension des calcaires à Syringopora dans le Sud-Ouest de Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, t. 186, 1928, p. 1228.

H. BESAIRIE. Carte géologique Sakamena-Sakoa, avec notice explicative (échelle 1 : 100.000). Tananarive, 1927.

H. BESAIRIE. Carte géologique du bassin charbonnier du Sud-Ouest de Madagascar, au 1 : 200.000. Tananarive, 1929.

CHAPITRE PREMIER

LE KARROO DANS LE SUD-OUEST DE MADAGASCAR

STRATIGRAPHIE

(Voir planche I : Coupes dans le Sud-Ouest de Madagascar.)

A - GROUPE DE LA SAKOA

1 - SCHISTES NOIRS ET CONGLOMÉRATS

Les terrains les plus inférieurs de la série sédimentaire de l'Ouest de Madagascar débutent par un ensemble de schistes noirs et de conglomérats avec quelques grès subordonnés.

Très analogues aux tillites de Dwyka du Sud-Africain, ces conglomérats, qui ont été bien souvent décrits sous le nom de *conglomérat de base,* affectent une grande variété de formes. On rencontre fréquemment la véritable argile à blocaux classique, à élément anguleux noyés dans une pâte argileuse ou gréseuse. Les blocaux, de grosseur variable, pouvant atteindre de grandes dimensions, sont presque toujours formés par des roches métamorphiques : gneiss, pegmatites, amphibolites, leptynites, quartzites, etc., mais ils sont parfois constitués par des schistes ou des grès sédimentaires. Ces éléments se répartissent sans ordre dans la pâte. On observe quelquefois, mais rarement, des lits caillouteux stratifiés. L'épaisseur des bancs de conglomérats varie depuis quelques décimètres jusqu'à une trentaine de mètres.

Les schistes noir sont argileux, très fissiles aux affleurements, où ils se décomposent en petites lamelles, et, parfois, en grosses boules qui, à leur tour, se débitent en petits éclats. Ces schistes forment des bancs qui atteignent des épaisseurs de quarante mètres. On y rencontre des blocs isolés de roches métamorphiques.

Les grès sont peu importants dans cet étage, où ils forment des intercalations de faible épaisseur. Fins ou grossiers, généralement d'une couleur gris-verdâtre, ils contiennent fréquemment de petits rognons de pyrite.

On connaît aussi dans le complexe de minces intercalations d'un calcaire marneux.

Les fossiles sont très rares. Les calcaires marneux sont azoïques; seuls, les schistes noirs montrent des empreintes de *Schizoneura*.

Les Schistes noirs et conglomérats n'affleurent que dans la région de l'Onilahy, depuis la partie inférieure du cours de l'Imaloto jusqu'à l'Est du Mont Vohibazaha, c'est-à-dire sur une longueur de plus de 100 kilomètres. Vers le Nord, sur l'Imaloto, le groupe supérieur de la Sakamena recouvre transgressivement tout le groupe de la Sakoa et vient reposer directement sur le massif cristallin.

Sur l'Imaloto, aux environs d'Ampasindrasoa, on voit la coupe suivante :

3 Schistes noirs et grès : 10 mètres.
2 Conglomérat : 8 mètres
1 Gneiss.

Dans les environs d'Ambohibaty, ces épaisseurs diminuent et il arrive que les schistes noirs disparaissent.

De l'Onilahy jusqu'au golfe du Vohibory, en passant par les golfes du Ianapera et de Bekopay, l'étage des Schistes noirs et conglomérats est peu épais. Le conglomérat, qui n'a que quelques mètres d'épaisseur, repose toujours directement sur les gneiss; les schistes noirs sont souvent absents. Parfois même tout cet étage manque; c'est le cas des environs du confluent de l'Ianapera avec un petit ruisseau, un peu en aval du village de Colcanap.

Au pied du Vohibory, la coupe de la rivière Andranomena montre deux bancs de conglomérats intercalés dans les schistes noirs. Le banc inférieur repose sur les gneiss. L'ensemble de l'étage a une épaisseur de cinquante mètres environ.

C'est dans la région de la Sakoa que l'étage dont il est question ici prend son plus grand développement. La puissance maximum atteint 150 mètres. On y trouve constamment deux niveaux de conglomérats. Le niveau inférieur ne repose pas toujours sur les gneiss, mais sur des schistes noirs qui, eux, recouvrent le métamorphique.

La Mavonono montre la coupe suivante :

6 Schistes noirs et intercalations de grès durs à petits nodules pyriteux.

5 Conglomérat.
4 Schistes noirs.
3 Conglomérat.
2 Schistes noirs et faibles intercalations de grès à nodules de schistes.
1 Gneiss.

Sur la Mahasora, le contact se fait directement par le conglomérat. Cette rivière offre une coupe magnifique. Le conglomérat, fortement entaillé par les eaux, montre des parois lisses, hautes de plusieurs mètres. J'ai relevé la succession suivante :

5 Schistes noirs.
4 Conglomérat : 3 à 4 mètres.
3 Une série de schistes noirs avec des intercalations de grès fins et de grès à blocs cristallins.
2 Conglomérat : 30 mètres.
1 Gneiss.

En allant vers le Sud, les épaisseurs de l'étage diminuent progressivement. Près de l'Irantgotsy, le conglomérat inférieur n'a plus que 6 à 7 mètres de puissance; les schistes noirs sont encore assez importants.

Dans la région de Sakamasy, les couches présentent de grandes variations. Epaisses de quelques mètres seulement à Tamotamo, elles atteignent plusieurs dizaines de mètres sur la Sakamasay et l'Irangotsy. On y trouve toujours les deux niveaux de conglomérats, mais des failles locales amènent parfois les schistes noirs à buter contre les gneiss, faisant disparaître ainsi une partie de la formation.

Plus au Sud encore, l'épaisseur diminue considérablement et ne peut se mesurer que par un très petit nombre de mètres. Vers le Sud d'Analahiva, l'étage n'a plus que 80 centimètres. Il paraît s'épaissir à nouveau à la lisière des bois d'Ambatomainty, mais les observations sont difficiles. Tout le groupe de la Sakoa est ici recouvert par des formations récentes très boisées.

Les coupes ci-dessus qui s'échelonnent sur plus de 100 kilomètres montrent que l'étage des Schistes noirs et conglomérats garde partout un faciès constant.

2 - COUCHES A CHARBON

Au-dessus des Schistes noirs et conglomérats vient une formation presqu'exclusivement gréseuse renfermant les niveaux de

charbon. Les grès sont durs, fins ou grossiers, parfois conglomératiques, généralement feldspathiques. Ils renferment de petits nodules de pyrite et des grains de grenat. Les grès inférieurs sont généralement calcaires et, dans les coupes de rivières, fréquemment attaqués par les eaux qui y creusent des cavités. Les schistes sont rares et forment des lits peu épais. Au voisinage immédiat du charbon, on rencontre fréquemment un schiste gris perle d'un aspect très spécial qui est d'un bon secours pour la prospection.

Vers le milieu de l'étage, on peut suivre d'une manière très continue et sur plusieurs dizaines de kilomètres, un banc de grès arkosique très dur, à feldspaths blancs, d'une épaisseur variant de 2 à 8 mètres.

Les affleurements des couches de charbon seront décrits dans un chapitre spécial. Je me bornerai à dire ici que, partout où cette formation affleure, on y voit du charbon en couches régulières et continues.

L'étage des couches à charbon est assez riche en plantes. P. DE LA BATHIE a recueilli des empreintes dans les schistes de la rivière Ankazomanga. P. H. FRITEL a étudié ces récoltes et a reconnu (1) :*Schizoneura* SCHIMPER et MOUGEOT, *Gangamopteris cyclopteroïdes* FEISTM., avec les variétés *subauriculata, acuminata, attenuata, cordifolia.*

J'ai ramassé dans les schistes de la partie supérieure de l'étage, sur la rivière Mavonono :

Glossopteris indica SCHIMPER.
Schizoneura cf. *gondwanensis* SCH.

Il y a là un gisement assez riche; mais la faible épaisseur des schistes compris entre deux bancs de grès durs le rend difficilement accessible. Les schistes sont remplis d'empreintes représentant d'autres glossoptéridées, en particulier le genre *Gangamopteris* qui se distingue par l'absence de nervure médiane, bien que ce caractère puisse donner lieu à discussion pour certaines espèces. Ce serait le cas pour certaines formes de *Gangamopteris cyclopteroïdes* FEISTM. ou de *Gangamopteris angustifolia* Mc. COY. Le petit nombre d'échantillons recueillis et le mauvais état de

(1) P.-H. FRITEL. Sur la présence des genres *Gangamopteris* M'COY et *Schizoneura* SCHIMPER et MOUGEOT dans les grès de l'Ankazomanga (Sud de Madagascar). *C. R. Ac. Sc.*, t. 171, 1920, p. 963.

conservation de beaucoup d'entre eux, ne permettent pas de préciser.

L'épaisseur de l'étage des couches à charbon est d'environ cent mètres sur la plus grande partie des affleurements. Elle diminue considérablement vers le Sud, où dans la région d'Analahiva elle n'a plus que quelques dizaines de mètres.

3 - LA SÉRIE ROUGE INFÉRIEURE

Au-dessus des couches à charbon vient un complexe argilo-gréseux, puissant de plusieurs centaines de mètres, caractérisé par la présence d'argiles rouges et d'un grès verdâtre, mi-grossier, à feldspaths roses.

Je désigne sous le nom de « *Série rouge inférieure* », toutes les couches comprises entre les couches à charbon et le conglomérat de base de Sakamena. En particulier, les grès massifs de M. GOURSAT rentrent dans cette série. Ces grès ont, en effet, les mêmes caractères lithologiques que ceux qui sont intercalés dans les argiles rouges.

Les argiles sont toujours rouges à l'Ouest et au Sud du Vohibory-Vohipotsy, parfois elles sont légèrement sableuses. A l'Est de ces deux montagnes, elles deviennent un peu bariolées; mais le rouge domine beaucoup. Dans la région de l'Imaloto apparaissent des argiles vertes.

On trouve aussi des grès fins micacés, peu épais; quelques grès et schistes rouges et des bancs puissants de conglomérats. Il y a encore des couches peu épaisses d'un grès mi-grossier, vert foncé, cimenté par une pâte argileuse qui se rencontrent partout du Nord au Sud et exclusivement dans cette série.

Il est à peu près impossible de trouver des points de repère. Il n'y a aucun fossile, à l'exception de quelques bois silicifiés. La seule remarque à faire est l'abondance des conglomérats au sommet de la série et la présence occasionnelle d'éléments calcaires sans fossiles parmi ces conglomérats.

La coupe Bekinana (Andranomanitsy) - Befotaka, dans la partie Sud de la Sakoa montre :

4 Conglomérat de base des couches de Sakamena.
3 Plusieurs niveaux conglomératiques intercalés dans des grès grossiers avec bancs d'argiles rouges. Bois silicifiés abondants.

2 Alternances de grès verts à feldspaths roses et d'argiles rouges.
1 Passage progressif des grès blancs aux grès verts à feldspaths roses.
0 Couches à charbon.

Une coupe dans la région de l'Onilahy ou de l'Imaloto montrerait des choses analogues avec seulement, en plus, quelques argiles vertes.

J'ai rencontré dans la série rouge inférieure de la rivière Sakamasay une petite couche de charbon. J'insisterai là-dessus dans le chapitre réservé au charbon.

Par endroits, et principalement au voisinage des contreforts de schistes cristallins qui forment actuellement des éperons gneissiques au milieu de golfes sédimentaires, on voit la série rouge inférieure venir reposer directement sur les schistes noirs et conglomérats et s'étendre même jusque sur le métamorphique. Il est probable qu'ici ces éperons gneissiques constituaient des hauts fonds pré-Karroo, sur lesquels les couches à charbon ne se sont pas déposées.

Le ruisseau Ankazondrenitsa, affluent Ouest du Ianapera, au Nord de l'éperon d'Anjaha, montre d'une manière très nette la superposition avec légère discordance des grès verts à feldspaths roses sur les schistes noirs et conglomérats.

Le long de l'éperon de Bevalaha, on assiste, sur le versant Ouest, au recouvrement des couches inférieures par la série rouge. Sur le versant Est, cette série recouvre le métamorphique.

Dans le golfe de Vohipotsy, sur les petits ruisseaux affluents Sud de la Mahasora, en particulier sur l'Analaroa, on voit fort bien les argiles rouges s'étendre d'abord sur les schistes noirs, puis, plus au Sud, les recouvrir peu à peu et, ensuite, déborder sur le métamorphique.

Le même phénomène s'observe à Sakamasay et dans la région Sud où la série rouge inférieure recouvre tour à tour les couches inférieures.

Dans la région de la Sakoa, la série rouge inférieure a une puissance d'environ 500 mètres.

4 - LES CALCAIRES DE VOHITOLIA

Au-dessus des grès conglomératiques de la Série rouge inférieure, on rencontre localement des couches plus ou moins épais-

ses de calcaires à fossiles marins. Ces calcaires montrent que, pour la première fois, une invasion marine a pénétré dans le domaine laguno-continental du Karroo de notre région.

Je propose d'appeler ces couches *calcaires de Vohitolia* du nom d'un petit village situé sur la route de Betioky à la Sakoa. C'est là que j'ai rencontré pour la première fois une faune nettement marine dont il sera parlé plus loin. Ces calcaires sont bien développés sur le versant Ouest de la Sakoa, principalement le long du cours moyen de la rivière. Aux extrémités de cette zone, les calcaires sont fortement démantelés par la transgression qui déposa les puissants conglomérats formant la base des séries supérieures. Il subsiste néanmoins des îlots de calcaires entourés d'une ceinture de brèches. Ailleurs, les calcaires disparaissent, mais les éléments des conglomérats supérieurs en renferment une grande quantité.

Le faciès des calcaires est très variable; les uns sont noirs, les autres blancs. Certains sont formés de grosses oolithes rondes et ovoïdes, d'autres sont oolithiques de type normal. Les calcaires les plus fréquents sont gris blanchâtres et compacts. Il existe parfois des calcaires gréseux. Fréquemment, les affleurements calcaires sont silicifiés sur les crêtes.

Les collines de l'Hatakaliotsy formées par des calcaires et des calcaires gréseux s'élèvent au-dessus de la série rouge qui affleure un peu au Sud. A la base, une petite couche d'un conglomérat à ciment calcaire est surmontée par des grès calcaires, puis par des calcaires à traces d'organismes. Une forte épaisseur de calcaires gréseux, puis du calcaire compact, parfois bréchoïde, silicifié à la partie supérieure, forme le sommet.

En allant vers le Sud et jusque vers Befotaka, les calcaires sont bien développés et atteignent plusieurs mètres de puissance (20 mètres environ à Anjahambaky).

Le Mont Befotaka, îlot calcaire en place, encadré par le conglomérat est formé d'un calcaire gris, entouré de brèches, le tout fréquemment silicifié. On trouve dans les environs des nodules d'un calcaire gréseux très fin, sans fossiles.

Le calcaire de Vohitolia est identique à celui de Befotaka. Le petit pic calcaire situé un peu au Nord du Vohidola, et que je nomme le pic rocheux, montre à sa base les argiles rouges et les grès verts à feldspaths roses. Au-dessus, vient une lentille d'un calcaire bréchoïde, silicifié au sommet, tout à fait semblable à

celui de Befotaka. Un peu à l'Ouest, sur le flanc du Vohidolo, la lentille affleure encore. On peut la suivre au Sud jusqu'au Vohipotsykely, petit pic boisé dont le sommet est constitué par des calcaires silicifiés. Plus loin, elle disparaît sous le conglomérat.

Dans le golfe du Ianapera, les calcaires ont été très démantelés; mais il en subsiste encore quelques îlots : le plus important est recoupé par la piste de Benenitra à Sakalava.

En général, les calcaires sont peu fossilifères; leur nature très compacte ne permet pas d'isoler les fossiles. J'ai, néanmoins, recueilli quelques échantillons dans les environs de Vohitolia et, un peu plus au Nord, sur les collines de la rive gauche de la Sakoa. En outre, on rencontre assez fréquemment des calcaires à polypiers dont il sera parlé plus loin.

La faune de Vohitolia. — Les fossiles de Vohitolia proviennent des petits îlots calcaires qui forment une ligne discontinue depuis Vohitolia jusqu'à l'Est de l'Irantgotsy. Ces fossiles pris dans un calcaire très compact ne peuvent être dégagés et apparaissent accidentellement au hasard des cassures. On y trouve, d'après G. ASTRE (1) à qui j'ai soumis mes trouvailles :

Productus cf. *curvirostris* SCHELLWIEN.
Spirifer cf. *rectangulus* KUTORGA.
Avicula sp. (forme plissée). Cette espèce paraît être intermédiaire entre *Avicula* sp., du Dévonien de Néhou, et *Avicula depressa* VON KLIPSTEIN du Trias de Saint-Cassian.
Avicula sp. (forme lisse), très voisine d'*Avicula exilis* STOPPANI du Trias supérieur de Lombardie.
Scaldia sp.
Soleniscus sp.

La faune du versant Est de la moyenne Sakoa. — La piste qui va d'Ankilivalo à Bemalimatra traverse, au-dessus de la série rouge, un horizon calcaire assez fossilifère. Comme à Vohitolia, les fossiles ne peuvent se dégager. On trouve :

Débris de Poissons (écailles ganoïdes plissées, rayons de nageoires).
Pélécypodes de petite taille, dont la forme et l'ornementation rappellent le genre *Allorisma*.

(1) G. ASTRE. Invertébrés permiens marins de Madagascar. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. LVII, 2e trimestre 1928.

Moules internes d'un Gastropode de taille petite ou moyenne à coquille turriculée et allongée qui est peut-être une espèce du genre *Loxonema*.

Pélécypodes paraissant appartenir à une espèce du genre *Mygalina*.

Les calcaires à polypiers (1). — Le plus intéressant gisement dans les calcaires se trouve dans le bassin du Ianapera, au voisinage de Sakalava, sur la piste de Benenitra à Ankilimarovatsy. Il a été découvert par H. PERRIER DE LA BATHIE et les organismes qu'il renferme ont été considérés comme des Syringopora. J'ai recueilli toute une série d'échantillons dans ces calcaires qui se rencontrent d'ailleurs en de nombreux points à ce niveau et aussi à des niveaux plus élevés dans le groupe de Sakamena.

Ces organismes apparaissent en relief sur les calcaires. En coupe mince, ils se révèlent presqu'entièrement recristallisés. Certaines coupes montrent néanmoins que l'on a affaire à des polypiers caractérisés par une structure initiale fibreuse avec de la calcite colorée en jaune par suite de la fixation des matières organiques; les canaux sont visibles et remplis de calcite secondaire Le tout est pris dans une gangue calcaire très finement cristallisée. Aucun échantillon ne permet une détermination générique précise. D'autres exemplaires ont donné des coupes pouvant se rapprocher de la Dasycladidée que Pia a décrite dans l'Ouralien des Alpes sous le nom d'*Anthracoporella*. Malheureusement, l'état de conservation dans la roche ne permet pas une identification certaine. On ne peut voir les divisions sur une coupe transversale. Pour avoir une certitude, il faudrait pouvoir examiner des organismes conservés dans une roche silicifiée. Je ne possède pas de telles roches; mais je crois qu'il sera possible d'en trouver, les calcaires de ce niveau étant fréquemment silicifiés. Il convient donc, pour se prononcer, d'attendre de nouvelles récoltes.

Les calcaires examinés ici renferment également de petits bâtonnets de quelques millimètres de longueur avec un diamètre d'environ un milllimètre, en forme de fuseaux comportant un axe central silicifié. En coupe mince on ne voit aucune trace de struc-

(1) Je tiens à remercier ici M. CAYEUX, M. le chanoine DELÉPINE et M. EDWARDS, du British Muséum, qui ont bien voulu examiner ces calcaires.

ture qui permette une identification quelconque. D'après leur forme générale, il ne peut s'agir de Fusulines.

*
**

B - LE GROUPE DE LA SAKAMENA

Au-dessus des calcaires de Vohitolia formant le sommet du groupe de la Sakoa, vient un épais complexe schisto-gréseux à plantes et à reptiles avec quelques faibles intercalations calcaires que je propose d'appeler *Groupe de la Sakamena.* Ces deux groupes sont séparés par une *discordance pouvant atteindre une dizaine de degrés,* qui correspond à une des coupures fondamentales du Karroo Malgache. Tout le nouveau groupe est très transgressif. Au Sud de l'Onilahy, la présence d'un lambeau de grès appartenant à ce groupe et conservé au sommet du Vohipotsy au milieu d'une région gneissique, apporte la preuve que le groupe de Sakamena s'est étendu largement sur les schistes cristallins.

On rencontre également un lambeau de schistes sur le cristallin au Sud-Est de Ranohira.

1 - LE CONGLOMÉRAT DE BASE DU GROUPE DE LA SAKAMENA

Le conglomérat de base du groupe de la Sakamena est une très importante formation dont l'épaisseur peut atteindre une quarantaine de mètres et que j'ai suivie depuis le Sud d'Antararatsy jusqu'au Nord de l'Onilahy, c'est-à-dire sur près de 150 kilomètres. Plus au Nord encore, dans la région de Ranohira, je l'ai recoupée en plusieurs points. Formé de nombreux éléments cristallins auxquels se joignent des roches sédimentaires diverses, en particulier des calcaires du niveau de Vohitolia, ce conglomérat déborde souvent sur les couches inférieures et vient recouvrir directement le métamorphique. Au Nord de l'Onilahy et en aval d'Ampasindrasoa, il recouvre définitivement tout le groupe de la Sakoa.

Le conglomérat reposant parfois directement sur les schistes cristallins a souvent été confondu avec les conglomérats glaciaires de l'étage inférieur du Groupe de la Sakoa. On peut cependant les distinguer aisément. La pâte du conglomérat du groupe de la

Sakamena est beaucoup plus gréseuse et, en outre, les galets sont en grande partie empruntés à des roches sédimentaires que l'on ne trouve que rarement dans le conglomérat glaciaire.

Dans la topographie, un ressaut de terrain fort net marque toujours la limite de l'affleurement du conglomérat de base du groupe de Sakamena.

2 - LE COMPLEXE GRÉSO-SCHISTEUX

Au-dessus du conglomérat vient un complexe gréso-schisteux dont l'épaisseur peut atteindre un millier de mètres. On y rencontre des grès généralement fins, phylliteux, formant aux affleurements de grandes dalles ou des blocs rectangulaires, des grès verts argileux, des schistes francs, parfois ardoisiers, des schistes très argileux et se délitant en paillettes, des marnes argileuses tout à fait semblables aux mudstones de la série de Beaufort, des intercalations calcaires peu épaisses. La roche la plus caractéristique de cet ensemble est un grès vert légèrement argileux se décomposant en boules, puis en petits éclats et qui se rencontre en bancs puissants à divers niveaux. Les couches sont pauvres en fossiles et l'on ne peut y observer de zones paléontologiques pratiques. Les empreintes de plantes sont assez communes, mais mal conservées; ce sont toujours des *Glossopteris* et des *Schizoneura;* on ne rencontre pas de *Gangamopteris*.

Nous allons examiner les divisions lithologiques que l'on peut reconnaître dans le complexe, d'abord dans la région au Sud de l'Onilahy, puis dans la région Nord.

Région au Sud de l'Onilahy

Grès et schistes à intercalations calcaires. — Ces couches ne renferment que des débris végétaux à peu près indéterminables. Les grès sont micacés et se cassent en dalles et en blocs géométriques. Les schistes, d'un gris verdâtre, sont parfois ardoisiers. Les grès verts argileux à décomposition sphérique sont très abondants dans la région comprise entre l'Onilahy et le Sakamasay. Au Sud de cette dernière rivière, on rencontre en abondance un grès argileux jaunâtre qui forme des bancs épais.

Les intercalations calcaires sont fréquentes, mais se présentent

généralement d'une manière très discontinue. On voit des lentilles calcaires affleurer sur quelques dizaines de mètres, puis disparaître. Les calcaires les plus importants se rencontrent sur la ligne Mandabe, Savasy, Vohibondro. Au bouvier de Mandabe, on voit fort nettement la manière d'être de ces calcaires qui forment plusieurs petites couches épaisses chacune de quelques décimètres, séparées par des grès ou des schistes épais de 0 m. 50 à 2 mètres. A 500 mètres au Sud, tous ces lits calcaires s'épaississent et arrivent à former un banc unique, puissant d'une trentaine de mètres. L'affleurement des calcaires de Savasy est bien visible sur la petite butte qui domine le fleuve, à l'Est immédiat du village. Au Vohibondro, les calcaires forment une mince bande qui affleure sur le flanc oriental de la montagne. Cette ligne calcaire comprend souvent des calcaires à polypiers et s'intercale vers le milieu de la série qui nous occupe.

L'horizon calcaire de Vohipanana-Ambatokapika. — Une bande de calcaires à polypiers, épaisse de quelques mètres, s'allonge d'une manière continue depuis le Sud d'Ambatokapika jusqu'à l'Onilahy. Elle repose toujours sur un conglomérat à galets de quartz.

Les Grès à plantes et à reptiles. — Ces couches, lithologiquement semblables aux Grès et Schistes inférieurs, renferment quelques fossiles. Dans la région de l'Eliva, le capitaine Colcanap a autrefois trouvé des nodules à reptiles qui ont fait l'objet d'une étude où J. Piveteau a décrit (1) : *Hovasaurus Boulei* Piv., *Tangasaurus Menelli* Haugton, *Coelurosauravus Elivensis* Piv. et aussi un poisson *Atherstonia*. C'est également dans cette région que Colcanap a recueilli une empreinte de *Glossopteris indica* Sch., qui fut pendant longtemps le seul exemplaire du genre connu à Madagascar.

Jusqu'à présent, il semble bien que les gisements de reptiles du Sud de l'Onilahy soient localisés dans la région de l'Eliva. En effet, je n'en ai trouvé aucune trace ailleurs. Par contre, les restes végétaux sont partout assez abondants. Sur la rivière Sakamena, à 100 mètres au Nord du point où la piste de Masiaboay à Analahiva coupe la rivière, j'ai trouvé un riche gisement d'empreintes malheureusement altérées, mais où l'on reconnait néanmoins des

(1) J. Piveteau. Amphibiens et reptiles permiens. *Annales de paléontologie* (Paléont. de Madagascar), t. 13, 1926.

Glossoptéridées et *Schizoneura*. J'ai également rencontré dans des nodules de l'Eliva, et au Nord de cette montagne :

Glossopteris indica SCH.
Schizoneura cf. *gondwanensis* FEITSM.

Ces couches fournissent quelques bois silicifiés et des rognons calcaires semblables aux Stromatolites du cinquième groupe de Y. BRIÈRE (1).

Parmi les caractéristiques de cette série, il faut noter la présence de ripplemarks dans les grès durs et l'existence de curieuses concrétions gréseuses analogues à celles du littoral sablonneux de la Poméranie dont DEECKE a étudié la genèse (2).

Grès et Schistes verts avec intercalations d'argiles. — Le complexe grèso-schisteux se termine par des grès verts très durs formant de grandes dalles et par des schistes. Ces couches renferment des intercalations d'argiles rouges et vertes bien visibles en plusieurs points dans le lit de la Sakamena. Les grès montrent parfois des ripplemarks. Au confluent de l'Irangotsy et de la Sakemena, j'ai trouvé dans un grès vert des valves qui paraissent correspondre à des *Estheria*.

Région Nord de l'Onilahy

Dans la région au Nord de l'Onilahy, on ne retrouve pas exactement les mêmes faciès de roches et les coupures de la région Sud ne peuvent se conserver.

Les couches inférieures du groupe de la Sakamena renferment toujours, au moins jusqu'au Sud de Ranohira, des intercalations calcaires qui ont fourni les organismes problématiques ou Stromatolites étudiés par Y. BRIÈRE.

L'horizon calcaire de Vohipanana-Ambatokapika ne se prolonge pas au nord de l'Onilahy et son absence fait disparaître une de nos meilleures divisions. Au Nord de Ranohira, les formations schisto-gréseuses que je nomme *Couches de la Menamaty*, du nom d'un affluent Sud du fleuve Mangoky, présentent les successions suivantes :

(1) Y. BRIÈRE. Fossiles problématiques du Permien. *Annales de Paléontologie* (Paléont. de Madagascar), t. XI, 1924.
(2) W. DEECKE. Einige Beobachtungen am Sandstrande. *Centralb. fur Min., Geol. und Paleontol.*, 1926, pp. 721-727.

Schistes à plantes. — Le conglomérat de base du groupe de la Sakamena reposant directement sur les schistes cristallins est recouvert par des schistes épais d'une dizaine de mètres, riches en plantes. D'après des récoltes de H. PERRIER DE LA BATHIE, ZEILLER (1) a reconnu : *Schizoneura gondwanensis* FEIST., *Cladophlebis remota* PRESL., *Lepidopteris Stuttgartensis* BRONGT., *Danaeopsis marantacea* PRESL., *Taeniopteris magnifolia* ROGERS, *Voltzia heterophylla* BRONGT., *Naeggerathiopsis* cf. *lacerata* FEIST.

ZEILLER attribuait cette flore au Keuper, mais sa position, ainsi qu'on le verra plus loin, au-dessous des grès à *Rhinesuchus* cf. *senekalensis* VAN HOEPEN, infirme cette opinion. Une discussion s'est élevée jadis entre H. PERRIER DE LA BATHIE et J. GIRAUD, au sujet de la position des couches à plantes, le premier les plaçant tout à fait à la base de la série sédimentaire de la région, alors que le second, qui croyait à un contact par faille des sédiments et des gneiss, les mettait à plusieurs centaines de mètres au-dessus de cette base. Mes études ne peuvent que confirmer les déclarations de H. PERRIER DE LA BATHIE, à savoir que les couches à plantes sont bien à la base de la série sédimentaire visible et reposent en superposition normale sur les gneiss.

Schistes argileux. — Une série schisteuse, épaisse d'environ 200 mètres avec grès subordonnés fait suite aux schistes à plantes. Au Nord de Ranohira, ces couches renferment des nodules bitumineux, des schistes à Estheria ,et de rares empreintes végétales. A la partie supérieure, des grès ont fourni, sur les bords de la Menamaty, des restes d'un amphibien stégocéphale que J. PIVETEAU a rapporté à *Rhinesuchus* cf. *senekalensis* V. HOEPEN.

Schistes et Grès. — Les grès prennent plus d'importance; les schistes deviennent moins argileux et renferment des nodules grèseux sans fossiles, d'un aspect très particulier. Vers le sommet on trouve quelques niveaux lenticulaires d'argiles rouges. L'ensemble atteint une épaisseur d'au moins 200 mètres.

3 - LA SÉRIE ROUGE SUPÉRIEURE

Au-dessus du complexe gréso-schisteux vient, au Sud de l'Onilahy, une formation assez puissante où l'on rencontre des argiles ba-

(1) R. ZEILLER. Sur une flore triasique découverte à Madagascar par H. PERRIER DE LA BATHIE. *C. R. Ac. Sc.*, t. 153, 1911, pp. 231-234.

riolées, mais avec prédominance de la couleur rouge. Ces argiles sont intercalées dans des grès tendres, ce qui les distingue des argiles du sommet du complexe grèso-schisteux qui, elles, étaient intercalées dans des grès durs. D'une manière générale, les argiles sont surtout abondantes à la base. Elles forment de beaux affleurements à la butte du Manasoa, puis sur les falaises qui bordent à l'Ouest la vallée de la Sakamena et enfin dans le lit du cours supérieur de cette rivière. Dans cette dernière région, ces argiles ont été considérées, à tort, comme appartenant à la série rouge inférieure qui recouvre les couches à charbon. Le sommet de la formation est constitué par des grès chamois fins et micacés, pseudo-schisteux, bien visibles à Ampasindava. L'épaisseur de l'ensemble est d'une centaine de mètres. La série rouge supérieure se poursuit au Nord de l'Onilahy, et donne de beaux affleurements à la base de la chaîne de l'Isalo. Elle disparaît vers Ranohira.

Cette série ne renferme pas de fossiles.

*
**

C - LE GROUPE DE L'ISALO

Au-dessus du groupe gréso-schisteux de la Sakamena vient, en discordance, une épaisse formation gréseuse à structure entrecroisée qui constitue le *Groupe de l'Isalo*. Ce groupe est transgressif et s'avance plus ou moins loin sur les formations inférieures. C'est ainsi que, au Nord de Ranohira, il recouvre la série rouge supérieure. Plus au Nord encore, il s'étalera jusque sur les schistes cristallins.

Dans la région Sud de l'Onilahy, la chaîne de l'Isalo a été complètement démantelée et il ne subsiste plus que les escarpements du Tsiombitrimo et du Tainamboaratsy. La discordance qui sépare les deux groupes n'est que d'un petit nombre de degrés. Le plus souvent, les grès de ce groupe sont recouverts par des sables récents. Dans les rares affleurements, on les voit sous forme de grès blancs, tendres, mi-grossiers, parfois conglomératiques et, alors, à éléments de quartz très roulés, présentant généralement une structure entrecroisée. Au sommet du groupe, dans la région de Betioky, apparaissent des argiles sableuses rouges ou bariolées qui forment un niveau aquifère important.

Au Nord de l'Onilahy, les grès de l'Isalo prennent un grand

développement et affleurent sur de vastes surfaces. Leur puissance est beaucoup plus considérable qu'au Sud du fleuve. Ils présentent partout les mêmes caractères; ce sont des grès tendres, mal cimentés, à stratification oblique. Ils renferment des imprégnations ferrugineuses et certains bancs de grès possèdent un ciment de limonite. On n'y rencontre pas de fossiles, sauf quelques bois silicifiés.

La partie supérieure des grès de l'Isalo est recouverte par des calcaires sans fossiles qu'il est impossible de dater exactement, mais que je place, ainsi qu'on le verra plus loin, dans le Bajocien.

LE KARROO DU SUD-OUEST

	STRATIGRAPHIE	FAUNE ET FLORE
GROUPE DE L'ISALO	Argiles.	Sans fossiles
	Grès.	Bois silicifiés.
discordance		
GROUPE DE LA SAKAMENA	Série rouge supérieure.	Sans fossiles
	Grès et schistes verts.	*Estheria.*
	Grès à Reptiles et à plantes.	*Tangasaurus, Hovasaurus, Cœlarosauravus, Glossopteris.*
	Calcaires de Vohipanana.	Polypiers.
	Grès et schistes.	Plantes.
	Calcaires de Mandabe.	Polypiers.
	Grès et schistes.	Plantes.
	Conglomérat.	Sans fossiles
discordance		
GROUPE DE LA SAKOA	Calcaires de Vohitolia.	*Productus, Spirifer.*
	Série rouge inférieure.	Bois silicifiés.
	Couches à charbon.	*Gangamopteris, Glossopteris,*
	Schistes noirs et conglomérat.	*Schizoneura.*

TECTONIQUE

D'une manière générale, le bassin sédimentaire du Sud-Ouest de Madagascar a une allure très régulière. Les terrains reposent normalement sur les schistes cristallins, avec un pendage assez fort qui diminue jusqu'à l'horizontale en se rapprochant du canal de Mozambique.

Il y a néanmoins quelques dislocations. La plus importante est la faille qui limite à l'Est le bassin du Ianapera et qui se poursuit depuis Colcanap jusqu'au Nord de l'Onilahy où elle affecte encore très probablement les terrains situés au-delà du Vohibondro. Cette faille est orientée sensiblement Nord-Sud. La faille d'Iaborotsy lui est parallèle; au Sud du golfe de Bekopay, elle fait buter la série rouge contre les gneiss. En outre, on rencontre quelques failles de faible rejet dans le bassin de Bekopay (Bekinana-Iboaka) et au voisinage de l'éperon d'Anjaha.

On a beaucoup parlé de failles dans le bassin du Ianapera parce que l'on s'expliquait mal la disparition totale des couches à charbon et de la tillite en certains endroits très localisés : on y voyait la série rouge inférieure venir au contact des gneiss. Comme les contacts sont généralement masqués, il pouvait paraître plausible de penser à une fracture. J. Piveteau considérait ces contacts anormaux comme dus à une transgression de la série rouge inférieure. Je montrerai plus loin que les couches à charbon ne se sont pas déposées sur certaines arêtes gneissiques surélevées qui ont dû rester émergées. Cette émersion s'est accompagnée souvent d'une érosion qui a enlevé les schistes noirs et la tillite. Plus tard, la série rouge inférieure a donc pu reposer directement sur les gneiss ou sur une partie plus ou moins complète de l'étage des schistes noirs. Ceci se produit fréquemment le long de l'éperon gneissique qui limite à l'Ouest le golfe du Ianapera.

Dans le parcours des lits de rivières, on rencontre souvent des discontinuités apparentes causées par le glissement de bancs de grès sur les argiles rouges. Par suite de ruptures de pente très fortes, l'érosion creuse des gorges, facilitant ces glissements qui sont uniquement localisés au voisinage des rivières.

Une autre fracture importante est celle qui se poursuit depuis le Nord du confluent Andranomena-Ehazoara jusque vers Sakamasay. Le maximum de rejet est sur l'Andranomena où la Série

rouge inférieure réapparait sous les couches de Sakamena. Vers le Sud, les couches à charbon au contact de l'îlot gneissique de Tamotamo présentent des cassures qui s'interrompent pour reprendre dans la région de Sakamasay où elles forment un système de dislocations parallèles. La principale fait réapparaître les couches à charbon au milieu de la série rouge inférieure. Le contact avec les schistes cristallins se fait d'une manière anormale. Les schistes noirs sont redressés presque verticalement et il manque le premier niveau du conglomérat de base que l'on connaît à l'intérieur du petit golfe de Sakamasay.

Les formations du Karroo se sont déposées sur une surface gneissique assez ondulée, dont certains sommets ont dû rester émergés. Ceci explique la conservation de nombreux golfes de terrains sédimentaires s'avançant dans d'anciennes vallées des schistes cristallins. Des mouvements tectoniques de faible intensité ont donné naissance dans ces golfes à des rides anticlinales ou synclinales. En particulier, dans le prolongement Nord-Est de l'îlot de Tamotano, on observe une ride anticlinale bien développée.

Dans la région de la Sakamena, il ne semble pas y avoir de dislocations. Par contre, on y connaît des intrusions de roches éruptives. Certaines, qui sont des ankaratrites limburgitiques et des limburgites, forment des dykes qui recoupent les sédiments sans les déranger aucunement. D'autres, correspondant à des intrusions labradoritiques, redressent au contraire les couches sédimentaires et forment des noyaux anticlinaux. Un dôme est bien visible au Sud-Ouest de Befotaka, près de la route de Betioky à l'Eliva : on voit, dans un ravinement, une belle coupe d'argiles bariolées très redressées. Au contact de la labradorite, des grès ont été transformés en quartzites.

CHAPITRE II

EXTENSION DU KARROO DANS LE RESTE DE MADAGASCAR

Le groupe de la Sakoa n'affleure que dans la région de l'Onilahy. Les deux autres groupes se poursuivent avec un développement variable. dans toute la région Ouest et jusqu'à l'extrême Nord de l'île. Le groupe de la Sakamena correspond encore à un complexe schisto-gréseux avec prédominance des schistes. Le groupe de l'Isalo reste toujours essentiellement gréseux.

Le groupe de la Sakamena avec son conglomérat de base reposant directement sur les schistes cristallins affleure depuis la région de l'Onilahy jusqu'au Sud d'Ambatomainty (axe du Cap St.-André). Au delà, il est recouvert par le groupe de l'Isalo transgressif qui s'étale sur les schistes cristallins mais néanmoins les schistes du groupe de la Sakamena réapparaissent aux environs de Maevetanana, pour être à nouveau recouverts au Nord par les grès isaliens.

Dans toute la longueur des affleurements des couches du groupe de la Sakamena on trouve, à la base, des schistes à plantes contenant la faune découverte par PERRIER DE LA BATHIE et étudiée par R. ZEILLER (Ranohira, Sakamalio, Menamaty, Bemazava, Malaimbandy, Ankavandra, Maevetanana). Des Poissons sont connus de la région de la Sakeny (*Semionotus Labordei*, d'après J. PIVETEAU (1), récolte de M. GRANDIDIER). Le Poisson est contenu dans un nodule gréseux d'aspect bien différent des nodules à Poissons du Nord, mais semblable, par contre, à des nodules non fossilifères, assez abondants dans les niveaux supérieurs des couches de la Menamaty au Nord de Ranohira. PRIEM a signalé d'après des récoltes de H. PERRIER DE LA BATHIE, et provenant des schistes de Bemazava (vallée de la Sakeny), un Poisson qu'il rapportait avec doute au genre *Ptycholepsis*, mais que J. PIVETEAU rapproche plutôt du genre *Colobodus* (2).

*
**

(1) Renseignement oral.
(2) Renseignement oral.

PROVINCE DE MAINTIRANO

Dans la province de Maintirano, la série schisteuse est connue depuis longtemps sous le nom de couches d'Ankavandra.

Ces schistes renferment des plantes à la base (Amboriky à l'Est d'Ankavandra) et des *Estheria* que R. DOUVILLÉ a rapprochées de *E. minuta* ALBERTI. L. BERTRAND et L. JOLEAUD ont trouvé *Mytilus* cf. *psilonoti* et *Lingula* sp. L. BARRABÉ a montré l'intérêt de la présence de cette faune marine au milieu des couches à végétaux.

Dans la région du moyen Ranobe, un anticlinal fait affleurer des schistes renfermant des couches de charbon que L. BERTRAND et L. JOLEAUD rapportaient au niveau des couches à *Gangamopteris* de l'Onilahy. L. BARRABÉ, qui a étudié cette région en détail, y distingue deux séries. La série de base est formée par un complexe schisto-gréseux à charbon renfermant des plantes de détermination très douteuse : *Schizoneura, Taeniopteris, Gangamopteris* et des *Estheria.* La série supérieure comprend des grès et des schistes. L. BARRABÉ rattache le complexe à charbon au Karroo moyen (Ecca, Beaufort) et la série supérieure aux couches d'Ankavandra.

Je ne puis admettre le rattachement des couches à charbon du Ranobe aux couches à charbon de la Sakoa. Les déterminations de plantes sur des échantillons mal conservés sont bien trop problématiques. En outre, ces couches à charbon du Ranobe renferment des *Estheria* qui sont fréquentes dans les couches d'Ankavandra et d'une manière générale dans tout le groupe de la Sakamena, alors qu'on ne les connaît pas plus bas. Enfin, entre le niveau des couches d'Ankavandra et celui des couches à charbon de la Sakoa, il s'intercale dans la série stratigraphique une grosse épaisseur de terrain qui n'est pas représentée au Ranobe. Ces raisons me conduisent à réunir les deux formations du Ranobe en une même série équivalente aux couches d'Ankavandra. *Il résulte de ceci, que ces couches possèdent un faciès charbonnier qu'il est peut-être possible de retrouver dans la zone d'affleurement normale en bordure du massif cristallin.*

Le groupe de l'Isalo est représenté dans la province de Maintirano par une épaisse série gréseuse à bois silicifiés (*Araucaryoxylon, Cedroxylon*) à laquelle L. BARRABÉ a donné le nom de grès de Morafenobe. Ce sont toujours des grès tendres à stratification entrecroisée qui, vers le sommet de la formation ,se char-

gent de nombreuses intercalations argileuses. Les grès de Morafenobe ont une puissance au moins égale à 1000 mètres.

Au Nord de l'éperon cristallin d'Ambatomainty, les grès de Morafenobe débordent sur les schistes cristallins et recouvrent les couches d'Ankavanda qui réapparaissent dans la province de Maevetanana.

***

PROVINCE DE MAEVETANANA

Dans la province de Maevetanana, le groupe de la Sakamena est représenté par les schistes à plantes. H. PERRIER DE LA BATHIE a trouvé des gisements de végétaux à Maevatanana et, un peu plus au Nord, à Ambalazanakomby.

Les grès de l'Isalo changent légèrement d'aspect. « Ils sont toujours aussi grossiers et nettement encore d'origine fluviatile, mais leurs couleurs qui varient du blanc éclatant au rouge et au violet foncé sont si tranchées que nous les désignerons désormais sans scrupule sous le nom de grès bigarrés (1). »

Dans le Sud de la province, au voisinage d'Antanandava (district de Sitampiky), L. BERTRAND et L. JOLEAUD ont trouvé au sommet des grès, des intercalations de plaquettes gréseuses à *Myophoria vulgaris* SCHL., et à *Mytilus psilonoti,* se plaçant au milieu de couches à gypse et surmontées par le Lias supérieur à *Bouleiceras nitescens* THEVENIN.

Dans le Nord de la province, auprès d'Ampasimantera, H. PERRIER DE LA BATHIE a rencontré des bois silicifiés.

***

PRESQU'ILE D'AMPASINDAVA

L'exubérance de la végétation rend très difficile l'étude de cette région. Néanmoins H. PERRIER DE LA BATHIE a trouvé à la base de la série sédimentaire des schistes argileux à *Eopecten conitus,* fossile des grès bigarrés supérieurs et du Muschelkalk, qui, d'après cet auteur, paraissent se rattacher d'une manière très nette, par les grès du Sambirano et du Ramena, à la chaine gréseuse du

(1) H. PERRIER DE LA BATHIE. Vallée permo-triasique, *op. cit.*, p. 215.

Kalabenono que nous examinerons plus loin et qui appartient au groupe de l'Isalo. Il est donc probable qu'ici, encore, le groupe de l'Isalo s'avance transgressivement sur les schistes cristallins.

***

RÉGION NORD DE MADAGASCAR

La carte de la figure 1 (page 29), indique la répartition des terrains dont il va être question ci-dessous.

Dans le Nord de l'île, on rencontre à la base de la série sédimentaire un complexe schisto-gréseux à Poissons et à Ammonites, surmonté par une puissante formation gréseuse constituant la chaîne du Kalabenono, Antsakay, Ambohipiraka, Andavakoera, Tsaramborano.

LE COMPLEXE GRÉSO-SCHISTEUX

Le complexe gréso-schisteux de base renferme de nombreux fossiles connus depuis longtemps, mais qui n'ont fait l'objet que d'études sommaires.

A. S. WOODWARD, en 1910, étudia quelques nodules à Poissons et décrivit deux espèces nouvelles : *Coelecanthus Madagascariensis* et *Ecrinesomus Dixoni* (1). Le travail le plus intéressant est celui de H. DOUVILLÉ qui, à la même époque, fit connaître la faune d'Ammonites de l'Andavakoera (2) : il reconnaissait des formes pouvant se rapprocher de *Cordillerites angulatus* HYATT et SMITH, *Hedenstrœmia Kossmati* HYATT et SMITH, *Meekoceras gracilatis* WHITE *ou Meekoceras jolinkense* KRAFFT et DIENER, *Ophiceras Dieneri* HYATT et SMITH. Peu de temps après A. MERLE et E. FOURNIER indiquèrent des *Tirolites*, des *Otoceras*, puis des Poissons : *Platysomus, Dapedius, Amblyurus?, Lepidotus?, Pholidophorus, Pholidopleurus* (3). En 1924, F. PRIEM publia une étude des Poissons du Nord où il créa des espèces nouvelles :

(1) A. S. WOODWARD. On some permo-carboniferous Fisches from Madagascar. *Ann. a. Magaz. of Nat. History*, 8. ser., V, janv. 1910.

(2) H. DOUVILLÉ. Sur la découverte du Trias marin à Madagascar. *B. S. G. F.* (4) t. X, 1910, pp. 124-134.

(3) A. MERLE et E. FOURNIER. Sur le Trias marin du Nord de Madagascar. *B. S. G. F.*, t. X (4), 1910, pp. 660-664.

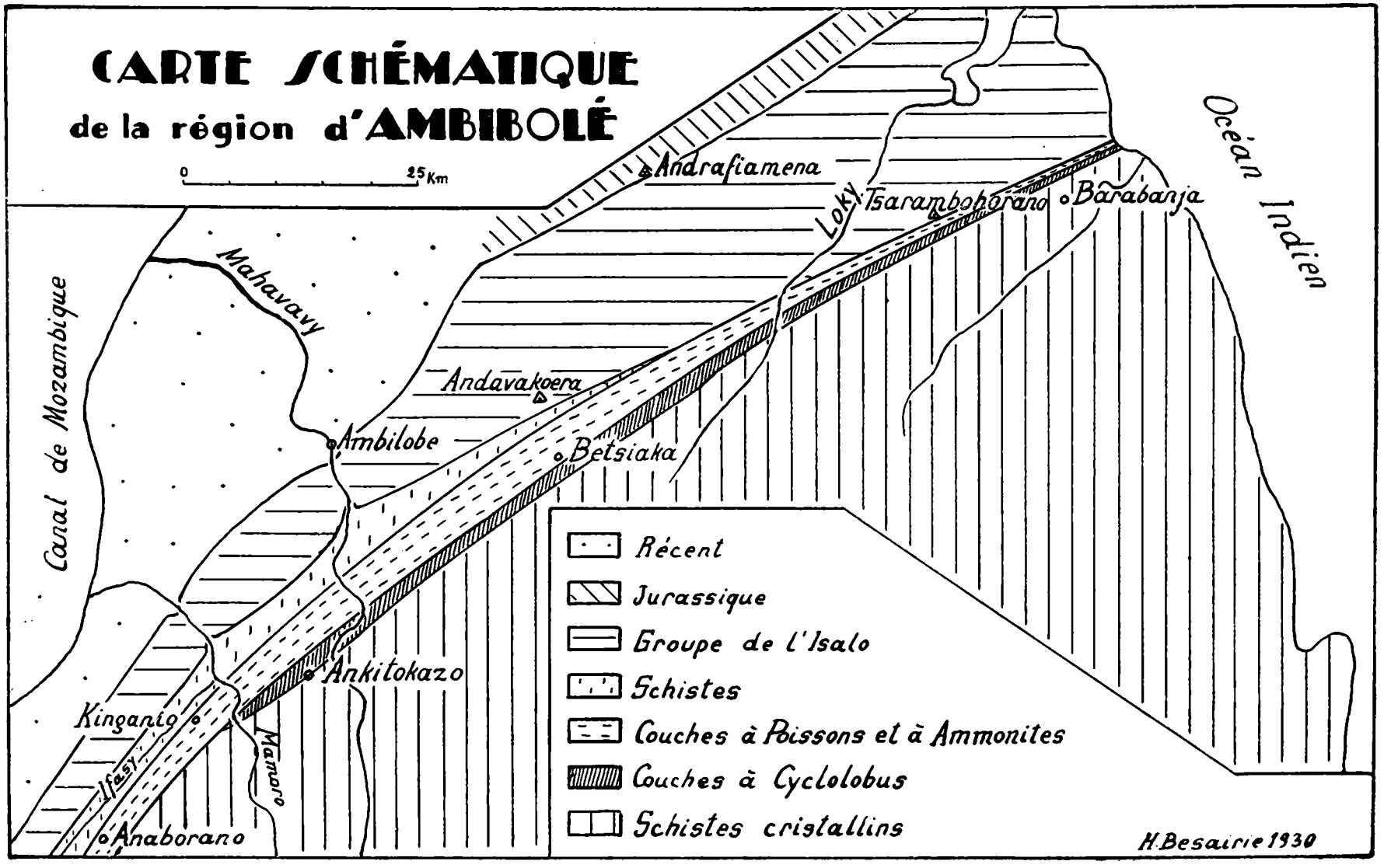

CARTE SCHÉMATIQUE
de la région d'AMBIBOLÉ
0
25 Km
Andrafiamena
Loky
Tsarambohorano
Barabanja
Océan Indien
Canal de Mozambique
Mahavavy
Andavakoera
Ambilobe
Betsiaka
Ankitokazo
Kinganio
Ifasy
Mamaro
Anaborano
Récent
Jurassique
Groupe de l'Isalo
Schistes
Couches à Poissons et à Ammonites
Couches à Cyclolobus
Schistes cristallins
H.Besairie 1930

FIG. 1

Semionotus Labordei, Pristisomus Merlei, Gyrolepsis[e] (?) *Gillioti* (1). La même année, J. COTTREAU, dans une note sommaire, fit connaître une nouvelle faune du Trias inférieur, recueillie par M. TOUSSAINT, à Barabanja (district de Vohémar) et renfermant : *Flemingites* aff. *compressus* WAAGEN, *Meekoceras* sp., *Aspidites* sp. (2). En 1926, Mme IDA-VAILLANT-COUTURIER-TREAT signala la présence du Permien supérieur marin (récoltes de M. Waterlot) avec : *Cyclolobus Walkeri,* DIENER, *Medlicottia Wynnei* WAAG., *Xenaspis carbonarius* WAAG., *Hungarites sp.* (3). Tout récemment J. PIVETEAU, dans une note préliminaire à un nouveau travail sur les Poissons malgaches, a donné quelques indications nouvelles (4).

Cet exposé bibliographique montre que le complexe gréso-schisteux est très fossilifère. Malheureusement une exubérante végétation et la présence d'éluvions latéritiques rendent son étude détaillée longue et difficile. Je me suis contenté d'y lever quelques coupes transversales, mais je n'ai pas eu le temps nécessaire pour suivre les couches en direction.

Région d'Anaborano sur Ifasy. — J'ai relevé, sur une coupe E.-O. passant par le village d'Anaborano, la succession suivante:

6 Grès de l'Antsakay (groupe de l'Isalo).
5 Série schisteuse masquée par les alluvions de l'Ifasy.
4 Argiles à nodules fossilifères (Est immédiat du village, plongement 5 à 10° Ouest) renfermant en abondance des Poissons et des Ammonites :

Cordillerites cf. *angulatus* H. et SM.
Meekoceras sp.
Pristisomus Merlei PRIEM (5).
Semionotus Labordei PRIEM.
Coelacanthus Madagascariensis A. S. WOOD.

3 Argiles et schistes argileux sans nodules.
2 Grès : 2 à 3 mètres.
1 Schistes argileux à nodules fossilifères (plong. 45° Ouest) :

(1) F. PRIEM. Les Poissons fossiles. *Ann. Paléont.* (*Pal. Mad.*), t. XIII, 1924 (p. 28, 7 pl.).

(2) J. COTTREAU. Nouveau gisement de Trias marin à Madagascar. *Bull. Soc. Géol. France* (4), t. 24, 1924, pp. 123-124.

(3) J. VAILLANT-COUTURIER-TREAT. Sur le Permien marin de Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, 1926, p. 1092.

(4) J. PIVETEAU. Sur un type nouveau de Poisson fossile provenant du Nord de Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, t. 189, n° 23, p. 1017, 2 décembre 1929.

(5) Tous les Poissons dont il est question dans ce chapitre ont été déterminés avec le mémoire de F. PRIEM.

Semionotus Labordei PRIEM.
Pristisomus Merlei PRIEM.
Meekoceras sp.

0 Gneiss.

Les schistes de 1 à 4 ont une puissance de deux à trois cents mètres. Le niveau 4 se poursuit très régulièrment vers le Nord. Il se montre très fossilifère à Babohendry, Mahatsara, Kinganio. On y trouve :

Meekoceras sp.
Semionotus Labordei PRIEM.
Pristisomus Merlei PRIEM.
Cœlacanthus Madagascariensis A. S. WOOD.
Gyrolepsis sp.

Au Nord de Babohendry, certains bancs de schistes renferment des empreintes végétales indéterminables.

A Kinganio, et au Nord de ce village, les schistes à nodules ne reposent plus directement sur les gneiss, mais sur des grès verts micacés, dont l'épaisseur augmente à mesure que l'on s'avance vers le Nord.

Une coupe S. E. - N. O. passant un peu au Nord de Kinganio montre la succession suivante :

6 Grès de l'Antsakay (groupe de l'Isalo).
5 Grès psammites, grès arkosiques très micacés, schistes.
4 Marnes rouges et grès.
3 Grès micacés verdâtres.
2 Schistes argileux à nodules (Poissons et Ammonites) :
Pristisomus Merlei PRIEM.
1 Grès micacés traversés par des filons de quartz.
0 Gneiss.

Des failles pertubent localement cette succession.

La région du confluent du Mamoro et de l'Ankitokazo est également faillée. En effet, les couches qui affleurent au Nord-Ouest du confluent ne correspondent pas du tout à celles qui se voient entre le Mamoro et l'Ankitokazo. Sur le Mamoro, le contact du cristallin est invisible; on voit néanmoins des grès micacés, qui doivent se trouver très près de la base, être recouverts par des schistes à nodules. Au Nord de Mamoro, on retrouve les mêmes grès verts en bancs puissants mais à une altitude plus grande. Ils montrent à leur base des grès blancs. Cet ensemble gréseux est

recouvert par des schistes à nodules qui, entre le confluent et le petit village d'Iraro (piste de Beramanja à Anaborana) prennent un grand dévelopement. H. PERRIER DE LA BATHIE a signalé la présence d'un niveau d'argiles à nodules non fossilifères au-dessous des grès du Mamoro.

J'ai relevé deux coupes dans la région d'Ankitokazo. La première, prise à mi-distance entre le confluent Mamora-Ankitokazo et le village d'Ankitokazo, m'a montré des schistes argileux et des argiles reposant sur les gneiss. Le contact est toutefois masqué, mais la lacune ne dépasse pas une épaisseur de quelques mètres. J'ai trouvé :

Cyclolobus Kraffti DIENER.
Cyclolobus Haydeni DIENER.
Xenaspis carbonarius WAAGEN.
Bellerophon cf. *Vigilii* STACHE.
Nautilus sp.

Ces couches forment une petite colline au Sud de la rivière Ankitokazo. Les terrains situés plus haut affleurent de l'autre côté de la rivière, mais je n'ai pu y accéder. Au point de vue stratigraphique, je peux seulement dire que les couches fossilifères se trouvent ici tout à fait à la base de la série sédimentaire.

J'ai étudié une deuxième coupe au village même d'Ankitokazo. La base de la série sédimentaire est masquée par des revêtements alluvionnaires et par des éluvions latéritiques. J'ai reconnu la superposition suivante :

4 Grès verts, micacés, puissants, sans fossiles.
3 Schistes et schistes argileux, épais de 50 à 60 mètres, renfermant vers leur base un niveau fossilifère (plongement 20° N.-O.).
2 Grès sans fossiles : 3 mètres.
1 Schistes sans fossiles : 10 mètres.

Le niveau fossilifère des couches n° 3, m'a donné :

Meekoceras sp.
Pristisomus Merlei PRIEM.
Semionotus Labordei PRIEM.
Ecrinesomus Dixoni A. S. WOOD.
Antrimpos sp.
Mytilus sp.

Les collines d'Ambatobe, au Nord-Est d'Ankitokazo, montrent une succession identique. Le niveau n° 3 repose vraisemblable-

ment sur les schistes à *Cyclolobus* et il est possible que les assises n° 1 et 2 appartiennent déjà à cette dernière formation.

Les grès micacés verdâtres des couches n° 4 sont à leur tour recouverts par une série argilo-schisteuse affleurant dans une large dépression, malheureusement presque complètement masquée par une épaisse futaie difficilement pénétrable. Il sera nécessaire d'étudier attentivement cette région en suivant le lit des cours d'eaux.

Aux environs du fleuve Mahavavy, H. PERRIER DE LA BATHIE a relevé une coupe très précise du contact :

5 Schistes à Poissons et à Ammonites.
4 Grès : 3 mètres.
3 Schistes à Poissons.
2 Grès: 6 mètres.
1 Conglomérat : 2 à 3 mètres.
0 Gneiss.

La plaine alluvionnaire d'Ambakirano, au Sud de l'Andavakoera correspond à des schistes qui affleurent en quelques rares points. Sur la route de Betsiaky, ils montrent par endroits des nodules à Poissons et à Ammonites.

Cette plaine est bordée au Sud-Est par une zone de collines couvertes de latérite mais laissant voir des grès et des quartzites. Le contact des gneiss est invisible.

Aux environs de l'Andavakoera, on trouve des choses analogues. Le niveau schisteux à Ammonites et à Poissons est bien visible en de nombreux points. C'est de là que viennent la plupart des Ammonites étudiées par H. DOUVILLÉ, A. MERLE et E. FOURNIER, et les Poissons décrits par F. PRIEM.

Au Nord-Est de l'Andavakoera, dans la région de l'Andrafiamena, P. LEMOINE (1) a levé la coupe suivante :

5 Grès d'Andrafiamena.
4 Argiles d'Ambodifiakano.
3 Grès d'Antsalava.
2 Argiles d'Ambararatra.
1 Grès des monts Boriravina.

Les grès 1 correspondent aux grès des collines à l'Est d'Ambakirano. Les argiles 2 sont la continuation des schistes argileux à

(1) P. LEMOINE. Etudes géologiques dans le Nord de Madagascar, Paris, 1906.

Poissons et à Ammonites. Les couches supérieures rentrent dans le groupe de l'Isalo.

Sur les bords de l'Océan Indien, au Nord du fleuve Manankolo, on voit à une demi-heure au-delà de Beramanja, sur la piste qui va vers la Loky :

4 Grès du Tsaramborano (groupe de l'Isalo).
3 Argiles fossilifères (quelques mètres).
2 Grès : 40 mètres.
Partie masquée sur quelques mètres.
1 Gneiss.

Le niveau des argiles 3 se poursuit au moins jusqu'à la base du Tsarambohorano. Il est très fossilifère, mais les fossiles ne sont plus renfermés dans des nodules.

On ne rencontre plus de Poissons mais de nombreuses Ammonites. J'ai recueilli :

Flemingites cf. *radiatus* WAAGEN.
Aspidites cf. *Ensanus* KRAFFT.
Meekoceras Markhami DIENER.
Nautilus sp.

Ces espèces sont connues dans le Trias inférieur de l'Inde. Je n'ai pu voir les relations de ces couches avec les niveaux à Poissons et à Ammonites de l'Andavakoera. J'ai néanmoins l'impression que les couches de Barabanja occupent un niveau légèrement plus élevé.

LES CHAINES GRÉSEUSES DU KALABENONO AU TSARAMBOHORANO

Les chaînes de Kalabenono, Antsakay, Ambohipiraka, Andavakoera et Tsarambohorano sont formées de grès fins ou grossiers. Les grès fins sont souvent micacés. Les grès grossiers renferment de petits galets de quartz roulés et des lits conglomératiques à éléments quartzeux. Quelques niveaux argileux s'intercalent parmi les grès. On connaît, depuis fort longtemps, l'existence de couches de lignites, en particulier dans la région située entre Beramanja et Ambanja. A l'Andrafiamena, vers le sommet des grès, P. LEMOINE a ramassé des empreintes d'*Equisetum*.

L'allure générale des chaînes gréseuses qui, au Kalabenono, s'élèvent à 2.000 mètres d'altitude, rappelle beaucoup les aspects

de l'Isalo. Toute cette série gréseuse est recouverte, de l'Andrafiamena à l'embouchure de la Loky, par des calcaires à *Spiriferina* et *Rhynchonella* qui représentent le Lias supérieur.

*
**

RÉSUMÉ DE NOS CONNAISSANCES SUR LE KARROO MALGACHE

(Voir planche II : Les variations latérales du Karroo Malgache.)

Je rappelle que j'ai divisé le Karroo malgache en trois groupes séparés par deux discordances.

1. — **Le groupe de la Sakoa,** limité à la région de l'Onilahy dans le Sud-Ouest de l'île, nous a montré la constance de ses faciès sur plus de cent kilomètres : schistes et tillites à la base, couches à charbon avec *Gangamopteris* et *Glossopteris* et enfin la puissante série des argiles rouges inférieures qui se termine par l'invasion marine des calcaires à *Productus* de Vohitolia.

2. — **Le groupe de la Sakamena,** très largement transgressif, débute par un conglomérat. Dans le Sud-Ouest, ce conglomérat est surmonté par un épais complexe schisto-gréseux dont la partie inférieure renferme deux intercalations de calcaires à polypiers. Le niveau inférieur affleure sur la ligne Mandabe-Sahavasy-Vohibondro. Le niveau supérieur, précédé par un conglomérat, se suit sans interruption du Sud d'Ambatokapika jusqu'au Nord de Vohipanana. La partie supérieure du complexe schisto-gréseux comprend d'abord des grès à reptiles, *Tangasaurus, Hovasaurus, Coelurosauravus* avec des plantes, *Glossopteris indica.* C'est ce niveau qui, dans la région de Ranohira, a fourni un *Rhinesuchus.* Au-dessus viennent les grès verts avec des *Estheria,* puis la série rouge supérieure qui termine le groupe. La région comprise entre le Nord de Ranohira et le district de Morafenobe n'a jamais été étudiée en détail et il y a là une grosse lacune dans nos connaissances. Néanmoins la présence, sur la Sakeny, du *Semionotus* et du *Ptycholepsis* indique l'existence d'un horizon marin dont la place exacte, encore indéterminée, correspond au niveau des schistes à Poissons et à Ammonites du Nord. Il y a donc eu une

communication entre ces deux régions. D'ailleurs, dans le district de Morafenobe nous savons qu'un horizon marin à *Mytilus* et à *Lingula* se place entre les schistes à plantes de la base et des schistes à *Estheria*.

Entre les régions de Morafenobe et de Maevetanana, la présence d'un seuil cristallin correspondant au prolongement du noyau anticlinal gneissique du Cap Saint-André, interrompt la continuité des affleurements du groupe de la Sakamena. Ces affleurements reparaissent toutefois dans la fosse de Maevetanana où ils ont fourni des plantes. Plus au Nord, le seuil gneissique du Sambirano limite la fosse de Maevetanana. Sur l'autre versant du seuil nous retrouvons le groupe de la Sakamena mais avec un faciès nouveau : ce sont les couches à Poissons et à Ammonites qui, à Ankitokazo, présentent à la base une faune à *Cyclolobus* du Permien supérieur et au sommet une faune à Poissons et à Ammonites du Trias inférieur. Vers l'Est, les couches à *Cyclolobus* passent à des grès sans fossiles, tandis que les couches à Poissons et à Ammonites passent à des marnes à *Flemingites* surtout fossilifères aux environs de Barabanja.

Toute la série de niveaux marins dans les couches que j'attribue au groupe de la Sakamena : calcaires à polypiers de l'Onilahy, couches à Semionotus *de la Sakeny, schistes à* Mytilus *du district de Morafenobe, schistes à Poissons et à Ammonites du Nord, qui se rencontrent au milieu du groupe sur tout le flanc Ouest de Madagascar, implique à ce moment, c'est-à-dire au Trias inférieur comme on le verra plus loin, une ouverture éphémère du canal de Mozambique.*

3. — **Le groupe de l'Isalo** s'allonge du Sud-Ouest au Nord de l'île avec une grande régularité. La structure entrecroisée de ses grès, la présence de bois silicifiés dans le Sud-Ouest, l'Ouest et le Nord-Ouest, les lignites et l'*Equisetum* de P. LEMOINE dans l'extrême Nord, indiquent la constance du faciès Karroo. Les seules intercalations marines connues actuellement dans ce groupe se trouvent près d'Antanandava (*Myophoria vulgaris*) et dans la presqu'île d'Ampasindava (*Eopecten conitus*).

CHAPITRE III

COMPARAISON AVEC LE KARROO DE L'AFRIQUE DU SUD

LE KARROO DE L'AFRIQUE DU SUD

Les géologues sud-africains divisent le Karroo en quatre séries: Dwyka, Ecca, Beaufort, Stormberg. Ce Karroo possède deux faciès distincts répartis l'un dans le Nord, l'autre dans le Sud de l'Union.

Les formations du *faciès Sud* sont les plus épaisses; elles se succèdent en concordance absolue et reposent même, sans discordance, sur la série pré-Karroo de Witteberg; sauf dans la partie la plus septentrionale de ce faciès Sud, on rencontre toujours le conglomérat glaciaire de Dwyka à la base du système Le faciès ne renferme pas de charbon.

Le *faciès Nord* comprend des couches moins épaisses; le conglomérat prend un développement sporadique, les couches d'Ecca reposant parfois directement sur le pré-Karroo. Cette série d'Ecca renferme, là seulement, les couches de charbon. Enfin une grande lacune stratigraphique se présente dans la série : le Beaufort disparaît, et les couches de Stormberg recouvrent directement Ecca ou les séries plus anciennes. L'épaisseur maximum du système du Karroo est supérieur à 6.000 mètres au Cap, mais diminue beaucoup dans le Nord. Dans l'ancien S.-O. africain allemand on connaît quelques intercalations marines à *Eurydesma* au sommet du Dwyka; ailleurs, pour tout l'ensemble du Karroo, c'est uniquement un régime continental ou d'eau douce qui a prévalu.

Série de Dwyka. — On divise cette série en :

3 Schistes supérieurs.
2 Conglomérat ou Tillite de Dwyka.
1 Schistes inférieurs.

Dans le Sud, une zone lithologique spéciale, constituée par du chert, le « White band », forme la coupure entre les Schistes supérieurs et la Série d'Ecca. La puissance de la série de Dwyka, qui atteint près de 1.000 mètres dans la région du Cap, diminue

depuis le 27e parallèle et devient insignifiante plus au Nord. Les Schistes inférieurs sont noirs, bleus ou verdâtres; ils renferment quelques grès et quartzites.

La tillite de Dwyka est une formation glaciaire, moraine de fond d'une immense calotte, montrant tous les caractères des moraines actuelles. Elle est constituée par une fine matière argilo-gréseuses renfermant des blocs anguleux de taille variable, présentant des faces polies et striées, reposant sur des roches moutonnées dont on voit de splendides témoins à Nooitgedarch près de Kimberley. On y rencontre également des lits d'argiles glaciaires à feuillets successivement clairs et sombres. Dans le Sud du Cap, la tillite a parfois 600 mètres d'épaisseur, tandis que dans le Nord du Cap, dans le Sud du Transvaal et au Zululand, elle excède rarement quelques dizaines de mètres.

Les Schistes supérieurs surmontent la tillite en concordance. Ils ont généralement une couleur gris-verdâtre et renferment des concrétions de calcaires noirs. Dans le Sud et l'Ouest du Karroo, on rencontre, au sommet, un banc siliceux le « White band » qui sépare ces schistes de la série d'Ecca. Certains schistes supérieurs renferment des horizons charbonneux et des produits hydrocarburés. Au-dessous du White band, on a trouvé le petit reptile *Mesosaurus*.

Série d'Ecca. — Cette série. possède deux faciès distincts dans le Sud-Ouest (Province du Cap) et dans le Natal-Transvaal.

Dans la province du Cap, la série d'Ecca, puissante généralement de 6 à 700 mètres, mais atteignant parfois 2.000 mètres dans le Sud, est représentée par des schistes bleus et verdâtres et des marnes (mudstones) avec des grès fins. Des grès bigarrés et bleuâtres caractérisent la partie supérieure. La partie moyenne renferme *Glossopteris* et *Gangamopteris*.

Dans le Transvaal et le Natal, on divise l'Ecca en trois parties.

Les schistes inférieurs d'Ecca, formés de schistes sombres, bleus ou verdâtres, fissiles, non fossilifères, renferment quelques grès et des lentilles ou des concrétions d'un calcaire impur.

Les couches à charbon, qui forment la partie moyenne, sont constituées par des schistes, des arkoses et des grès fins micacés à gros phénocristaux de feldspaths. Ces couches atteignent 100 mètres d'épaisseur dans le Sud du Natal, 300 mètres à Dundee et à Vryheid, 120 mètres à Witbank et 600 mètres à Impofana.

Les couches supérieures de l'Ecca ont une épaisseur variant entre 180 et 250 mètres. Elles sont formées de schistes bleus, tendres, et renferment des nodules ou des lits discontinus riches en phosphate de chaux.

Série de Beaufort. — La série de Beaufort repose en concordance sur Ecca. Elle atteint 2.500 mètres dans le Pondoland. 1.250 mètres dans le Natal, 700 mètres à Harrysmith. La multiplicité des Vertébrés a permis d'établir une série de zones paléontologiques.

Beaufort supérieur....	Zone à *Cynognathus.*
	» *Procolophon.*
Beaufort moyen.....	Zone à *Lystrosaurus.*
Beaufort inférieur....	Zone à *Cisticephalus.*
	» *Endothiodon.*
	» *Tapinocephalus.*

Les plantes sont rares. Le genre *Gangamopteris* se termine avec l'Ecca.

Le Beaufort inférieur est formé de grès, de schistes et de marnes (mudstones) avec quelques nodules calcareux.

Le Beaufort moyen est peu épais, mais remarquablement continu.

Le Beaufort supérieur est formé de grès fins et de mudstones pourpres. On y rencontre quelques plantes : *Schizoneura, Danoeopsis, Pterophyllum.* Ces couches renferment du charbon.

Série de Stormberg. — On divise cette série en quatre parties :

4 Drakensberg.
3 Cave sandstone.
2 Couches rouges.
1 Couches de Molteno.

Les couches de Molteno sont formées de schistes bleus, de mudstones et de grès spéciaux dont les grains de quartz scintillent par suite d'un dépôt secondaire de silice. On y rencontre parfois du charbon. Les schistes renferment une flore abondante dont l'âge soulève encore des controverses. Pour les géologues sud-africains, elle serait analogue à la flore de Honghaï au Tonkin qui a été longuement considérée comme rhétienne à la suite d'un travail fondamental de *Zeiller,* mais dont les auteurs récents,

notamment J. FROMAGET (1), veulent faire du Trias tout à fait supérieur.

Les couches rouges sont formées de schistes rouges, de grès blancs et rouges et de mudstones rouges. On y trouve des bois silicifiés et des Reptiles appartenant à des genres connus dans le Trias européen (*Thecodontosaurus, Gresslyosaurus, Plateosaurus*). Les caves sandstones forment des masses gréseuses fortement attaquées par l'érosion et ayant une allure topographique remarquable et très pittoresque. On y a trouvé un *Notochampsa*.

Les couches du Drakensberg sont entièrement volcaniques.

COMPARAISONS

J'ai déjà indiqué que les divisions du Karroo malgache ne correspondent pas du tout aux trois séries inférieures du Karroo de l'Afrique du Sud, c'est-à-dire à Dwyka, Ecca et Beaufort.

La partie inférieure du groupe de la Sakoa, que j'ai appelée étage des Schistes noirs et conglomérats, correspond approximativement à la série de Dwyka. Nous avons à Madagascar un ou deux niveaux de tillites encadrés par des schistes noirs dont l'aspect général est semblable à celui des tillites de la série de Dwyka et dont les épaisseurs sont tout à fait comparables à celles de la partie Nord de l'Afrique du Sud.

Les conglomérats de la base du groupe de la Sakoa ont une allure très particulière. La forme anguleuse des blocs, la nature de la pâte, en un mot l'aspect général de la roche présente une ressemblance frappante avec les conglomérats de Dwyka. Il est vraisemblable que, comme ces derniers, ils sont d'origine glaciaire. Du reste, il y a plusieurs années que M. BOULE, puis J. GIRAUD et, plus récemment, J. PIVETEAU les ont regardés comme des tillites. PERRIER DE LA BATHIE n'est pas de cette opinion et, pour la réfuter, déclarait n'avoir rencontré les conglomérats que dans les fonds de vallées et était amené ainsi à les considérer comme un remplissage par éboulis de cavités préexistentes des schistes cristallins. Mes recherches m'ont montré que les

(1) J. FROMAGET. Note préliminaire sur la stratigraphie des formations secondaires et sur l'âge des mouvements majeurs en Indochine. *Bull. Serv. Géol. Indochine*, vol. XVIII, fasc. V, Hanoï, 1929.

conglomérats s'étendent, en réalité, régulièrement sur les gneiss et que les affleurements des bas-fonds se relient en parfaite continuité à ceux des plateaux.

Le conglomérat se présente d'une manière tout à fait différente suivant qu'on l'observe dans les lits des rivières ou sur les plateaux. Si dans les rivières, où l'érosion maintient toujours les roches en état de fraîcheur, le conglomérat possède un aspect normal, sur les plateaux, au contraire, il faut une grande attention pour le reconnaître. En effet, la nature peu cohérente de la pâte qui cimente les blocs facilite une décomposition rapide et le sol est recouvert, soit d'une arène gréseuse si la pâte est gréseuse, soit de paillettes schisteuses si la pâte est argileuse. Dans ce dernier cas, l'affleurement ne diffère guère de celui des schistes noirs. Des blocs cristallins recouvrent bien le sol, mais comme on est tout près du contact des terrains métamorphiques on ignore s'ils sont *in situ* ou s'ils correspondent simplement à des éboulis. C'est probablement cet aspect très particulier qui a fait dire qu'on ne rencontrait le conglomérat que dans les dépressions. En outre, ce pays est toujours très boisé et, en dehors des lits de rivières, les observations sont difficiles.

On n'a pas encore rencontré de galets striés dans le conglomérat et il y a là un gros argument contre une origine glaciaire. Ainsi que plusieurs auteurs l'ont indiqué, il faut remarquer que la plupart des blocaux sont formés par des roches gneissiques à gros éléments qui ne se prêtent pas du tout à la conservation de stries. En Afrique du Sud, les étendues couvertes par la tillite sont immenses, facilement accessibles et c'est là le point capital, les éléments du conglomérat renferment en bien plus grande abondance qu'à Madagascar des roches à grain fin. Les quartzites et les diabases forment, en effet, une grande partie des terrains pré-Karroo et ces roches sont facilement rayées par les actions mécaniques.

Les stries nettement glaciaires du substratum sont également inconnues à Madagascar. PERRIER DE LA BATHIE a bien indiqué la présence de quelques cannelures sur les gneiss entre Benenitra et Colcanap; mais il se montre peu affirmatif quant à leur origine. Il importe de remarquer qu'en Afrique les rayures des roches moutonnées à la base de la tillite, dont on connaît de magnifiques exemples à Nooitgedark près de Kimberley, ont été faites sur des grès assez tendres et non sur des gneiss.

Après avoir eu l'occasion d'étudier sur place à la fois les conglomérats de Madagascar et les tillites sud-africains, *je pense que ces deux formations sont absolument identiques et qu'il faut attribuer aux premières la même origine glaciaire, incontestablement admise aujourd'hui pour les secondes.*

Il n'y a rien à Madagascar qui corresponde au White band et, par suite, la coupure naturelle entre Ecca et Dwyka manque. Ceci m'a fait réunir les formations glaciaires et les couches à charbon dans un même groupe.

Les couches à charbon de Madagascar correspondent aux couches à charbon de l'Ecca moyen. On y rencontre, en particulier, le genre *Gangamopteris* associé à *Glossopteris*. D'ailleurs le faciès charbonnier de l'Ecca existe seul à Madagascar. On peut trouver une analogie dans les grès encaissants qui ont dans les deux pays la même nature arkosique. Par contre, rien en Afrique du Sud ne correspond à la série rouge inférieure ni aux horizons de calcaires marins qui la surmontent.

Le groupe de la Sakamena offre beaucoup d'analogie avec la série de Beaufort et lui correspond en partie. La limite inférieure du groupe malgache ne peut être fixée par suite de l'absence de fossiles. Les ressemblances lithologiques sont grandes. Les marnes malgaches sont analogues aux mudstones, de même certains grès et schistes offrent beaucoup de points communs. J. Piveteau a établi une corrélation basée sur l'état d'évolution des reptiles. Il rattache ainsi les couches à *Tangasaurus Menelli* de l'Eliva à la zone à *Endothiodon*, du Beaufort inférieur, et les couches à *Rhinesuchus senekalensis* de la Menamaty à la zone à *Cisticephalus* du sommet du Beaufort inférieur. Haugton (1), par contre, place les couches de l'Eliva et de la Menamaty dans le Beaufort moyen. Comme dans Beaufort, le groupe de la Sakamena renferme *Glossopteris* et *Schizoneura* sans *Gangamopteris*.

Le groupe de l'Isalo est celui qui offre le moins de ressemblance avec les formations sud-africaines. Son uniformité lithologique sur presque toute sa hauteur le différencie de la série de Storm-

(1) Renseignement oral.

berg. Les seules ressemblances lithologiques seraient avec les Caves sandstones.

L'AGE DU KARROO

Les géologues sud-africains donnent à la série du Dwyka un âge Carbonifère supérieur qui résulte de la position stratigraphique de cette formation en certains points du continent de Gondwana, mais aussi des affinités de la flore et de la faune. La série d'Ecca est rapportée au Permien inférieur par suite de sa superposition sur le Carbonifère supérieur mais, en outre, parce que sa flore possède des affinités anciennes qui excluent un âge plus récent.

Le fait que la Série de Beaufort présente un Reptile, *Pareiasaurus*, qui se retrouve en Russie dans la région de la Dwina sous des couches marines du Zechstein, autorise le rattachement de la zone à *Endothiodon-Cisticephalus* au Permien supérieur. A Madagascar, suivant l'opinion de J. PIVETEAU qui assimile les couches de l'Eliva et de la Menamaty au Beaufort inférieur, ces couches rentreraient donc dans le Permien supérieur. mais HAUGTON leur attribue un âge un peu plus ancien et les place dans le Beaufort moyen. Dans une note récente à propos du *Tangasaurus Menelli* des couches de l'Eliva cet auteur place ce Reptile soit dans le Permien supérieur, soit dans le Trias inférieur (1).

Le grand intérêt de l'étude du Karroo malgache est de permettre de rattacher certaines couches à des faunes d'Ammonites. J'admets, en effet, que les schistes à Ammonites du Nord de Madagascar sont l'équivalent des couches du groupe de la Sakamena, ceci résultant de leur position stratigraphique au-dessous des grès de l'Isalo qui, du Nord au Sud de l'île, se poursuivent avec le même faciès. Or, ces couches à Ammonites montrent à leur base une faune du Permien supérieur et à leur sommet des faunes du Trias inférieur. Il faut donc admettre que le groupe de la Sakamena commence avec le Permien supérieur et qu'il dure au moins jusqu'au Trias inférieur, ce qui concorde fort bien avec les indications fournies par les reptiles. L'âge de la limite inférieure du groupe de la Sakamena ne peut être précisé. La

(1) S. H. HAUGTON. Notes on the Karroo reptilia from Madagascar. *Trans. of the Royal Soc. of South Africa*, vol. XVIII, Part. 2, pp. 125-136.

connaissance de la position stratigraphique exacte des couches à *Semionotus* de la Sakeny amènera sans doute à résoudre le problème.

Les analogies entre les tillites de la Sakoa et de Dwyka conduisent à donner à la première le même âge Ouralien admis pour la seconde. Il s'en suit que les couches à charbon et à *Gangamopteris* de la Sakoa représentent le Permien inférieur et ceci nous fait ranger provisoirement dans le Permien moyen la série rouge inférieure et peut-être la base du groupe de Sakamena.

Le groupe de l'Isalo est bien daté à la base par les couches de Barabanja et de l'Andavakoera sur lesquelles il repose et qui sont du Trias inférieur. Ce groupe dure généralement jusqu'à une époque imprécise qui se place au Lias supérieur dans le Nord et l'Ouest de Madagascar et peut-être au Jurassique moyen dans le Sud-Ouest.

On trouvera dans le tableau ci-contre (p. 45), une comparaison chronologique entre le Karroo malgache et le Karroo sud-africain, ainsi qu'une attribution probable des formations aux systèmes classiques des régions européennes.

		AFRIQUE DU SUD		MADAGASCAR	
Lias	supérieur			Couches à Bouleiceras et à Spiriferina	
	moyen				
	inférieur				
Trias	supérieur	Série de Stormberg	Cave Sandstone	Grès à bois silicifiés	Groupe de l'Isalo
	moyen		Reds beds		
	inférieur		Molteno beds		
		Série de Beaufort	Beaufort supr		
			Beaufort moyen	Couches supérieures de Sakamena / Couches à Tangasaurus de l'Eliva — Couches à Poissons et à Ammonites	Groupe de la Sakamena
			Beaufort infr	Couches infres de Sakamena — Couches à Cyclolobus	
Permien	supérieur	Série d'Ecca	Schistes supr	Calcaires à Productus	Groupe de la Sakoa
	moyen		Couches à charbon	Série rouge inférieure	
	inférieur		Schistes infrs	Couches à charbon	
Carbonifère	supérieur	Série de Dwyka		Schistes Noirs et Conglomérats	

« Cette découverte pratique n'est que la conséquence logique d'une série de données dues à la Paléontologie, que l'on considère trop souvent comme une science purement spéculative. »
M. BOULE (1).

« Ces théories m'ont guidé dans mes recherches et m'ont conduit sur le gisement houiller de Benenitra. »
COLCANAP (2).

CHAPITRE IV

LE BASSIN CHARBONNIER DU SUD-OUEST DE MADAGASCAR

(Voir planche I : Carte du bassin charbonnier et fig. 2, page 59 : Tableau donnant le détail des couches de charbon connues actuellement.)

La découverte de la houille à Madagascar est l'œuvre d'un explorateur, le regretté COLCANAP et d'un géologue, M. Marcellin BOULE. Correspondant du Muséum d'Histoire Naturelle, COLCANAP, qui a tant contribué à l'essor de la géologie malgache, découvrit, vers la fin de 1907, dans la vallée de la Sakamena des plaquettes de schistes présentant des empreintes de Reptiles et une feuille de *Glossopteris indica*. Le 2 mars 1908, M. BOULE annonçait cette trouvaille dans une communication à l'Académie des Sciences et concluait ainsi :

« La découverte du capitaine COLCANAP offre un intérêt scien-
« tifique considérable... Elle présente aussi un grand intérêt pra-
« tique. Les couches fossilifères de la Sakamena occupent, en
« effet, un niveau très élevé dans la série des grès et des schistes
« de base du cercle Mahafaly; elles sont séparées des roches
« archéennes par une grande épaisseur de terrains plus anciens,
« probablement d'âge carbonifère. Comme l'ensemble de la for-
« mation est d'origine continentale, qu'on y observe des débris

(1) M. BOULE. Découverte de la houille à Madagascar par le capitaine Colcanap. *C. R. Ac. Sc.*, t. 147, 1908, pp. 818-819.

(2) COLCANAP. Rapport en date du 1er janvier 1909. Archives du Service des Mines de Madagascar.

« d'une antique végétation, on peut espérer y trouver des amas « de combustibles comme ceux de l'Afrique du Sud. Le problème « de la houille, si important pour notre colonie, où il n'a guère « occasionné, jusqu'à présent, que des déboires, se pose, d'une « façon rationnelle. »

Sur les conseils de M. BOULE, COLCANAP, qui était alors administrateur de la Province de Betroka, entreprenait la prospection du charbon. Le premier affleurement fut trouvé en 1908 par le lieutenant DAUCHE dans le Ianapera, et, aussitôt après, COLCANAP découvrait plusieurs couches dans la région de Benenitra.

Le 1er janvier 1909, COLCANAP exposait le résultat de ses recherches et de celles de ses collaborateurs les lieutenants DAUCHE, BURHER et CONTET, dans un rapport adressé au Gouverneur général. En avril 1910, M. EVESQUE, alors contrôleur des mines, étudia pendant plusieurs mois les régions de Benenitra et du Ianapera. Un rapport en date de mars 1911 donnait le détail de ses travaux; des extraits en furent publiés dans le *Bulletin Economique de la Colonie* (1).

En 1911 et 1912, J. GIRAUD, chargé de mission, s'occupa du bassin charbonnier du Ianapera et de l'Imaloto dont il donna une description(2). Il fut le premier à soupçonner son extension au delà du Ianapera et conseillait d'entreprendre une étude géologique détaillée de toute la région. En 1919, H. PERRIER DE LA BATHIE reprenait l'étude des terrains sédimentaires anciens du Sud-Ouest et en établissait la stratigraphie. Quelques années plus tard, E. JAMET, après avoir étudié le bassin du Ianapera, se mettait à prospecter le bassin de la Sakoa et, en 1923 et 1924, découvrait de nombreux affleurements de charbon. Ces découvertes se heurtèrent à une incrédulité presque générale jusqu'au moment où, en 1925, M. le gouverneur général OLIVIER envoya M. GOURSAT, directeur des Mines, étudier les gisements de la Sakoa. M. GOURSAT fit une étude géologique, minière et économique concluant à l'exploitabilité du gisement (3).

En 1926, je reçus la mission de procéder à une étude générale de toute la région et d'en lever une carte géologique régulière. Le

(1) BONNEFOND. Rapport sur le gisement de charbon du Ianapera, province de Betroka. *Bull. écon. Mad.*, XI, 1911, pp. 123-148, 4 pl.

(2) J. GIRAUD. Rapports de mission à Madagascar, 1911 et 1913 (inédit). *Arch. Service Mines*, Tananarive.

(3) J. GOURSAT. Le charbon de la Sakoa. *Bull. Mines Mad.*, n° 42, 1926.

résultat de cette première étude me donna une stratigraphie plus précise que celle de mes devanciers et me permit d'établir la grande continuité des couches à charbon depuis le Sud de la Sakoa jusqu'au bas Imaloto.

En 1927, l'industrie privée s'intéressait au gisement de la Sakoa et un syndicat d'études envoyait une mission dirigée par M. SOYER, ingénieur civil des Mines, pour effectuer des travaux de recherches détaillées. La même année, j'entreprenais la prospection de toute la zone de terrains comprise entre la Sakoa et l'Ianapera et j'y découvrais de nombreuses couches de charbon. Je passais ensuite à la région de Sakamasay où j'indiquais l'existence des couches à charbon entre Sakamasay et Tamotamo. Des recherches dans le golfe de Beora me montraient la présence du charbon au moins en trois points. Enfin une prospection rapide dans la région d'Analahiva m'amenait à mettre au jour des affleurements nouveaux. Ma carte géologique Sakamena-Sakoa 1927 schématisait ces indications.

En 1928 et jusqu'au milieu de 1929, la mission du syndicat d'études poursuivait ses travaux et reconnaissait, en outre, des affleurements de charbon depuis Sakamasay jusqu'à Tamotamo.

Le charbon n'affleure à l'état pur que tout à fait exceptionnellement. D'une manière générale, au-dessus du niveau hydrostatique, il est profondément altéré, et cette altération se manifeste soit par une décomposition complète du charbon qui devient une terre pulvérente noire, soit par une silicification partielle qui le transforme en un schiste plus ou moins charbonneux.

Tout d'abord, il faut considérer deux cas suivant que la couche de charbon affleure sur une surface non ravinée par les eaux ou dans le lit d'une rivière.

Dans le premier cas, le charbon présente le maximum d'altération et est difficile à mettre en évidence. Lorsque la surface ne comporte pas d'alluvions, on remarque en grattant la terre superficiellement, une coloration brunâtre qui ne diffère guère de celle d'un sol humifère. Je n'ai jamais observé la présence d'une végétation particulière sur les couches à charbon. Les tranchées faites sur les plateaux ou dans les plaines ne commencent à montrer le charbon décomposé qu'à une certaine profondeur (de 0 m. 50 à 4 mètres). L'épaisseur visible est toujours réduite et très notable-

ment inférieure à la puissance réelle. Pour en donner un exemple, je citerai les différences que l'on observe entre les couches à l'affleurement et en profondeur. A Mavonono, une couche de 1 m. 60 à l'affleurement montra 2 m. 70 dans une descenderie d'une vingtaine de mètres de profondeur. A Mamboreko, un affleurement de 2 m. 40 donna 5 mètres à la même distance. Ce phénomène s'explique aisément par l'affaissement, le tassement sous le poids des bancs de grès, affaissement qui se traduit d'abord par une allure en col de cygne du toit, puis, à un stade plus avancé, par des cassures.

Dans les cours d'eaux, au contraire, l'érosion rafraîchit toujours les affleurements, et le charbon n'est jamais aussi complètement décomposé.

Dans les rivières coulant sur des cipolins, le calcaire dissous se fixe sur le charbon et arrive à former une carapace qui masque souvent la couche. Cette fixation du calcaire est très différente de celle qui se produit sur les schistes et elle est d'un secours très appréciable pour la prospection. Le dépôt calcaire sur les schistes est peu intense. C'est un simple dépôt formant une carapace superficielle qui subit des alternatives de dissolution puis de précipitation, tandis que, sur le charbon, il y a une véritable adsorption; le calcaire pénètre profondément dans le charbon décomposé qui devient dur et, à l'encontre de ce qui se passe dans les rivières à eaux non calcaires, dans un complexe schiste-charbon, c'est le charbon qui reste en saillie.

Je dois d'ailleurs remarquer qu'une chose semblable s'opère avec les argiles, mais comme dans les couches à charbon, il n'y a pas d'argiles, cette remarque garde toute sa valeur pour la prospection.

D'une manière générale, un affleurement de charbon dans une rivière se traduit par une couche brunâtre d'aspect argileux. En saison sèche, lorsque la couche n'est pas atteinte par les eaux, la coloration noire est masquée par des pellicules terreuses qui conservent néanmoins un aspect particulier. Dans cette couche brune de charbon altéré, on voit des lits schisteux qui, en profondeur, se transforment en charbon. J'ai même vu dans la région du Vohibory, au pied de la colline Ambatovolamena, une couche, qui, à l'affleurement, était uniquement un vrai schiste non charbonneux. A quelques décimètres, ce schiste devenait charbonneux, puis plus bas, montrait le passage au charbon.

Comme autre exemple de cette transformation, je citerai, en particulier, la grosse couche supérieure de l'Andemby qui montrait à l'affleurement autant de schiste que de charbon. En profondeur, tous les schistes passèrent à un charbon plus ou moins barré.

RÉGION AU NORD DE L'ONILAHY

J'ai parcouru cette région très rapidement, aussi pour la décrire j'utiliserai les travaux antérieurs de COLCANAP, J. GIRAUD et de MM. PERRIER DE LA BATHIE et EVESQUE.

D'après M. PERRIER DE LA BATHIE, les couches à *Gangamopteris* (base de la Série rouge inférieure, Couches à charbon, Schistes noirs et conglomérats) commencent à apparaître au Sud du confluent Andemba-Imaloto. Au Nord, elles sont recouvertes par les grès psammites (équivalents du sommet de la Série rouge inférieure et des couches de Sakamena). Ce ne serait qu'un peu au Sud du point Imaloto supérieur (HOFFMANN) que les couches à charbon viendraient à affleurer. J'ai néanmoins l'impression que les couches à charbon se prolongent plus loin vers le Nord, mais la région n'a jamais été prospectée.

Ces couches sont recoupées par trois ruisseaux : Marohariva, Ambohibato, Befamoty. Je n'ai étudié que le ravin d'Ambohibato et les différences entre ma coupe et celles de mes devanciers sont dues surtout à ce qu'ils parlent d'une argile noire qui, en réalité, est du charbon altéré.

La coupe la plus complète du ravin d'Ambohibaty est celle de Colcanap qui coïncide exactement avec la mienne, bien que je n'aie pas vu la petite couche de charbon de base qui est portée aussi sur la coupe de J. GIRAUD. M. EVESQUE n'a vu que la couche moyenne où, comme COLCANAP, il décrit deux petites couches 0,10 et 0,60 intercalées dans des schistes noirs (que COLCANAP appelle des argiles noires). C'est là du charbon décomposé. J'estime que la puissance de cette deuxième couche est au moins de trois mètres à l'affleurement.

Au-dessus de la deuxième couche, COLCANAP note des argiles noires intercalées dans des argiles schisteuses vertes. Ces argiles noires forment une troisième couche de charbon dont malheureusement l'épaisseur ne peut être mesurée.

Au-dessus encore, COLCANAP indique deux mètres d'argiles noi-

res et 0,04 de charbon. J'ai noté moi-même deux mètres de schistes charbonneux dont une grande partie doit passer au charbon en profondeur.

Je résumerai donc ainsi la coupe d'Ambohibaty :

4	Une couche de charbon	d'environ 2 mètres.
3	»	d'épaisseur indéterminée.
2	»	de 3 mètres.
1	»	de 0 m. 80.

La puisance totale de ces quatre couches peut, sans exagération, être de six ou sept mètres à l'affleurement.

Sur les ruisseaux Befamoty et Moraharivo, M. EVESQUE a trouvé des couches de charbon. Je doute fort que les couches de Befamoty (0 m. 50 et 0 m. 10 de charbon avec des schistes noirs) qui reposent sur le conglomérat, soient les mêmes que les couches n° 2 d'Ambohibato. Elles correspondraient plutôt à la couche n° 1. Quant à la coupe de Moraharivo, elle ne peut-être mise en jonction avec les autres, car sa position n'est pas indiquée. M. EVESQUE y décrit des schistes noirs et 0, 10 et 0,30 de charbon. Bien que je n'aie pas vu ces affleurements, il est probable que, tant sur le Befamoty que sur le Moraharivo, ces schistes noirs sont du charbon altéré.

Sur l'Ambohibaty, la série sédimentaire est tout à fait normale. Le conglomérat de base repose en discordance sur les gneiss. Les schistes noirs fissiles ne paraissent pas exister, bien qu'ils affleurent un peu au Nord sur l'Imaloto. Les couches à charbon sont recouvertes par la série rouge inférieure. Il faut noter que les grès de base sont traversés par les filonnets de calcite renfermant un peu de pyrite.

J'ai levé une coupe rapide près d'Ampasindrasoa à environ 200 mètres au Nord de la case de passage. J'ai noté de l'Est à l'Ouest :

Série rouge inférieure	7	Grès verts et argiles rouges N. S.; 10° E.
	6	Argiles vertes.
	5	Argiles rouges (Imaloto rivière).
Couches à charbon	4	Grès verts fins.
	3	Grès grossiers à feldspaths blancs.
	2	Grès verdâtres.
	1	Grès et indices de charbon, contact caché.
	0	Gneiss N. 20° E.; 75° W.

Les indices du niveau 1 font prévoir l'existence d'une importante couche de charbon.

D'Ampasindrasoa, j'ai descendu en pirogue une petite partie de l'Imaloto sans pouvoir arriver jusqu'à l'Ambohibaty. L'Imaloto serpente autour du contact des schistes cristallins. Le conglomérat de base est bien développé plus bas vers l'embouchure de l'Ambohibaty et l'on voit nettement les schistes noirs.

J'ai montré plus haut qu'il y avait probablement une ligne de fracture aux environs du Vohibondro. En effet, les terrains sur la rive Ouest de l'Imaloto sont horizontaux, alors qu'au-delà, le pendage devient appréciable (10° Ouest). *L'existence d'une faille n'empêche nullement le bassin du Nord de Benenitra d'avoir une réelle importance économique au point de vue du cubage.*

La transgression des couches de la Sakemena ne recouvre la série rouge inférieure qu'au Nord du confluent de l'Andemba. Or, ce dernier se trouve à une dizaine de kilomètres du confluent Imaloto-Onilahy. La zone charbonneuse affleure donc sur 10 kilomètres, mais, au Nord, elle existe encore recouverte successivement par les transgressions supérieures. De l'Imaloto au Vohibondro, le pendage est très faible. Au-delà, il est d'une dizaine de degrès.

LE GOLFE DU IANAPERA ET DE BEKOPAY

Au Sud de l'Onilahy s'étale un vaste golfe sédimentaire qui, vers le Sud, se divise en deux parties séparées par le petit éperon métamorphique d'Iaborotsy.

1) Golfe du Ianapera.

Le golfe du Ianapera est limité à l'Est par la grande faille qui fait buter successivement tous les terrains du groupe de la Sakoa et une partie des couches de Sakamena contre les schistes cristallins. Vers le Sud, le contact est normal et, à l'Ouest, la faille d'Iaborotsy qui isole un lambeau de schistes cristallins sépare ce golfe de celui de Bekopay.

Les affleurements de charbon sont connus depuis longtemps sur l'Ianapera où ils ont fait l'objet de travaux de recherches. Je dois néanmoins faire quelques remarques. En descendant le cours du Ianapera, depuis les schistes cristallins de Colcanap, on rencontre successivement la tillite et les schistes noirs (mieux visibles dans le Belobaka) puis, les couches à charbon avec, à Colcanap même, une très grosse couche qui, à l'affleurement, montre cinq mètres

de charbon et schistes charbonneux. C'est la couche 1 de M. EVESQUE.

Deux descenderies ont été entreprises dans cette couche; l'une d'elles fut poussée jusqu'à une trentaine de mètres. Il est impossible actuellement d'y pénétrer. L'entrée de l'une est éboulée et l'autre est inondée. J'ai retrouvé, dans les archives du Service des Mines, une coupe d'une des descenderies représentant des escaliers successifs qui semblent avoir été considérés comme des failles. Cela n'est pas. Ces escaliers sont simplement des cassures du toit et du mur, comme on en rencontre dans toutes les descenderies au passage de la zone décomposée. De plus, ces travaux ne paraissent pas avoir suivi la ligne de plus grande pente et ont navigué entre le toit et le mur.

Au-delà, l'Ianapera traverse les couches à charbon, recoupe, d'après M. EVESQUE, une couche 1 *bis* de 0 m. 30, reçoit un petit affluent Sud au coude qui se trouve en aval de Colcanap, traverse des sables masquant le substratum et échancre un éperon de gneiss grenatifères. Au Nord de l'éperon, les grès houillers reposent directement et normalement sur ces gneiss et, au-dessus de cinq mètres de grès, vient un faisceau de deux couches de charbon, respectivement de 1 m. 50 et de 2 mètres, séparées par 10 mètres de grès. Ce sont les couches 2 et 3 de M. EVESQUE.

Il paraît bizarre de voir reposer les grès houillers directement sur les gneiss. Ainsi que je l'ai dit plus haut, il ne faut pas considérer ceci comme une transgression. Les schistes noirs ont eu une extension bien plus grande que les couches à charbon, et les grès qui reposent sur le gneiss possèdent le même grain mi-grossier que nous avons accoutumé de rencontrer partout dans les couches à charbon. Il n'y a pas de lit conglomératique. Il y a eu certainement ici érosion des schistes noirs et conglomérats (d'ailleurs peu épais à Colcanap) avant le dépôt houiller.

Ces deux couches n°s 2 et 3 se trouvent à la base des couches à charbon dans une position analogue aux couches 1 et 1 *bis* du village de Colcanap. J'estime, par conséquent, que ces couches sont les mêmes, la couche 1 passant à la couche 2 et la couche 1 *bis* passant à la couche 3, mais, alors que la couche 1 est séparée de 1 *bis* par 20 mètres de grès, la couche 2 n'est qu'à 10 mètres de la couche 3.

Si l'on continue à suivre le Ianapera depuis la couche 3 jusqu'au début des argiles rouges, on traverse de nombreux bancs de sables

d'où émergent de gros bancs de grès. Les rives sont couvertes d'alluvions très épaisses et on n'aperçoit aucun indice de charbon. Mais l'épaisseur des couches à charbon, depuis la couche 3 jusqu'aux argiles rouges, est trop puissante pour qu'il n'y ait pas encore d'autres niveaux de charbon. Ces bancs de grès qui émergent des alluvions constituent certainement des toits et des murs remarquables.

Sur le Sofinambo, affluent Ouest du Ianapera, j'ai trouvé, à la partie supéreure de l'étage, une grosse couche de charbon (plus de 2 mètres).

Dans la partie Sud du golfe, le contact se fait normalement par l'intermédiaire des schistes noirs et conglomérats mais, parfois, les grès houillers viennent reposer directement sur les gneiss. A l'Ouest du Mont Raleva, un ruisseau recoupe toutes les couches, mais il coule malheureusement dans une petite vallée alluvionnaire qui ne montre rien.

M. EVESQUE a également décrit dans le ravin du Iamborompotsy (rivière d'Iaborotsy) une couche de 0 m. 40 (couche 4 de son numérotage). Un peu à l'Ouest, la faille d'Iaborotsy effondre la Série rouge de Bekopay sur la lèvre Ouest. Sur la lèvre Est, on aperçoit une très petite bande de gneiss affleurant sur 50 mètres de large et 2 ou 300 mètres de long. Ce gneiss, vers l'Est, est recouvert normalement par les Schistes noirs et conglomérats, puis par les Couches à charbon (et c'est là qu'apparaît la couche 4), et enfin par la Série rouge. M. EVESQUE indique une faille dans la série sédimentaire. Je n'ai rien vu de semblable. Il y a simplement des éboulis très importants en relation avec des ruptures de pentes accentuées du lit de la rivière.

Je n'ai pu voir que la partie supérieure de la couche, sa base affleurant dans un trou d'eau occupé par un caïman. La puissance de la couche n'est pas inférieure à un mètre. M. EVESQUE donne : grès-charbon 0.40; schiste noir 0.40; schiste noir noduleux 0.50. Cette couche doit se trouver vers le milieu de l'étage à charbon. Au-dessus, dans les taillis qui dominent la rivière, j'ai aperçu quelques indices charbonneux, mais les fouilles que j'ai entreprises, d'ailleurs peu profondes, ne m'ont donné aucun résultat positif.

En résumant ce qui concerne le golfe du Ianapera proprement dit, nous trouvons :

Etage à charbon
- Partie supérieure. Couche du Sofinambo : 2 mètres.
- Partie moyenne. Couche de l'Ambotompotsy : 1 mètre.
- Partie inférieure. Couches du Ianapera : 1 m. 50 et 2 m. au Ianapera, devenant 0 m. 30 et 5 m. à Colcanap.

Admettons une puissance moyenne de 4 mètres pour les deux couches de base, 2 mètres pour le Sofinambo, 1 mètre pour l'Amborompotsy, nous arrivons à une puissance totale de 7 mètres. Vu le peu d'étendue du golfe du Ianapera, il me paraît logique d'admettre la continuité de ces couches. Il est d'ailleurs à peu près certain que d'autres couches existent. Le Ianapera, depuis le petit éperon de gneiss grenatifères jusqu'aux argiles rouges, montre une puissance de 150 mètres de couches à charbon. En faisant des fouilles aux endroits convenables, on doit obtenir une très belle coupe, sans doute aussi riche que celle qui sera décrite plus bas, du Vohibory.

2) Golfe du Bekopay.

a) **Le Bekinana** offre une belle coupe, mais seulement dans la partie inférieure des couches à charbon. Le contact sur cette rivière se fait normalement au Sud par l'intermédiaire du conglomérat recouvert par les schistes noirs. Les couches à charbon leur font suite. J'y ai découvert plusieurs niveaux de charbon.

On voit d'abord un premier faisceau charbonneux :

I
- Toit de grès.
- Grès tendres.
- Charbon : 0 m. 80 à 1 m. 20.
- Schistes et schistes gréseux rouges : 1 mètre.
- Charbon : 0 m. 60 à 1 mètre.
- Schistes et grès rougeâtres : 4 mètres.
- Mur de grès.

Au-dessus, on rencontre un deuxième faisceau montrant :

II
- Toit de grès.
- Charbon : 0 m. 25.
- Schistes et charbon : 1 mètre.
- Charbon : 1 m. 50.
- Schistes gréseux rougeâtres : 2 m. 50.
- Charbon : 3 mètres.
- Schistes.
- Mur de grès.

Au-dessus encore, on rencontre :

III
- Toit de grès.
- Charbon : 2 m. 40.
- Schistes : 2 mètres.
- Mur de grès.

Dans un petit affluent Est de la rivière, on voit des traces de charbon qui sont au-dessus du faisceau III. Ce ruisseau se jette entre les affleurements I et II.

C'est la première fois que nous rencontrons des sédiments rouges dans les couches à charbon. J'insiste sur le fait que ce sont des schistes gréseux et non des argiles.

Au-delà de ces affeurements, la rivière recoupe encore les gneiss, le conglomérat et les schistes noirs, puis une petite faille locale vient faire buter la série rouge sur les schistes noirs. Au-delà, commence la plaine alluviale de Bekopay.

b) **La rivière Ampiha** recoupe aussi tous les terrains sédimentaires inférieurs. On voit successivement le conglomérat de base, les schistes noirs et les couches à charbon avec du charbon. Je n'ai fait que des fouilles très superficielles, qui, au Nord-Ouest du village d'Ampiha, m'ont montré deux couches, dont une assez puissante.

Le ruisseau de Vohimariry recoupe des alluvions et ne montre pas grand chose.

A l'Ouest de Bekopay, le contact se voit mal. On distingue néanmoins les grès blancs des couches à charbon, puis la série rouge.

Dans les divers ruisseaux qui forment l'Andakato, on voit le contact se faire par l'intermédiaire des schistes noirs et conglomérats, avec parfois quelques cassures. Les couches à charbon sont recouvertes par les alluvions. Il y a quelque part une dislocation qui fait plonger la série rouge à l'Ouest puis tout redevient régulier. Dans le lit principal de l'Andakato, à l'Ouest du village, j'ai rencontré dans la série rouge inférieure une couche brunâtre qui est probablement du charbon.

c) **L'éperon d'Anjaha.** — Au Sud, cet éperon formé de schistes cristallins est recouvert normalement par les couches sédimentaires, mais le manque de ruisseaux empêche de voir le charbon. On reconnaît néanmoins les grès houillers à feldspaths blancs. La pointe Est montre aussi un recouvrement normal avec, dans une petite cuvette synclinale, une couche de charbon bien appa-

rente, puissante d'environ 2 mètres. Les Schistes noirs de la base renferment quelques lits de schistes rouges.

Au milieu du sédimentaire, et un peu à l'Est, un petit îlot métamorphique affleure à la faveur d'une faille qui fait apparaître, plus au Sud, un deuxième îlot que recoupe l'Iboaka. Cet îlot est recouvert par les schistes noirs et conglomérats, puis par les couches à charbon.

La physionomie de l'Iboaka est ici identique à celle de l'Amborompotsy. Une rupture de pente a déterminé une érosion en gorge avec chute d'énormes éboulis qui encombrent le lit de la rivière, rendant les recherches difficiles. J'ai néanmoins trouvé un petit affleurement de charbon de quelques décimètres. En fouillant sous les éboulis, cette rivière, qui entame très fortement les formations, est susceptible de donner une très belle coupe.

Vers le Nord-Ouest du bassin du Ianapera, la série rouge inférieure qui, à l'Ankazondrenitsa, recouvre seulement les schistes noirs, vient déborder jusque sur le métamorphique, masquant ainsi les séries inférieures.

LE GOLFE DU VOHIBORY

Le golfe du Vohiboroy est limité à l'Est par l'éperon métamorphique du Mandrianby et à l'Ouest par l'éperon du Bevalaha. La série rouge inférieure débordant sur les couches sédimentaires de base vient recouvrir les extrémités de ces deux pointes. Au fond du golfe, les couches à charbon affleurent partout. Les grès à charbon se voient nettement dans le ruisseau qui passe près de Bévinda. Au pied de la colline d'Ambatovolamena, de nombreux torrents recoupent les couches à charbon. Cette partie du golfe a subi jadis une active exploitation aurifère dans les alluvions et, en beaucoup de points, le substratum est à nu. Les couches de charbon se voient nettement, parfois très peu altérées.

J'ai surtout étudié la superbe coupe naturelle de la rivière Andranomena qui m'a montré :

14 Série rouge inférieure.
13 Charbon VI (La couche affleure sous des éboulis que je n'ai pas déblayés. Il y a là vraisemblablement une grosse couche d'au moins 2 mètres.)
12 Grès et schistes.
11 Charbon V : 1 m. 50.

10 Grès.
9 Charbon IV : 2 mètres au minimum.
8 Grès.
7 Charbon III : 0 m. 30 à 0 m. 40.
6 Grès.
5 Charbon II { 1 m. 50 charbon. / 1 m. 60 schistes. / 2 m. charbon.
4 Grès.
3 Charbon : 1-2 mètres.
2 Schistes et grès houiller.
1 Schistes noirs et conglomérats (Deux niveaux de conglomérats, dont le premier, à la base, recouvre les gneiss).
0 Gneiss.

J'ai simplement dégagé les affleurements mais sans entrer dans les couches. Aussi la puissance totale de 13 mètres doit-elle s'augmenter notablement en profondeur.

J'ai fait, en outre, quelques fouilles sur la piste de Vohibory à Bekopay, à quelques centaines de mètres de l'Andranomena. J'ai trouvé trois couches (de bas en haut) :

C 0 m. 50.
B 2 mètres.
A 0 m. 25.

Les couches A et B sont à la base et doivent correspondre aux couches II de la rivière. Je les ai attaquées à flanc de coteau, et il y a là un affaissement des bancs de grès. En particulier, la couche B, où j'ai poussé une petite descenderie de 3 mètres de profondeur, montre des marches d'escalier.

Dans la partie Ouest du golfe qui s'enfonce vers le Vohiposa, on voit aussi très nettement les couches à charbon.

Au point de vue de la tectonique, le golfe forme une cuvette synclinale. Les alluvions masquent souvent le substratum, mais il ne semble pas y avoir de dislocation. Sur l'éperon de Bevalaha, les argiles rouges recouvrent normalement les gneiss. Sur l'Andranomena qui traverse l'éperon gneissique, le contact est caché. Je dois signaler néanmoins qu'à Bevinda le contact gneiss sédimentaire se fait par des grès et non par le conglomérat de base. Je ne pense pas qu'il y ait faille car, plus au Nord, les argiles rouges recouvrent ausi normalement l'éperon de Mandriamby. La pointe de l'éperon est cachée sous une végétation intense qui ne permet

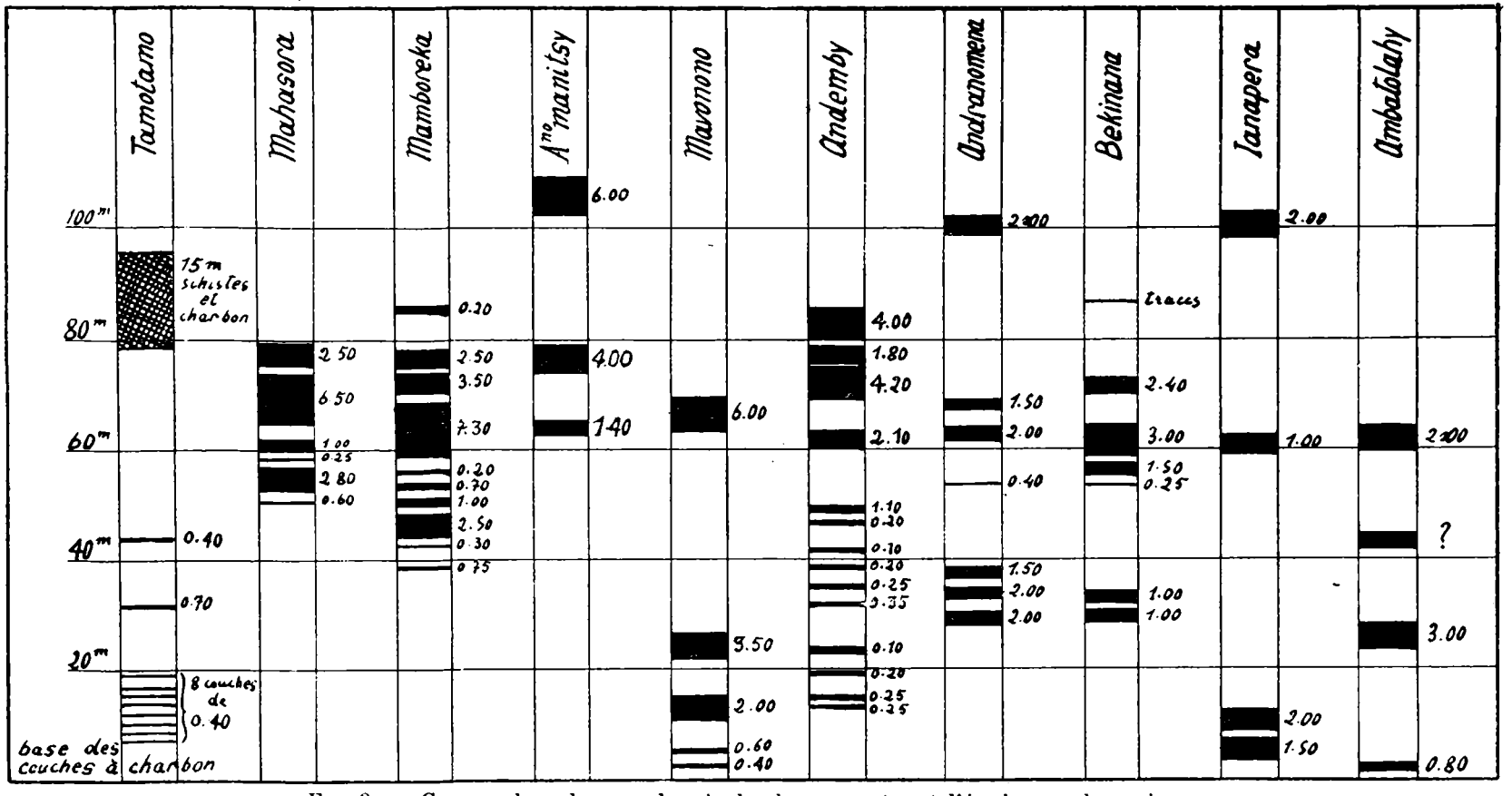


FIG. 2. — Coupes dans les couches à charbon, montrant l'épaisseur des veines.

guère de reconnaître les couches. Il se peut que les couches de Sakamena viennent le recouvrir.

LE GOLFE DE LA SAHAVASY

Ce golfe est limité, à l'Est, par l'éperon de Bevalaha et, à l'Ouest, par l'éperon d'Ambalatsiefa qui le sépare du bassin de la Sakoa.

Sur l'éperon de Bevalaha, à la traversée de l'Andranomena, le contact se fait par l'intermédiaire du conglomérat de base recouvert par les schistes noirs. Je n'ai pu voir s'il y avait un deuxième niveau de conglomérat. La rivière recoupe ensuite les couches à charbon. J'ai mis à nu une couche de 1 m. 50.

Dans tout le golfe, l'étage des schistes noirs et conglomérats affleure largement. Il y a beaucoup d'alluvions et peu de rivières. Je n'ai pu faire des recherches aussi précises que j'aurais voulu. J'ai néanmoins rencontré le charbon à quelques centaines de mètres à l'Ouest du point où je l'ai vu sur la rivière. Là, sur le flanc Sud d'une colline, j'ai dégagé deux couches, l'une d'un mètre, l'autre plus faible.

La Sahavasy, depuis Maromainty, serpente autour du contact gneiss-sédimentaire. J'ai levé la coupe suivante :

12	Série rouge inférieure.	
11	Grès feldspathiques blancs.	Couches à charbon.
10	Confluent Bemelo-Sahavasy.	
9	Grès à feldspaths blancs.	
8	Couche de charbon d'au moins 3 m.	
7	Grès à feldspaths blancs.	
6	Grès à ciment calcaire, caverneux.	
5	Grès et schistes noirs.	
4	Petit affluent Est.	
3	Grès et schistes.	
2	Affluent Est.	
1	Conglomérat à nodules de schistes.	
0	Gneiss.	

Le lit de la Sahavasy est recouvert de sables très abondants qui masquent à peu près tout. J'ai creusé un puits qui m'a montré la grosse couche 8, dont l'épaisseur doit être considérable si j'en juge par les bancs de grès paraissant former le toit et le mur et qui sont à sept ou huit mètres de distance. Le puits est creusé sur la rive gauche de la rivière à 110 mètres au Sud du confluent du Bemelo.

M. JAMET a fait une tranchée à quelques centaines de mètres de la Sahavasy et au Nord de mon puits. Il a trouvé une couche de charbon.

LE BASSIN DE LA SAKOA

Le bassin de la Sakoa, après les travaux de recherches de la mission du Syndicat d'études, est actuellement très bien connu. Les premiers travaux ont porté sur les rivières Andemby, Mavonono, Andranomamitsy, Mamboreka et Mahasora qui recoupent toutes les couches inférieures du groupe de la Sakoa. Des descenderies, dont plusieurs s'enfoncèrent jusqu'à 80 mètres avec des galeries d'allongement, furent entreprises. Ces travaux montrèrent la parfaite continuité des couches de charbon et l'épaississement de la puissance en profondeur qui se montra toujours plus grande que dans la zone décomposée. En outre, des tranchées creusées entre les rivières à des distances assez rapprochées, révélèrent l'existence constante de couches de charbon.

Une des caractéristiques de la géologie du bassin de la Sakoa est que les couches à charbon reposent sur une grande épaisseur de schistes noirs et conglomérats (plus de 100 mètres). Nous sommes ici loin des rivages bordant les immenses marécages qui devaient s'étendre vers l'Est. On trouve, en effet, quelque témoins de grès houillers conservés sur la pénéplaine cristallophyllienne dans le voisinage du mont Beteny. Il est probable qu'autrefois le bassin de la Sakoa rejoignait le bassin de Bekopay. Une érosion postérieure a enlevé ces couches dont il reste encore quelques témoins.

Les couches à charbon du bassin de la Sakoa présentent dans leur partie moyenne un banc de grès arkosique dont l'épaisseur varie de deux à dix mètres et qui se place vers le milieu de cet étage, délimitant ainsi un faisceau supérieur et un faisceau inférieur de couches de charbon. Le faisceau inférieur est assez irrégulier et comporte un nombre de couches très variable dont la plupart ont de faibles épaisseurs. Les mineurs du Syndicat d'études n'ont considéré dans ce faisceau que trois couches assez importantes qu'ils ont numérotées de bas en haut, 1, 2, et 3. Le faisceau supérieur est beaucoup plus régulier. Il montre toujours deux grosses couches (4 et 5).

On connaît dans le bassin de la Sakoa :

Ademby.	14	couches donnant au total	10 m. 25	de charbon
Mavonono.	5	»	11 m. 25	»
Andranomanitsy. . . .	3	»	9 m. 70	»
Mamboreko.	10	»	16 m. 25	»
Mahasora.	6	»	11 m. 25	»

Le tableau de la figure 2 donne le détail de ces couches.

La puissance moyenne des couches du bassin est de 11 m. 50. Ce chiffre est l'ordonnée moyenne de la courbe de variation des puissances en fonction de la distance.

Aux affleurements, le pendage des couches varie de 18° (Ademby) à 25° (Mahasora). Il diminue légèrement et progressivement en allant vers l'Ouest et dans la vallée de la Sakoa, il se maintient entre 14° et 18°.

LE GOLFE DU VOHIPOTSY

La majeure partie du golfe de Vohipotsy est recouverte par la série rouge inférieure. A l'Est de Mahasora, dans la partie Est du golfe, les couches à charbon et la série de base affleurent près de Beomby, mais une faille les isole des couches de Mahasora. A mesure que l'on descend vers le Sud, on assiste à l'avancée de la série rouge qui vient surmonter les schistes noirs, puis les gneiss. Au point où la Sakoa quitte les gneiss pour entrer dans le sédimentaire, il paraît y avoir une légère fracture ou flexure au contact.

Au fond du golfe, les couches à charbon affleurent au Nord-Est du village de Vohipotsy. Les schistes noirs et conglomérats sont très peu épais. Immédiatement au-dessus de deux mètres de conglomérat vient une couche de charbon de un mètre à 1 m. 50. L'étage de charbon visible semble avoir ici de 50 à 60 mètres d'épaisseur. Il y a certainement plusieurs couches mais, faute de coupes naturelles, je n'ai pu les repérer.

Au Sud de Beora, le conglomérat de base surmonté par les couches à charbon avec charbon visible repose sur les gneiss; mais l'affleurement est très restreint.

Dans la partie Ouest du golfe, les couches de Sakamena viennent recouvrir la série rouge et le contact aux terrains métamorphique de l'Irangotsy se fait par l'intermédiaire du conglomérat de la base du groupe. Il doit exister une fracture sur le versant

oriental de l'Irangotsy, car la série rouge toute entière plonge contre les gneiss. Cette fracture doit être antérieure au dépôt des couches de Sakamena.

LA RÉGION DE SAKAMASAY

La tectonique de la région de Sakamasay est assez compliquée, par suite de la présence d'un réseau de failles qui appartiennent au système de fracture de l'Ehazoara.

Le premier affleurement de charbon a été trouvé par E. JAMET sur la rivière Sakamasay. Lors de ma prospection de 1927, j'ai débrouillé la géologie de la région en faisant quelques tranchées. J'ai vu ainsi que l'affleurement découvert par E. JAMET faisait partie d'une bande des couches à charbon relevée à la faveur de failles et se prolongeant sur environ trois kilomètres. J'avais reconnu, par ailleurs, l'existence des couches à charbon en série normale cette fois, entre la Sakamasay et l'Irantgotsy. Les travaux du Syndicat d'études ont confirmé mes prévisions et ont montré l'extension des couches à charbon en place jusqu'à Tamatamo. J'avais indiqué l'existence d'une faille dans cette région, et ma carte de 1927 faisait buter la série rouge contre les gneiss. Cette faille a été recoupée par plusieurs tranchées qui ont montré qu'en réalité c'est la partie inférieure des couches à charbon qui bute contre la partie supérieure de cet étage avec un rejet qui peut atteindre quelques dizaines de mètres.

Les couches de cette région ont la même allure que sur la Sakoa. On trouve toujours le banc de grès arkosique séparant le faisceau inférieur du faisceau supérieur.

De Tamotamo à Sakamasay les tranchées ont recoupé les couches suivantes :

1) **Nord Tamotamo.** — A la base, gneiss puis conglomérat, 6 mètres de schistes noirs, huit petites couches de charbon de 0 m. 40 à 0 m. 50, 10 mètres stériles, 0 m. 70 de charbon, 10 mètres stériles, 0 m. 40 de charbon, 20 mètres stériles avec banc de grès arkosique, 10 à 15 mètres de charbon et schistes.

2) **2 kilomètres au Sud de Tamotamo.** — A la base, schistes noirs puis schistes et grès, quatre petites couches de charbon de 0 m. 20 à 0 m. 40, 10 mètres stériles, 2 couches de charbon de 1 mètre, séparées par 0 m. 50 de grès, 1 mètre de grès et schistes,

une couche de charbon perturbée, faille, 3 mètres de grès et schistes, faille, zone brouillée avec grès, schistes, argiles rouges, puis, charbon et schistes, 1 mètre de schistes francs et 10 à 15 mètres de charbon avec schistes, une vingtaine de mètres de stériles, un lit de charbon. Cette tranchée était encore dans une partie trop superficielle et décomposée pour essayer de rétablir la coupe réelle dérangée par les failles.

3) **3 kilomètres 700 au Sud de Tamotamo.** — Cette tranchée et la suivante avaient pour but d'étudier le faisceau supérieur. On débute ici dans des schistes supérieurs au banc de grès arkosique séparant les deux faisceaux, puis on trouve 0 m. 50 de charbon, 1 mètre de schistes et charbon, 1 mètre à 1 m. 50 de schistes francs, 8 mètres de schistes et charbon, 20 mètres de grès.

4) **3 kilomètres 850 au Sud de Tamotamo.** — Grès arkosiques, schistes, 1 mètre de charbon, schistes, charbon et schites, faille, grès arkosique.

5) **4 kilomètres au Sud de Tamotamo.** — A la base, schistes noirs, 20 mètres de schistes et grès, 0 m. 40 de schistes charbonneux, 0 m. 30 de grès, 0 m. 25 de charbon, 10 mètres de grès, 3m. 50 de charbon, 1 m. de grès, schistes, zone brouillée, série rouge inférieure.

6) **5 kilomètres au Sud de Tamotamo ou 500 mètres au Sud de la rivière Irangotsy.** — Conglomérat, schistes noirs affleurant sur 140 mètres, trois petites couches de charbon de 0 m. 10 à 0 m. 40, grès, schistes, 1 mètre de charbon, grès et schistes, 3 mètres de charbon et de schistes. Faisceau supérieur non atteint.

7) **1 kilomètre 700 au Sud de l'Irangotsy.** — Schistes noirs, grès, neuf petites couches de charbon (0.05, 0.20, 0.20, 0.15, 0.40, 0.20, 0.05, 0.40, 0.50) 3 mètres de grès arkosiques, 0 m. 30 de charbon, grès, 0 m. 40 de charbon, grès et schistes, 7 à 8 mètres de charbon et schistes.

8) **2 kilomètres au Sud de l'Irangotsy.** — Schistes noirs, six petites couches de charbon (0.30, 0.10, 0.10, 0.10, 0.10, 0.20), grès arkosique, deux petites couches de charbon (0.10, 0.20), grès et schistes, 1 m. 50 de schistes et charbon, 0. 40 de charbon, grès, 1 m. 50 de schistes et charbon, schistes, 0 m. 10 de charbon, grès schistes et grès, 4 mètres de schistes et charbon.

Au Sud de la tranchée 8, se produit un décrochement. La continuité est interrompue en direction, mais on retrouve les couches à charbon à trois ou 400 mètres un peu plus à l'Ouest où elles s'allongent sur deux ou trois cents mètres.

9) **5 kilomètres au Nord de la piste de Betioky et à 500 mètres au Sud de la tranchée précédente.** — Grès arkosiques, schistes, trois petites couches de charbon de 0 m. 20, 15 mètres de schistes et charbon.

10) **4 kilomètres 500 au Nord de la piste de Betioky.** — Cette tranchée montre l'épais faisceau supérieur de schistes et charbon.

11) **2 kilomètres au Nord de la piste de Betioky.** — Grès et schistes, quatre petites couches de charbon (0.30, 0.35, 0.30, 0.50), gros banc de grès, deux petites couches de charbon (0.50, 0.10); grès et schistes avec trois petites couches de charbon (0.20, 0.10, 0.40) grès, 2 mètres de charbon, 0,40 de schistes, 4 mètres de schistes et charbon.

12) **500 mètres au Nord de la piste de Betioky.** — Schistes noirs et conglomérats, schistes et grès, six petites couches de charbon (0.10, 0.20, 0.15, 0.40, 0.10, 0.20), grès arkosique, 0 m. 50 de schistes, 3 m. 50 de charbon avec des lits schisteux, 2 mètres de grès et schistes, 5 mètres de charbon et schistes.

13) **Tranchée à 2 kilomètres au Nord-Ouest de Sakamasay.** — Cette tranchée recoupe le lambeau des couches à charbon relevé par une faille au milieu de la série rouge inférieure. On y voit : schistes noirs et conglomérats, schistes, charbon, petite faille, grès, schistes et grès avec deux petites couches de charbon (0.40 et 0.35) 2 mètres de grès, 8 mètres de schistes et charbon. Dans le prolongement de cette tranchée, et au Sud de la rivière, j'ai trouvé dans les grès à charbon une couche de carbonate de fer avec des empreintes de *Glossopteris* et *Gangamopteris*.

14) **Tranchée à 5 kilomètres au Sud-Ouest de Sahamasay.** — Cette tranchée montre le faisceau inférieur avec cinq petites couches de charbon et le faisceau supérieur.

15) **Tranchée au Nord d'Analahiva.** — Cette tranchée ne présente que sept à huit petites couches de charbon de 0 m. 05 à 0 m. 10; une seule atteint 0 m. 20.

16) **Tranchée à l'Ouest d'Analahiva.** — On ne voit plus que deux petites couches.

Il résulte de ces travaux que, dans la région comprise entre Sakamasay et Tamotamo, les couches à charbon sont très voisines de celles étudiées sur la Sakoa. *Il est bien entendu que les énumérations de schistes et charbon correspondent à des couches de charbon altérées aux affleurements et qu'en profondeur on rencontrera du charbon intact avec une puissance plus considérable.*

La région de Sakamasay est assez riche en petites intrusions d'ankaratrites limburgitiques formant des dykes peu importants. On les rencontre dans les couches à charbon, près de la tranchée n° 13 et, plus au Sud, dans la région d'Analahiva. On n'a vu jusqu'à présent aucun contact du charbon avec ces roches éruptives.

LE CHARBON DE LA SERIE ROUGE INFERIEURE

En 1927, j'ai trouvé une couche de charbon d'au moins un mètre d'épaisseur dans la série rouge de la rivière Sakamasay, au confluent du principal affluent Sud de cette rivière que l'on rencontre en aval du village. Cette couche a pour toit un banc de grès vert à feldspaths roses. Son mur est inconnu. Il n'a été fait aucun travail sur cet affleurement dont l'importance est considérable. J'ai, en effet, signalé l'existence probable d'une couche de charbon dans la série rouge d'Andakato (golfe de Bekopay). *Le problème se pose de savoir s'il existe des horizons charbonniers continus dans la série rouge inférieure.*

LA TERMINAISON DU BASSIN CHARBONNIER VERS LE SUD

Les tranchées de la région d'Analahiva nous ont montré la grande diminution d'épaisseur des couches de charbon. L'étage qui les renferme est lui-même assez réduit. Il semble s'épaissir à nouveau vers Antararatsy où j'ai reconnu la présence du charbon. Au Sud d'Antararatsy, des alluvions récentes, couvertes d'une abondante végétation, viennent masquer tous les affleurements. Un petit golfe sédimentaire à environ cinq kilomètres au Sud de ce village laisse voir, néanmoins, l'existence des schistes noirs et conglomérats et des grès à charbon. Vers le Sud, tout disparaît

sous les forêts d'Ambatomainty à la sortie desquelles, à quelques kilomètres au sud de l'Eliva, sur la route d'Edjeda, on voit des calcaires du Crétacé supérieur recouvrir transgressivement les schistes cristallins.

*
**

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES - NATURE DU CHARBON

Le bassin charbonnier que nous venons d'étudier nous a montré l'indiscutable continuité des couches de charbon. Partout où des fouilles ont été effectuées, elles ont rencontré du charbon. A propos du bassin de la Sakoa, nous avons parlé incidemment de lignes de rivages. Il y a, en effet, au voisinage de la région charbonnière de hauts sommets formés par les schistes cristallins (Vohibory 600 m., Vohiposa 500 m., Andranomena 500 m., etc...) qui devaient émerger au-dessus de la pénéplaine cristallophyllienne sur laquelle se sont déposés les premiers sédiments du Karroo. Nous trouvons la preuve de l'ancienne extension du bassin charbonnier vers l'Est dans l'existence des témoins des couches à charbon respectées par l'érosion. A l'Est de la grande faille qui limite le bassin du Ianapera on trouve, au voisinage d'Ankazomanga, un lambeau isolé assez important qui forme un cercle d'environ deux kilomètres de diamètre. Au-dessus des schistes noirs et conglomérats, on rencontre la partie inférieure des couches à charbon avec deux bancs de charbon, bien visibles sur le cours de l'Ankazomanga.

Le voisinage du rivage a-t-il une influence sur l'épaisseur et le nombre des couches de charbon? Je ne le pense pas, car c'est au pied du Vohibory, point culminant de la région (il domine de plus de 250 mètres la plaine gréseuse), que nous avons trouvé les superbes couches de l'Andranomena. Or, le Vohibory était certainement émergé lors du dépôt des couches à charbon. De même, l'îlot gneissique de Tamotamo, qui domine de 80 mètres la plaine gréseuse, était aussi certainement émergé. Or, c'est à sa base immédiate que nous avons vu de très belles épaisseurs de charbon. Ceci posé, il est probable que la réduction des couches de charbon dans la région d'Analahiva n'est pas du tout en rapport avec la proximité d'une ligne de rivage hypothétique.

Nature du charbon. — Le charbon de la Sakoa est une roche

très dure qui supporte les manutentions sans se briser. Il est formé d'une alternance de lits brillants et de lits ternes, d'épaisseurs variables. Certaines couches montrent la prédominance du charbon terne, alors que l'inverse a lieu pour d'autres. La moyenne des analyses des gisements de la Sakoa a donné un pouvoir calorifique de 6.178 calories. Le pouvoir calorifique moyen de l'une des couches (Couche n° 4) est de 6.640 calories.

Les tableaux ci-joints, que j'emprunte à une étude récente de J. GOURSAT (1) indiquent les principales caractéristiques de ce combustible :

Lieu	Couches	Humidité	Cendres	Matières volatiles	Carbone fixe	Pouvoir calorifique
Mahasora.	3	1.47	31.91	29.62	38.47	5.227
Mavonono.	4	2.38	13.15	27.26	59.59	6.772
Andranomanitsy . . .	4	2.49	15.74	24.80	59.46	6.506
Andemby.	5	2.27	22.47	33.67	43.96	6.178

COUCHE 4 DE MAVONONO

	Humidité	Cendres	Matières volatiles	Carbone fixe	Pouvoir calorifique	Soufre
Charbon terne...	2.28	10.20	26.43	60.63	7.174	0.70
Charbon brillant.	2.43	9.66	28.18	59.73	7.058	0.43
Ensemble.	2.68	10.26	27.20	60.32	7.174	0.59

Tous les travaux de recherches, descenderies à 80 mètres et galeries d'allongement avec essais d'exploitation, n'ont jamais rencontré de grisou.

Il importe de remarquer que nous ne savons rien de la nature des charbons d'une très grande partie du bassin charbonnier (Sahavasy, Andranomena, Bekinana). Une étude technique s'impose, qui fera peut-être connaître un combustible de qualité supérieure.

COMPARAISON ENTRE LE BASSIN CHARBONNIER DU SUD-OUEST DE MADAGASCAR ET LES BASSINS CHARBONNIERS DE L'AFRIQUE DU SUD

Les charbons de la série d'Ecca, en Afrique du Sud, forment des couches peu nombreuses, mais d'épaisseurs remarquables. Des couches de 4 à 7 mètres se rencontrent fréquemment. Les

(1) J. GOURSAT. Le bassin houiller du S.-O. de Madagascar. *Annales des Mines*, t. XVI, 7e et 8e livraison, 1929.

sondages ont montré le grand développement latéral de ces couches et leur continuité individuelle. La plupart possèdent un mur de grès et sont plus pures et plus homogènes dans leur partie inférieure. Les parties supérieures présentent, en effet, de nombreux mélanges de schistes. En général, les charbons sont localisés dans une zone étroite au milieu de la série d'Ecca mais, parfois, par suite de la diminution progressive des couches inférieures, on les rencontre plus près de la base. Les intrusions doléritiques ont amené la formation d'anthracite, en particulier au Natal.

L'origine des charbons a été étudiée par MELLOR, dans le district de Witbank. Cet auteur conclut à une formation autochtone. Il a remarqué que, malgré la variabilité des couches en dessus et en dessous, les couches de charbon sont remarquablement uniformes en puissance et en qualité sur des étendues qui atteignent parfois plusieurs centaines de milles carrés. C'est seulement près des anciens rivages ou des sommets émergé que la nature des charbons change rapidement; des coupes voisines ne peuvent se comparer. On a rencontré à Vereeniging une forêt fossile formée par des troncs d'arbres conservés à la partie supérieure du charbon.

La région de Vryheid fournit plus de la moitié de la production du Natal. Elle montre les restes d'un important bassin charbonnier qui se reliait à ceux du district d'Utrecht, mais une très grande partie a été enlevée par l'érosion. On trouve à Vryheid quatre couches : Alfred, Gus, Dundas et Coking ayant respectivement 1 m. 20, 1 m. 20, 1 m. 65, 0 m. 80. Gus est la plus importante. Le charbon est de bonne qualité avec de basses teneurs en cendres et en soufre. Le pouvoir calorifique va de 6.070 à 6.520 calories. Une bonne partie est cokéfiable.

La région d'Utrecht montre, près de Paulpietersburg, quatre couches semblables à celles de Vryheid ayant un pouvoir calorifique de 6.200 calories, mais les cendres sont fusibles.

La contrée de Witbank est la plus importante des régions charbonnières de l'Union. On y trouve cinq couches, parmi lesquelles l'inférieure est exploitée dans une aire restreinte, étant ailleurs trop faible ou absente. Ce fait est dû, en partie, au dépôt des couches à charbon sur des hauts fonds pré-Karroo. Les couches 1, 4 et 5 atteignent 2 m. 40, mais la couche 2 n'a pas moins de 5 m. 40 et atteint parfois 9 mètres. La partie inférieure est seule

bonne. Cette couche fournit la plus grande partie de la production. Les réserves de Witbank étaient estimées, en 1922, à huit milliards de petites tonnes ayant un pouvoir calorifique de 5.090 calories, mais là-dessus, un milliard 300 millions de tonnes possèdent un pouvoir calorifique allant de 5.410 à 5.930 calories.

Dans la région de Spiring, les charbons sont irréguliers. Une couche dans l'Apex Brakpan atteint 6 m. 60 et 7 m. 80; la partie inférieure est seule exploitée. A l'Est de Welgedacht on trouve trois couches. L'inférieure a de 2 m. 10 à 12 mètres, la moyenne de 5 m. 10 à 13 m. 60; on n'exploite que la base de la couche inférieure. Le grand bassin charbonnier d'Heidelberg, au Sud du Rand, montre une couche principale de 16 mètres; les travaux sont localisés aux deux mètres de la base.

La plus belle épaisseur de charbon de l'Union se trouve près de Springbok Flats, au voisinage de la ferme Grott Geluk. Les couches de charbon atteignent au total une puissance de 45 mètres avec, à la base, des couches de 4 à 8 mètres, puis de nombreuses couches de 2 à 3 mètres.

Les mines du Transvaal sont généralement dépourvues de grisou. C'est le cas des mines du Sud du Rand qui sont exploitées à environ 200 mètres de profondeur. Les mines du Natal, au contraire, sont très grisouteuses. Il est admis, aujourd'hui, que les dykes de dolérites ne sont pour rien dans l'origine des grisous, mais que ces dykes et les sills et coulées qui leur sont associés forment des barrages qui s'opposent à l'écoulement du gaz. En général, les mines d'affleurement où le charbon est travaillé à flanc de coteau, comme dans les districts de Vryheid et d'Utrecht, ne sont pas grisouteuses, mais si l'on s'enfonce à une profondeur de plusieurs dizaines de mètres on a beaucoup de chances de trouver du grisou.

Le tableau ci-joint indique les principales caractéristiques des charbons de l'Union.

Mines	Humidité	Mat. vol.	C. fixe	Cendres	Pouvoir calorifique
Witbank.	0.94	27.04	59.96	13.82	5.910
Brakpan.	4.59	21.76	52.50	21.50	4.220
Natal navigation..	0.90	21.78	69.91	7.41	6.360 à 6.880
Vryheid.	0.70	20.46	68.28	9.90	6.590
Vereniging.	5.40	22.48	50.80	19.95	4.360

Cette rapide revue des bassins charbonniers de l'Union Sud-Africaine montre les grandes analogies entre ces bassins et celui du Sud-Ouest de Madagascar. Le nombre et les épaisseurs des couches sont parfaitement comparables. La nature du charbon est sensiblement la même. Il n'y a pas de différences essentielles dans les propriétés physiques.

CHAPITRE V

LES PRODUITS MINIERS DES SCHISTES CRISTALLINS AU VOISINAGE DU BASSIN CHARBONNIER

LES TERRAINS CRISTALLINS

Les terrains métamorphiques qui forment la bordure du massif cristallin sont en grande partie constitués par des gneiss de nature variée. Il est également des granites qui forment soit de petits massifs, soit des intrusions dans les gneiss. On rencontre enfin des roches intrusives basiques qui recoupent à la fois les schistes cristallins et les formations sédimentaires.

Le massif granitique le mieux individualisé forme les collines du Vohimany, au Nord du coude de la Sahavasy.

La roche la plus commune est un granite à biotite, dont la décomposition en boule donne à ces collines un aspect tout à fait caractéristique et unique dans toute la région.

A la base du Beteny, une injection de granite monzonitique à amphibole s'intercale dans des ortho-amphibolites feldspathiques. Au Nord du Vohimany, entre cette colline et le golfe de Bekopay, on trouve également un granite monzonitique à biotite.

Les granites n'ont qu'une très faible distribution. Les gneiss sont beaucoup plus abondants.

Les gneiss grenatifères sont très fréquents. Ils forment toute la région située au contact du terrain sédimentaire, depuis la basse vallée de l'Imaloto jusqu'à Colcanap. Certaines de ces roches sont exceptionnellement riches en grenats qui forment l'élément dominant. Le grenat est généralement de l'almadin-pyrope. Je rappelle que c'est dans la vallée de l'Imaloto que l'on a rencontré ces gneiss riches en gros grenats que A. LACROIX a comparés à la kinzigite de la Forêt Noire.

Les leptynites, grenatifères ou non, sont également très abondantes. Elles sont graphiteuses. Des leptynites franches forment toute la zone montagneuse qui va du Vohiposa à l'Andranomena. Les leptynites grenatifères et des leptynites à graphite se rencontrent dans la région de Berenty.

Les amphibolites forment généralement des couches lenticulaires au milieu de gneiss plus acides, mais on en rencontre aussi qui ont une plus grande importance. C'est le cas de la zone Vohibory-Antanambaba. Les amphibolites grenatifères sont communes dans la région de Colcanap, au voisinage du village d'Ankazomanga, sur les flancs du mont Ambindavato. Une grenatite amphibolique à spinelle se voit à 2 km. 500 à l'Ouest d'Ankarampotsy, avec une épidotite feldspathique. Une paraamphibolite à wernérite forme le flanc Est de la colline d'Ambatovolaména, près du Vohibory. J'ai rencontré une wernéritite au Sud du village de Lazarivo.

Les pyroxénites sont peu communes. Je signalerai des parapyroxénites à apatite dans l'éperon gneissique d'Ambalatsiefa et au Sud de Bemelo.

Les quartzites sont peu fréquents. Le sommet de l'îlot cristallin de Tamotamo en est formé. On en rencontre également entre le golfe du Ianapera et celui de Bekopay.

Les cipolins sont abondants le long de la faille qui limite à l'Est le basin du Ianapera. On en trouve des couches importantes dans la région au Nord de Fotadrevo. Les cipolins les plus proches des couches à charbon sont situés dans l'éperon de Bevalaha, au Nord-Est de Beomby, près de la Mahasora et dans l'éperon de l'Irangotsy, à l'Est d'Analahiva. Ils renferment fréquemment des paillettes de graphite. Ils peuvent fournir une chaux de bonne qualité.

Des serpentines à chrysotile se montrent au Vohibory, à l'Ambindavato, au Beteny, au Vohimariry, au Mandabe, aux environs de Soamanonga, d'Analahiva, d'Ankazomanga.

Des ankaratrites limburgitiques formant de petits dykes peu épais se rencontrent dans la région d'Analahiva où on les voit traverser à la fois les gneiss puis les schistes noirs et conglomérats. Un petit pointement plus important forme une colline à 3 kilomètres à l'Ouest de Vohipotsy.

***

LES GISEMENTS MINIERS DE LA BORDURE CRISTALLINE DU BASSIN CHARBONNIER

L'Or.

L'or est extrêmement répandu dans la région cristalline du pays Mahafaly, mais malheureusement en petite quantité. Presque toutes les alluvions en renferment ; j'ai fait des batées en de nombreux points et généralement j'ai obtenu quelques couleurs.

La région de Vohibory a été jadis l'objet d'une exploitation assez importante qui travaillait les alluvions de l'Andranomena, de ses affluents et surtout les éluvions de la colline d'Ambatovolamena au Nord du Vohibory. On voit encore, sur les flancs de cette colline, une mince veinule de quartz aurifère interstratifiée dans une paraamphibolite feldspathique qui, à la base, se charge de wernérite. Le quartz épais de 2 à 6 centimètres est d'un blanc laiteux, légèrement bleuté. Il ne présente pas de minéraux. On y a trouvé jadis d l'or visible. Actuellement, la veinule ne s'aperçoit plus que sur les parois d'un trou d'orpailleur.

La vallée qui va du Vohibory à Andakato renferme des alluvions fournissant une teneur appréciable en or, malheureusement en saison sèche, il n'y a pas d'eau en quantité suffisante pour le lavage.

Les ruisseaux au Sud-Est d'Iaborotsy roulent une faible quantité d'or. Les roches environnantes sont surtout des gneiss amphibolites.

Les alluvions de la Beteny sont très riches, tenant par endroits plusieurs grammes d'or à la tonne. On pourrait faire là de l'orpaillage. Le peu d'étendue de ces alluvions, qui forment surtout des placages dans une vallée encaissée, ne saurait se prêter à une exploitation industrielle; par contre, un travail par les procédés malgaches (lakantany et batée) serait susceptible d'une rénumération intéressante. Cette rivière roule de l'eau en toutes saisons.

La Beteny roule aussi de l'or et quelques couleurs d'un métal gris blanc, inattaquable aux acides et à l'eau régale. Je n'ai pu en obtenir qu'une quantité infime, beaucoup trop faible pour les essais de détermination.

Le Cuivre.

On connaît, depuis longtemps, un petit gisement de cuivre,

situé dans l'éperon gneissique de Bevalaha, à l'W. N. W. du Vohibory. Ce gisement est constitué par des veinules de quartz imprégnées de cuivre gris, et interstratifiées dans une épidotite quartzifère qui se trouve elle-même au contact d'une amphibolite feldspathique renfermant du sphène et de la magnétite.

Ce gisement, dont les permis de recherches ont été abandonnés, a fait l'objet d'une petite fouille superficielle. Il paraît n'avoir aucun développement en direction. Les veinules de quartz se montrent sur une dizaine de mètres, puis se coincent. L'absence de latérite et l'état parfaitement dénudé du terrain ne permettent pas de croire à une extension du gite. Les quartz du gisement sont, en effet, très colorés en vert par de la malachite secondaire, et on n'en rencontre pas du tout aux environs. Il est intéressant de constater que, comme dans le district cuprifère de Vohémar, le cuivre est encore associé à des épidotites.

La Phlogopite.

J'ai rencontré dans l'éperon gneissique d'Ambalatsiefa, et au Sud de Bemelo, des parapyroxénites susceptibles de renfermer de la phlogopite. Je n'ai pas prospecté ces affleurements. Néanmoins j'ai recueilli quelques morceaux d'apatite et ce minéral se trouve toujours associé au mica dans ces sortes de roches. Les affleurements qui m'ont paru susceptibles de donner lieu à des recherches sont :

Trois couches sensiblement Nord-Sud, dans l'éperon d'Ambalatsiefa, à l'Est du Zidany. L'une de ces lignes coupe la Sahavasy et se prolonge au Sud. Sur la rive Est de cette rivière, on voit assez fréquemment de l'apatite sur la pyroxénite.

Deux couches à l'Est et au Sud de Bemelo.

Quelques couches qui traversent la piste d'Ankilimarovatsy à Berenty.

La Muscovite.

La région de Bemelo, au Nord du massif granitique de Vohimamy, est très riche en pegmatites qui renferment de la tourmaline noire et de la muscovite. On a jadis exploité la région de Bemelo, mais l'absence de latérite empêche les concentrations de mica. La dureté de la roche que l'on doit attaquer à l'explosif grève lourdement le prix de revient.

La rivière Sahavasy, dans la partie où elle coule dans les gneiss

de l'éperon d'Ambalatsiefa, montre des pegmatites à gros cristaux de muscovite. Toute la zone de collines qui bordent à l'Ouest le golfe de Bekopay est aussi riche en pegmatites à muscovite; c'est le cas, en particulier, de la colline qui forme le mont Bekopay; j'y ai ramassé quelques morceaux d'amazonite.

Le Manganèse.

Le flanc Sud de la colline d'Ambindavato (2 kilomètres Est de Mavonono-Sakoa) montre à la surface du sol de gros blocs noirâtres. Ce sont là des morceaux d'une rhodonite rose pâle, altérée en surface sur plusieurs centimètres par suite de l'oxydation du manganèse. Cette roche renferme également des paillettes de graphite et de mica. La partie altérée très noire salit les doigts au toucher.

Je n'ai pu, malgré quelques travaux de recherches, voir ce minerai en place. Néanmoins, l'examen de nombreux fragments épars à la surface du sol m'a montré que, très fréquemment, la rhodonite est entourée d'une gangue quartzeuse. Le flanc Sud de notre colline est formé par la succession suivante :

4 Serpentine.
3 Orthoamphibolite feldspathique.
2 Quartz interstratifié.
1 Amphibolite grenatifère (glossulaire).

Généralement la serpentine se présente en intercalations qui semblent résulter de l'injection d'une ancienne roche dans les feuillets des couches, mais par endroits elle forme des pointements recoupant les gneiss.

J'estime qu'il y a de fortes probabilités pour que la rhodonite provienne des couches quartzeuses interstratifiées. Nous aurions là un gisement d'amas filonien.

J'insiste sur l'allure très particulière des blocs altérés. A première vue, on pense avoir affaire à une roche basique lourde. En y regardant de plus près, on voit nettement que les parties superficielles tachent les doigts. Les cassures des gros blocs arrivent toujours à montrer des parties intactes, dont la couleur rose pêcher est bien caractéristique.

Ce gisement que j'ai découvert en 1927 et que j'ai signalé en 1928 est *le seul de cette nature connu à Madagascar. Il ouvre une*

possibilité nouvelle aux prospections surtout dans toute cette région voisine du bassin charbonnier.

Le Graphite.

Le Sud-Ouest de Madagascar est très riche en gisements de graphite. Les plus importants se trouvent dans la région de Berenty tout près du golfe du Ianapera, puis plus au Sud dans la région d'Ampanihy.

Ces régions, exemptes de latérite, montrent le graphite constituant normal de certains gneiss. A. Lacroix considère le graphite comme résultant de la transformation d'une matière charbonneuse renfermée dans la roche sédimentaire originelle. Tous les gneiss graphiteux que j'ai rencontrés dans le Sud-Ouest semblent bien être des paragneiss et ceci résulte pour moi de leur association constante à des cipolins, à des paraamphibolites, à des parapyroxénites et à des grenatites.

Les gneiss à graphite sont de natures variables. Je distinguerai surtout deux types. Le premier est formé par un gneiss porphyroïde à grands cristaux de feldspaths; je l'appellerai le gneiss glanduleux. Il forme des lentilles de dimensions variables, s'égrenant en chapelets sur des distances de plusieurs kilomètres. Le deuxième type est une leptynite à graphite, mais la teneur en ce minéral est beaucoup plus faible. La caractéristique constante de ces gneiss graphiteux est la profonde altération des felspaths. Le manque de cohésion de la roche facilite donc les travaux de recherches, mais ceux-ci ne sont jamais descendus en profondeur. On ne peut manquer d'être frappé par cette kaolinisation du feldspath des gneiss à graphite, alors qu'à côté, d'autres gneiss non graphiteux et des pegmatites montrent des feldspaths inaltérés. Il y a là un phénomène absolument indépendant du climat et il paraît plausible de le considérer comme une particularité spéciale de la roche graphiteuse. Il s'ensuit que, en profondeur, le gneiss graphiteux doit conserver ce manque de cohésion, et ceci est fort intéressant au point de vue de l'exploitation.

A Lacroix a montré que le graphite est en partie inclus dans les éléments silicatés des gneiss (quartz, feldspaths, amphiboles, pyroxènes) ce qui indique bien que ce minéral est contemporain de la roche.

La zone de Berenty. — Les gisements forment une traînée qui

va de Berenty jusqu'à l'Onilahy. La direction des couches est N. 10° E. et le plongement très fort à l'Ouest.

Les lentilles les plus riches se montrent à l'Est de Berenty-Ambany. Il y a trois zones parallèles, l'une d'elles est puissante de plusieurs dizaines de mètres.

Entre Berenty et Ankatrakatra, il ne semble pas y avoir de gisements importants.

Au contraire, la zone comprise entre la chaîne de l'Antetivato et l'Ankazomanga est très riche. On y voit 7 à 8 traînées parallèles, bien visibles à Ankatrakatra, à Bekopay, au pied du Vohitany, et à Ankazomanga.

Le graphite forme des paillettes dans le gneiss glanduleux. La principale caractéristique de la roche est son manque de cohésion. Au contraire des gneiss et leptynites encaissants qui sont durs, la roche graphiteuse est meuble.

Iaborano. — Entre Soamanonga et Lazarivo, au voisinage d'Iaborano, on rencontre des bancs de gneiss graphiteux, tout à fait analogues à ceux de Berenty. J'ai recoupé les formations et j'ai vu au moins 3 bandes assez épaisses de gneiss à graphite, mais je ne les ai pas suivies en direction. Ces gisements n'ont pas encore fait l'objet de bornage.

Lazarivo. — Au Sud de Lazarivo, j'ai rencontré quelques traînées de gneiss à graphite.

Cette rapide énumération des gisements de gneiss graphiteux dans une région sans latérite montre leur manière d'être, qui explique parfaitement l'allure lenticulaire des grands gisements de la côte Est où le graphite forme des bancs au milieu de la latérite.

On conçoit facilement qu'après latéritisation, les grosses couches graphitiques telles que celles de Berenty-Ambany puissent donner une épaisseur de plusieurs mètres d'un graphite à forte teneur.

L'exploitation des gisements de gneiss graphiteux du Sud-Ouest se trouvera bien désavantagée par rapport aux gisements latéritiques de la côte Est, d'abord parce que l'extraction sera d'un prix plus élevé, qu'il faudra procéder à un broyage de la roche et, en outre, parce que la distance des gisements au port le plus voisin

exigera un transport coûteux. Néanmoins *le Sud-Ouest présente une très importante réserve de graphite qu'il importe de ne pas méconnaître.*

L'Amiante chrysotile.

Toute la région du Sud de l'Onilahy est riche en affleurements de serpentines qui proviennent de la transformation de roches très basiques. Elles se présentent soit en bancs interstratifiés dans la série cristallophyllienne, soit en pointements intrusifs. Presque toutes ces serpentines renferment des filons de chrysotile.

Aux affleurements des filons, le chrysotile est pierreux, dur et ses fibres se séparent difficilement. Le résidu du broyage n'est pas souple. A quelques décimètres de profondeur, le minerai devient normal, se détache facilement des épontes et donne des fibres longues et soyeuses. Il faut retenir de ceci qu'il est impossible d'estimer la valeur de l'amiante sur un échantillon de surface. Je vais citer ici les points qui m'ont paru les plus intéressants.

Vohibory. — Le Vohibory, point géodésique de premier ordre, est constitué par un important massif de serpentine intercalé dans des orthoamphibolites feldspathiques sensiblement verticales. La masse de serpentine forme une grande partie de la montagne : elle apparaît au sommet et sur tout le flanc Sud, où elle forme un abrupt de plus de 300 mètres de hauteur. On y voit de nombreux filons de chrysotile, de giobertite et de trémolite. L'étude de ce gisement est malaisée car l'abrupt où se trouvent les plus beaux affleurements est très difficilement accessible.

Près du contact des terrains sédimentaires, une très belle serpentine jaune d'or forme un petit pointement isolé et serait susceptible de fournir une belle pierre d'ornementation.

Au Sud du Vohibory, auprès de la piste d'Andakato, un affleurement de serpentine a été prospecté par M. Jamet. Il montre de beaux filons de chrysotile, atteignant parfois plusieurs décimètres de puissance. La fibre est de bonne qualité, normale aux épontes comme d'habitude dans tous ces gisements, souple et soyeuse, non pierreuse. Les roches encaissantes sont des gneiss et des amphibolites; au voisinage immédiat on trouve des pegmatites à tourmalines noires.

Ambindavato. — Le mont Ambindavato est situé à l'Ouest im-

médiat de Mavonono (Sakoa). Il se prolonge à l'Est par une chaîne montagneuse sur le flanc Sud de laquelle affleurent des serpentines. La tectonique de cette région est mal connue. A l'inverse de ce qui se produit généralement dans la contrée, les couches gneissiques ont une direction Est-Ouest. La serpentine se présente à la fois en intercalations et en intrusions. La grande bande qui affleure tout le long de la chaîne est intercalée dans des orthoamphibolites feldspathiques. Au mont Ambindavato, ces orthoamphibolites sont peu épaisses et reposent sur des amphibolites très grenatifères.

La serpentine forme une bande épaisse de quelques dizaines de mètres et se poursuit sur une longueur de 4 à 5 km. D'après A. LACROIX, ce serait une serpentine de hartzburgite à grands cristaux de bastite. Le chrysotile et la giobertite sont communs. Le premier forme des filonnets dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à dix ou quinze centimètres. Par endroits, la serpentine renferme près de 10 % de chrysotile.

Région Soamanonga-Lazarivo. — Beaucoup de serpentines se trouvent disséminées dans cette région. Les environs de Soamanonga sont particulièrement riches, mais les affleurements sont restreints. Le plus important se trouve à 3 kilomètres au Sud-Ouest du village.

Le mont Beteny est constitué par des serpentines qui paraissent intrusives dans des orthoamphibolites feldspathiques. D'une manière générale, dans cette région, presque tous les sommets qui s'élèvent au-dessus de la penéplaine cristallophyllienne, sont formés de serpentines. C'est le cas du Vohitany, du Vohidosa, du Vohimariry, du Mandabe. On trouve partout des filonnets de chrysotile.

Bordure cristallophylienne du bassin du Ianapera. — Entre Ankilimarovatsy et Berenty on rencontre un affleurement de serpentines avec pas mal d'amiante. Les filons de 10 à 20 centimètres de puissance sont fréquents. Les roches encaissantes sont des amphibolites et des pyroxénites voisinant avec des leptynites et des cipolins. Cet affleurement semble faire partie d'une zone serpentineuse allongée Nord-Sud et que M. LESECQ a rencontrée vers le Nord en plusieurs points. Entre Ankazomanga et Tokobory, j'ai vu un affleurement de serpentines, où l'amiante ne paraît pas

très abondant, mais qui se place sur le prolongement de cette dernière zone.

A 1 kilomètre au Nord-Ouest d'Ankazomanga, il y a également une serpentine à chrysotile émergeant de gneiss basiques. Je n'ai pas vu de filons, mais j'ai ramassé des fibres de plus de 40 centimètres.

Cette rapide énumération montre que les serpentines sont fréquentes. Je n'ai guère parcouru qu'une faible étendue de terrain, principalement la région comprise entre le Vohibory, le Vohipotsy et une petite partie de la bordure métamorphique du Ianapera, mais ce que l'on rencontre là doit certainement se rencontrer ailleurs, tant vers le Nord que plus au Sud dans toute cette zone du Sud-Ouest où l'uniformité lithologique est très grande.

Les affleurements de serpentines sont donc très nombreux dans la région Sud de l'Onilahy. Presque partout ils montrent du chrysotile. L'amiante est de bonne qualité et doit avoir une certaine valeur marchande. Malheureusement, les gisements sont peu importants. Les traînées de serpentines montrent néanmoins une certaine longueur, mais leur puissance est toujours réduite. Ces gisements ne peuvent aucunement être comparés avec ceux du Canada ou de l'Afrique australe où les serpentines possèdent un très grand développement. Néanmoins certains d'entre eux pourraient être intéressants. La prospection devra d'abord limiter les affleurements de serpentines, rechercher les filons de chysotile par grattage superficiel et étudier la qualité des échantillons inaltérés. Si cette qualité est bonne, il faudra ensuite reconnaître un tonnage suffisant. Les filons n'ont pas une régularité absolue. Ils peuvent se coincer, se dédoubler, mais on peut admettre raisonnablement que la moyenne des observations de surface se maintiendra en profondeur.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

LES FORMATIONS SECONDAIRES, TERTIAIRES ET RÉCENTES DU SUD-OUEST ET DU SUD

(Voir p. (85) la carte schématique du Sud-Ouest de Madagascar, fig. 3.)

STRATIGRAPHIE [1]

LE JURASSIQUE

Le Jurassique est bien développé dans le Sud-Ouest où il correspond à un ensemble, calcaire à la base, gréseux dans sa partie moyenne, oolithique au sommet. Au Sud du parallèle de Betioky, le Jurassique s'ennoie sous la transgression du Crétacé supérieur et disparaît définitivement.

1 - CALCAIRES COMPACTS A POLYPIERS

Les calcaires compacts à polypiers recouvrent les argiles bariolées du sommet du groupe de l'Isalo. Ils forment un plateau, avec côte regardant vers l'Est, dominant la plaine sableuse de Betioky. Ce plateau s'avance assez loin vers l'Est dans la région de l'Onilahy. Le fleuve l'entaille profondément et coule entre les falaises verticales de Tsakabalala et d'Ivohibe. Dans la région de Betioky, la ligne de côte s'incurve et se replie vers le Nord pour redescendre ensuite régulièrement vers le Sud où elle forme les escarpements du Motondava.

Les calcaires sont de types divers, sublithographiques, oolithiques, mais toujours compacts. Les calcaires marneux et les marnes sont rares.

(1) H. BESAIRIE. Carte géologique du Bas-Onilahy, au 1 : 200.000. Tananarive, 1929.

H. BESAIRIE. Sur la stratigraphie des formations secondaires et tertiaires de la province de Betioky (Sud-Ouest de Madagascar). *C. R. Ac. Sc.*, 5 mai 1930, t. 190, p. 1059.

GEAY a signalé à Tongobory : *Montlivaultia, Confusastrea, Pseudotrapesum depressum* SOW, *Trigonia costata* SOW, *Trigonia pullus*.

Au Nord-Ouest de Betioky, du village de Tongahy jusqu'à Tsakabalala, la falaise montre la coupe suivante sur une centaine de mètres de hauteur :

6 Calcaires oolithiques et calcaires à polypiers.
5 Calcaires sublithographiques sans fossiles.
4 Calcaires marneux à brachiopodes mal conservés.
3 Calcaires à polypiers.
2 Calcaires gréseux.
1 Grès de l'Isalo.

A l'Ouest de Betioky, les collines de Motondava débutent par quelques mètres de calcaires gréseux auxquels font suite des calcaires à polypiers, épais d'une quarantaine de mètres. Au-dessus, vient un niveau marneux très riche en térébratules et rhynchonelles.

Ce niveau est recouvert par des calcaires sublithographiques à polypiers qui renferment en particulier :

Comoseris Jacobi ALLOITEAU (nov. sp.).
Amphiastrea Lanquinei ALLOITEAU (nov. sp.).

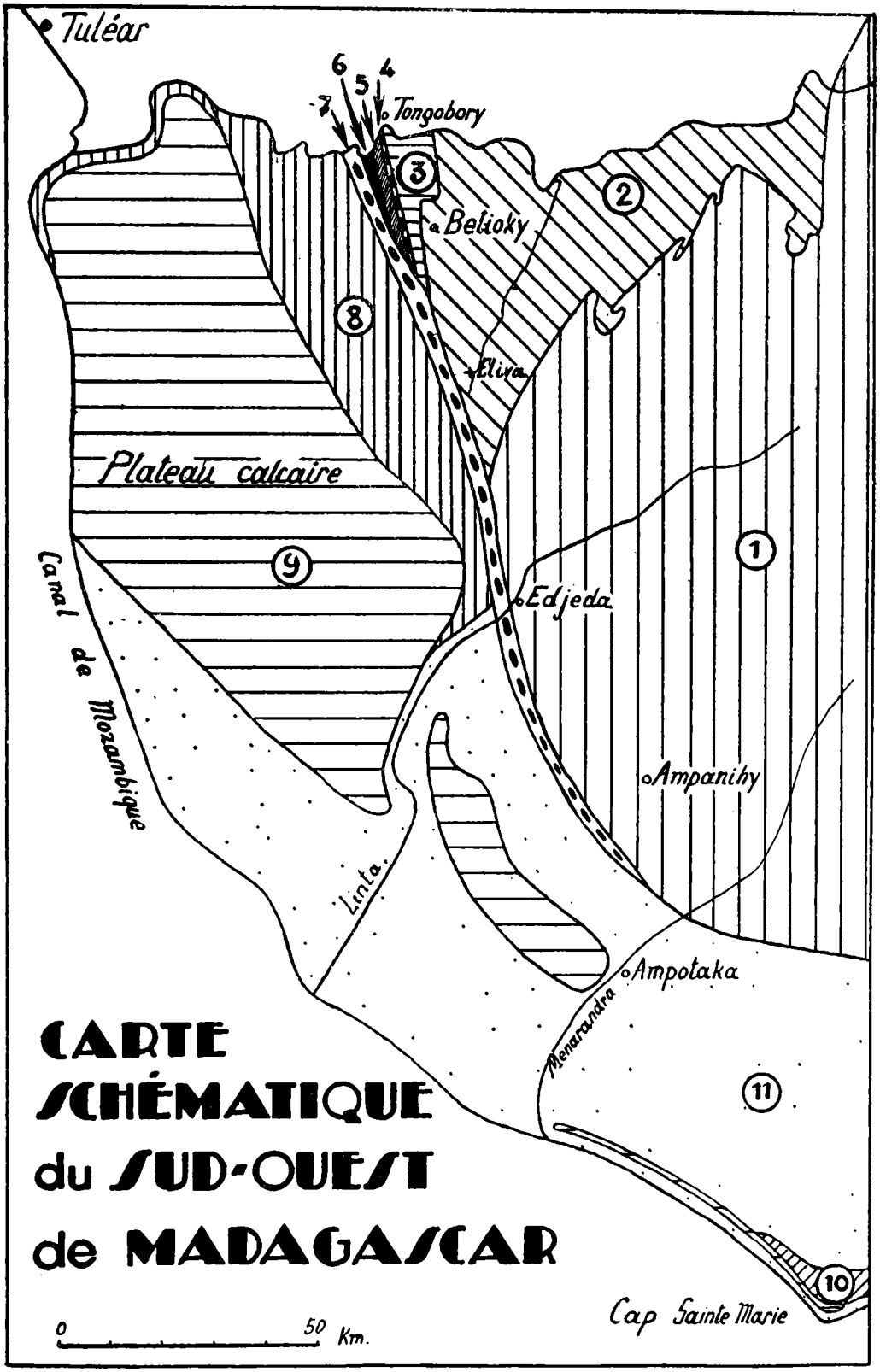
Au Sud-Ouest de Betioky, la terminaison des collines de Motondava montre la coupe suivante :

6 Calcaires à polypiers.
5 Calcaires de Beantaka à *Sphaerotiaris meandrina* AG.
4 Calcaires compacts à polypiers.
3 Calcaires marneux à polypiers, nérinées et radioles de *Cidaris* cf. *spinulosa* AG.
2 Calcaires gréseux.
1 Grès triasiques.

Tout l'ensemble calcaire des coupes ci-dessus est surmonté par des calcaires gréseux qui ne sont bien visibles que sur les bords de l'Onilahy. On y rencontre, dans un niveau gréseux du sommet de ces derniers calcaires, une petite trigonie voisine de *Trigonia costata*.

La base des calcaires à polypiers fournit une bonne pierre à chaux qui est employée communément à Betioky et à Tongobory pour les constructions.

Les fossiles de l'étage des calcaires compacts à polypiers sont



CARTE SCHÉMATIQUE du SUD-OUEST de MADAGASCAR

FIG. 3. — 1 : Schistes cristallins. — 2 : Karroo. — 3 : Jurassique (Bajocien à Kimeridgien). — 4 : Hauterivien. — 5 : Albien à Coniacien. — 6 : Coulées basaltiques. — 7 : Senonien supérieur (Campanien-Maestrichtien). — 8 : Eocène moyen. — 9 : Miocène. — 10 : Grès et calcaires quaternaires. — 11 : Sables récents et actuels.

peu abondants, très localisés et ne peuvent servir à établir des horizons paléontologiques. Ils donnent peu d'indications quant à l'âge des terrains. *Sphaerotiaris meandrina* qui se place vers le sommet de la formation est une espèce du Bathonien. *Trigonia costata,* qui se trouve tout à fait au sommet, est du Bajocien. Les autres Brachiopodes, généralement à l'état de moule interne, ne peuvent donner aucune indication précise. La faune de nos calcaires étant insuffisante pour les dater, leur âge résultera de leur position au-dessous de couches à Ammonites. Nous verrons plus loin qu'il faut les placer dans le Bajocien.

2 - GRÈS VERTS INFÉRIEURS

Les calcaires compacts à polypiers sont recouverts par des grès verdâtres, généralement fins. La partie inférieure de ces grès, bien visible dans la vallée du Menarandroy, au voisinage d'Anontsy, n'est pas fossilifère. La partie moyenne renferme des bois fossiles dans la région au Sud-Ouest d'Anontsy. La partie supérieure est riche en petits polypiers : *Anabacia orbulites* LMX.

Enfin tout au sommet des grès verts on rencontre des niveaux sableux riches en huîtres et où l'on trouve en abondance : *Heligmus Rollandi* DOUVILLÉ.

La Lomaka, affluent Est du Menarandroy, traverse les grès verts et montre une excellente coupe où j'ai relevé la succession suivante :

5 Grès et sables coquilliers à *Heligmus Rollandi* DOUVILLÉ.
4 Grès blancs à *Anabacia orbulites* LMX.
3 Grès à lits conglomératiques.
2 Sables verts.
1 Grès verts sans fossiles.

L'ensemble des couches de 2 à 5 possède une vingtaine de mètres d'épaisseur. Les couches 1 sont beaucoup plus épaisses.

Au Sud d'Anontsy, la colline d'Ianalamaitsaka renferme des couches très fossilifères. J'ai trouvé au sommet de la colline :

3 Grès à *Cadomites rectelobatus* HAUER.
2 Grès à *Anabacia orbulites* LMX.
1 Grès à bois fossiles.

Cadomites rectelobatus est une forme du Bathonien supérieur, qui nous permet de rattacher l'ensemble des grès verts inférieurs au Bathonien.

3 - CALCAIRES DÉTRITIQUES ET OOLITHIQUES

Au-dessus des grès verts viennent des calcaires très détritiques, parfois oolithiques, jaunes et bruns, très fossilifères, qui débutent généralement par quelques mètres de grès et de sables jaunes. L'ensemble, épais de 20 à 30 mètres, se suit depuis l'Onilahy jusqu'au Sud d'Anontsy en montrant partout des fossiles abondants.

D'après les récoltes de COLCANAP, E. BASSE (1) a signalé dans la région du Menarandroy : *Phylloceras Lodaiense* WAAG., *Phylloceras disputabile* ZITTEL, *Phylloceras Feddeni* WAAG., *Phylloceras cf. Jaraense* WAAG., *Peltoceras cf. athleta* PHILLIPS, *Aspidoceras sparsispinum* WAAG. *Aspidoceras acanthicum* OPPEL, *Aspidoceras cf. Haynaldi* HERBICH (2).

Les calcaires détritiques forment la partie supérieure des plateaux qui s'étendent entre Betioky et l'Onilahy. Des revêtements sableux empêchent bien souvent les observations. La rivière Lomaka entaille le plateau et donne une bonne coupe, mais c'est surtout dans la région à l'Ouest du Menarandroy que l'on rencontre les plus beaux affleurements.

La coupe de la Lomaka montre, au-dessus du niveau de grès et sables coquilliers à *Heligmus Rollandi,* d'autres grès et des sables jaunes avec de minces lits de marnes sableuses jaunes contenant des débris de Bélemnites, des articles de Crinoïdes et :

Heligmus Rollandi DOUV.
Pygurus depressus AG.

Au-dessus viennent des calcaires oolithiques avec :

Phylloceras mediterraneum NEUMAYR.
Phylloceras disputabile ZITTEL.
Pygurus depressus AG.
Clypeus subulatus YOUNG et BIRD.
Pygaster umbrella AG.
Heligmus Rollandi DOUV.

Le plus riche gisement des calcaires oolithiques se trouve à l'Ouest de Lagniro et au Nord de Ranonda.

On trouve là :

(1) E. BASSE. Sur quelques faunes d'Ammonites du S.-O. de Madagascar. *B. S. G. F.* (4), t. XXVII, 1927.

(2) Ainsi qu'on le verra plus loin, les *Aspidoceras* et *Peltoceras* proviennent d'un niveau plus élevé.

Macrocephalites macrocephalus SCHLOTH.
Stepheoceras cf. *grantanum* OPPEL.
Phylloceras disputabile ZITTEL.
Phylloceras Feddeni WAAG.
Phylloceras Jaraense WAAG.
Perisphinctes funatus OPPEL.
Perisphinctes recuperoi GEMM.
Pygurus depressus AG.
Pygurus Cottreaui BESAIRIE.
Clypeus subulatus YOUNG et BIRD.
Pygaster umbrella AG.
Clitopygus sp.
Cidaris sp.
Articles de Crinoïdes.
Trigonia hispida KITCHIN.
Rhynchonella inconstans SOW.
Rhynchonella Fischeri ROUILLIER.

Cete faune indique très nettement un âge callovien. Il est difficile de séparer des horizons dans cet étage. J'indiquerai pourtant que *Pygaster umbrella* se rencontre surtout au sommet de la formation.

4 - LES MARNES JAUNES A TRIGONIA CF. SUBSELLA

Au-dessus des calcaires oolithiques, on rencontre une couche de marnes jaunes, très peu épaisse, mais remarquablement continue où abondent des térébratules voisines de *Terebratula subsella* LEYM.

Le ravin de l'Isovoky, à l'Ouest immédiat de Ranonda m'a montré l'excellente coupe ci-dessous (fig. 4).

4 Grès verts néocomiens.
3 Conglomérat à éléments calcaires épais d'un mètre.
2 Marnes jaunes à *Terebratula* cf. *subsella*, épaisses d'un mètre.
1 Sommet des calcaires oolithiques à *Pygaster umbrella*.

Une coupe analogue s'observe dans le ravin du Ranomasy au Nord de Lagniro.

Dans la région du Menarandroy, ces marnes jaunes ne renferment que des Ammonites fort mal conservées. Dans la région de la Lomaka, par contre, elles fournissent toute la faune d'*Aspidoceras* recueillie par COLCANAP et déterminée par E. BASSE : *Aspidoceras perarmatum* SOW., *Aspidoceras sparsispinum* WAAG.,

Aspidoceras acanthicum OPPEL, *Aspidoceras Haynaldi* HERBICH, *Aspidoceras Rupelense* d'ORB. Ces fossiles permettent de placer les marnes à *Terebratula cf. subsella* dans le Lusitanien - Kimeridgien.

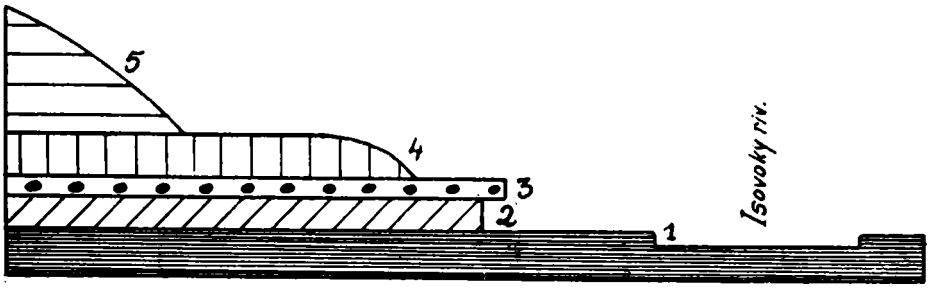


FIG. 4. — Coupe dans le ravin de l'Isovoky à 1 km. à l'O.S.O. de Ranonda

5 Albien à Douvilleiceras
4 Hauterivien à Belemnites
3 Conglomérat (1 mètre)
2 Oxfordien-Kimeridgien à (1 m. 50) *Terebratula* cf. *subcella*
1 Callovien à *Pygaster*

Conclusions sur le Jurassique de la région de Betioky

Des quatre étages que nous avons distingués dans le Jurassique, trois seulement sont bien datés par des faunes d'Ammonites. L'étage des grès verts inférieurs peut être rapporté au Bathonien par suite de la présence de *Cadomites rectelobatus* à son sommet. Cet étage renferme des bois fossiles indiquant un régime continental qui a peut être introduit une lacune de longue durée dans la série stratigraphique. Il est donc bien difficile d'attribuer un âge aux calcaires compacts à polypiers. L'existence de *Trigonia costata* à leur sommet placerait cette partie dans le Bajocien. On ne peut rien dire quant à la base des calcaires. Est-ce du Bajocien ou du Lias supérieur? Aucun fossile ne permet de trancher la question. On sait que dans l'Ouest de Madagascar les grès de l'Isalo sont recouverts par du Lias supérieur à Ammonites. On a signalé dans la province de Morondova, qui se trouve au Nord de la province de Tuléar, la présence du Lias supérieur, d'après deux fragments d'Ammonites dont la provenance n'est pas indiquée exactement. Cette province de Morondava, étant à peu près totalement inconnue au point de vue de sa constitution géologique, ne peut nous donner aucun renseignement. Il convient donc

d'attendre que son étude ait été effectuée pour essayer de dater, par comparaison, la base des calcaires compacts à polypiers.

***

LE CRÉTACÉ

Le Crétacé de la province de Betioky est très fossilifère. Les premiers explorateurs qui ont parcouru la région, GIRAUD, GEAY et surtout COLCANAP, ont ramassé de nombreux fossiles.

GIRAUD a signalé dans la région de Betioky, mais sans indiquer la provenance exacte; *Puzosia bihma* STOL., *Forbesiceras Largilliierti* d'ORB., *Acanthoceras sp.*

GEAY a trouvé sur le Menarandroy : *Inoceramus labiatus, Pyrina tunisiensis, Epiaster Henrici, Desmoceras, Rhynchonella,* des tubes d'annélides.

E. BASSE (1) qui a étudié les splendides récoltes de COLCANAP, a indiqué les formes suivantes :

Au ravin du Ranomasy : *Hoplites* cf. *Leopoldinus* d'ORB., *Lytoceras* sp., *Crioceras* du groupe *Emericii* RASPAIL, *Belemnites* cf. *lata* BLAINV., *Serpula nov. sp.*

Au cirque d'Ebora : *Mortoniceras inflatum* SOW., *Tetragonites epigonum* KOSSM., *Prionotropis cf. Alluaudi* B. L. T., *Holcodiscus Bhavani* STOL., *H. Theobaldianus* STOL., *H. Kandi* STOL., *H. sparsicostatus* KOSS., *Puzosia indopacifica* KOSSM., *Gauthiericeras bajuvaricum* de GROSS. *var.*, *Placenticeras Fritschi* de GROSS., *Barroisiceras Haberfellneri* HAUER, *Voluta elongata* d'ORB., *Modiola typica* FORBES, *Protocardium hillanum* SOW., *Veniella obtruncata* STOL., *Neithea quinquecostata* SOW. *Alectryonia diluvania* LINNÉ, *Inoceramus costellatus* WOODS, *In. inconstants* WOODS, *In. Lamarcki* PARK., *Arrhoges Boulei* COTTR., *Alectryonia ungulata* SCHLOTH., *Campanila nov. sp.*

Sur le Menarandroy, au passage de la route Betioky-Tuléar : *Exogyra columba* LAM., *Peltastes clathratus* AG., *Holectypus nov.* sp., *Rhynchonella* sp.

A Aonzy - Ranonda : *Acanthoceras Newboldi* STOL., *Acanthoceras rhotomagense* DEFRANCE, *Hamites Raynaudi* B. L. T., *Des-*

(1) E. BASSE. *Op. cit.*, et Sur quelques invertébrés fossiles crétacés du S.-W. de Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, t. 186, 1928, p. 452.

moceras latidorsatum MICH., *Puzosia compressa* KOSM., *Puzosia Gaudama* FORBES, *Fagesia Thevestensis* PERON, *Puzosia Denisoniana* STOL., *Schloenbachia Grosseti* PERV.

J'ai moi-même reconnu les divisions suivantes, dans le Crétacé de la province de Betioky :

1 - LES GRÈS VERTS SUPÉRIEURS

Les grès verts supérieurs, épais d'une vingtaine de mètres, débutent par un conglomérat à éléments calcaires. Ces grès sont très glauconieux. Ils sont toujours très fossilifères.

J'ai ramassé dans les beaux affleurements du confluent Ranomasy-Menarandroy :

Crioceras sp.
Lytoceras sp.
Duvalia dilatata BLAINV.
Duvalia lata BLAINV.
Duvalia sp.
Belemnopsis pistilliformis BLAINV. var. *Perrieri* BESAIRIE.
Belemnopsis subfusiformis BLAINV.
Serpula sp.
Panopea sp.
Terebratula sp.
Ostrea sp.

On peut suivre les grès verts tout le long de la ligne des falaises de Ranonda-Aonzy. Les serpules sont très abondantes. L'ensemble de la faune présente surtout des affinités hauteriviennes. On ne trouve pas de formes franchement valanginiennes. Les belemnites, si l'on en excepte *Duvalia dilatata*, se rencontrent dans tout le Néocomien et même au sommet du Tithonique. Je pense donc qu'il faut rapporter les grès verts supérieurs à l'étage Hauterivien qui formerait ici le premier étage du Crétacé. Il y a donc une lacune importante correspondant au Jurassique terminal et au Valanginien.

2 - LES GRÈS ROUGES DU CRÉTACÉ MOYEN

Au-dessus des grès verts hauteriviens, vient une série gréseuse épaisse d'une centaine de mètres, dont les caractères lithologiques sont sensiblement les mêmes sur toute la hauteur. Tout au plus, pourrait-on dire que les grès inférieurs sont plus rouges et plus

argileux. On rencontre fréquemment dans ces grès des cristaux de gypse secondaire. Les fossiles sont très abondants. Les couches situées immédiatement au-dessus de l'Hauterivien renferment des fossiles albiens. Il y a donc ici une nouvelle lacune stratigraphique importante.

Albien

Dans la région du moyen Menarandroy, les collines et falaises de la ligne Ranonda-Aonzy montrent à la base un grès rouge argileux avec parfois des lits d'argiles rouges. Ces couches n'ont que quelques mètres d'épaisseur. On y rencontre, provenant de deux niveaux, quelques Ammonites :

Douvilleiceras mamillare SCHLOT.
Mortoniceras inflatum SOW.
Turrilites sp.

Cénomanien

Le Cénomanien est représenté par des grès rouges et jaunâtres, plus ou moins argileux, assez semblables à ceux de l'Albien. Ces couches épaisses d'une cinquantaine de mètres sont très fossilifères. La petite butte d'Antsandoky, très riche en fossiles, présente le gros avantage d'être constituée uniquement par les grès cénomaniens et, par conséquent, il ne peut se produire aucun mélange de fossiles dans les récoltes. J'y ai ramassé :

Tetragonites Timotheanum MAYOR.
Acanthoceras rothomagense DEFRANCE.
Acanthoceras Martimpreyi COQ.
Acanthoceras Mantelli SOW.
Acanthoceras aff. *Choffati* KOSSM.
Acanthoceras sp.
Acompsoceras cf. *sarthacense* GUÉR.
Puzosia cf. *insculpta* KOSSM.
Puzosia planulata SOW.
Latidorsella latidorsatum MICH.
Desmoceras sp.
Phylloceras velledae MICH.
Forbesiceras obtectum SHARPE.
Turrilites costatus LMK.
Belemnites ultimus D'ORB.
Holaster cf. *suborbicularis* AG.
Epiaster Henrici PÉRON et GAUTHIER.
Holectypus sp.
Inoceramus pictus SOW.

Exogyra columba LMK.
Rhynchonella sp.
Strophodus cf. *reticulatus* AG. (dent).

Aux environs immédiats du village de Mahakenda, on trouve une abondante faune pyriteusé provenant de la falaise d'Aonzy. Les fossiles ont été entraînés par le ruissellement et conservés dans les anfractuosités du sol; j'ai récolté :

Forbesiceras obtectum SHARPE.
Acanthoceras Mantelli SOW.
Acanthoceras Martimpreyi COQ.
Acanthoceras cf. *aumalense* COQ.
Mammites Boulei COLL.
Scaphites æqualis-obliquus SOW.
Tetragonites Timotheanum MAYOR.
Latidorsella latidorsatum MICH.
Jaubertella cf. *Jaubertiana* D'ORB.
Jaubertella sp.
Gaudryceras cf. *Sacya* FORBES.
Phylloceras sp.
Turrilites Waterloti COLL.
Turrilites cf. *Oehlerti* PERV.
Turrilites cf. *Morrisi* SHARPE.
Nautilus cf. *Archiacianus* D'ORB.

Cette faune est absolument indentique à celle du Cénomanien pyriteux de Diégo-Suarès.

Dans la région du Sangonakanga, les grès Cénomaniens ne renferment plus d'Ammonites; j'ai trouvé, dans des grès fins et jaunâtres :

Protocardium hillanum SOW.
Modiola typica FORBES.

Turonien

Le Turonien est formé par des grès rougeâtres et jaunâtres. Il constitue la base de la partie supérieure des falaises de la ligne d'Aonzy. On y ramasse quelques fossiles :

Fagesia superstes KOSSM.
Thomasites Rollandi THOMAS et PÉRON.
Neoptychites cephalotus COURT.
Mammites conciliatus STOL.
Prionotropis cf. *Douvillei* PERV.
Inoceramus labiatus SCHL.
Inoceramus aff. *labiatus* SCHL.

Inoceramus inaequivalvis SCHL.
Inoceramus ernsti HEINZ.
Inoceramus naumanni YOK. var. *Kossmati* HEINZ.

J'ai recueilli, dans ces grès, un très gros exemplaire de *Fagesia superstes* qui sera décrit ultérieurement.

Dans la région d'Anontsy, le Turonien se termine par un horizon à grosses natices.

Coniacien

Le sommet de la ligne des falaises est composé de grès jaunâtres assez peu fossilifères au Sud de l'Onilahy.

J'ai recueilli néanmoins :

Barroisiceras Haberfellneri DE GROSS.
Hamites Raynaudi B. L. T.
Neithea quinquecostata SOW.
Inoceramus (*Volviceramus*) aff. *involutus* SOW.
Exogyra sp.
Modiola sp.

Les *Barroisiceras* sont assez communs. Par contre, je n'ai recueilli que deux exemplaires de *Hamites,* à la partie moyenne du Sangonakanga (Ouest confluent Lomaka-Menarandroy).

La région du Nord de l'Onilahy est beaucoup plus riche en fossiles. Sur la route de Tongobory à Tuléar, au-dessus du village de Manasora, on rencontre les grès du Coniacien qui renferment en grande abondance :

Barroisiceras Haberfellneri DE GROSS.
Nautilus sp.
Inoceramus labiatus SCHLOTH.
Inoceramus (*Volviceramus*) cf. *Koeneni* MULL.
Inoceramus (*Volviceramus*) aff. *involutus* SOW.
Inoceramus ernsti HEINZ.
Inoceramus madagascariensis HEINZ (*nov. sp.*).

3 - LES COULÉES BASALTIQUES

Les grandes coulées basaltiques se placent au-dessus des grès coniaciens à *Barroisiceras.* Assez épaisses dans la coupe de l'Onilahy, elles diminuent progressivement vers le S. d, et sur le parallèle de Morarivo, à l'endroit où elles disparaissent définitivement sous la transgression du Sénomien supérieur, elles n'ont plus que 2 à 3 mètres d'épaisseur.

Les coulées sont surtout formées de Sakalavites. M. A. Lacroix a donné la formule suivante pour une roche du Mont Anavelona:

'III.4'.3(4).4 [2.1.2.3]

4 - LE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR POST-CONIACIEN

Les coulées basaltiques reposent, ainsi que nous l'avons vu, sur des couches coniaciennes.

Le Santonien est absent et la série stratigraphique présente ici une lacune. La mer est revenue avec le Sénonien supérieur transgressif. Nous verrons plus loin que cette transgression du Sénonien supérieur est un fait très général à Madagascar. C'est cette grande invasion marine qui a déposé les calcaires et les grès à *Phylloceras Indra* et *Hemiaster madagascariensis* de la côte orientale.

Sur le flanc Nord de la vallée de l'Onilahy, J. PIVETEAU a relevé une excellente coupe :

3 Calcaires à *Hemiaster madagascariensis, Hemipneustes striatoradiatus.*

2 Conglomérats et grès à : *Pachydiscus gollevillensis* D'ORB., *Spondylus calcaratus* FORBES, *Neithea regularis* SCHLOTH., *Trigonia crenifera* STOL., *Alectryonia ungulata* SCHLOTH., *Glycimeris orientalis* FORBES, *Lepidorbitoïdes socialis* LEYM.

1 Coulées basaltiques.

Nous avons là les deux grands niveaux du Sénonien supérieur que nous retrouverons dans la province de Maintirano et qui doivent exister aussi sur la côte orientale, où les fossiles n'ont pas été recueillis assez soigneusement pour éviter les mélanges. J'attribue les couches à *Hemiaster madagascariensis* au Maestrichtien supérieur, tandis que celles qui renferment *Pachydiscus gollevillensis* et *Alectryonia ungulata* forment un ensemble qui comprend le Campanien supérieur et le Maestrichtien inférieur.

La coupe de J. PIVETEAU est fondamentale pour l'étude du Sénonien du Sud-Ouest, car elle permet de raccorder les formations du Sud de l'Onilahy à celles de la province de Maintirano.

Sur la route de Tuléar à Tongobory, j'ai relevé entre Manasora et Ankotofotsy la succession suivante :

7 Calcaires conglomératiques (Eocène moyen).
6 Calcaires sans fossiles.
5 Argiles sableuses à *Exogyra sp.*
4 Argiles et grès à *Lepidorbitoïdes socialis* LEYM.
3 Grès à radioles de *Cidaris mahafalensis* BESAIRIE.
2 Calcaires sans fossiles.
1 Basaltes.

J'attribue l'ensemble des couches 2 à 5 à la base du Sénonien supérieur, tandis que les couches 6 sont l'équivalent de la partie terminale du niveau à *Hemiaster madagascariensis.*

Les hautes collines du Sangonakanga montrent, au-dessus des basaltes, des grès où j'ai recueilli :

Cidaris mahafalensis BESAIRIE (radioles).
Arrhoges Boulei COTTREAU.
Volutilithes fanivelonensis BOULE et THEVENIN.
Alectryonia ungulata SCHLOTH.
Ostrea laciniata D'ORB.
Campaniles géants.

Ces fossiles indiquent la base du Sénonien supérieur (Campanien supérieur et Maestrichtien inférieur). Les horizons plus élevés ont été enlevés par l'érosion.

Vers le Sud, ces couches débordent progressivement sur les basaltes. Dans les falaises d'Aonzy, où les basaltes n'affleurent plus, l'extrême sommet est encore constitué par cette formation qui présente :

Cidaris mahafalensis BESAIRIE (radioles).
Alectryonia ungulata SCHL.
Ostrea laciniata D'ORB.

C'est toujours le même niveau, base du Sénonien supérieur. Plus au Sud, dans la région Nord-Ouest de l'Eliva, les grès qui sont ici plus marneux et qui se chargent de bancs calcaires recouvrent directement les couches gréseuses du groupe de l'Isalo. On y rencontre surtout :

Alectryonia ungulata SCHL.
Ostrea laciniata D'ORB.

La partie supérieure de la formation est ici complètement masquée par des revêtements sableux.

Les coupes précédentes nous ont montré les couches de base

du Sénonien supérieur au sommet d'une ligne de collines. Pour trouver les couches terminales de ce sous-système, il faut se transporter vers l'Ouest, sur la ligne de falaise formée par les affleurements nummulitiques. On trouve là, à la base de la falaise et au-dessous des calcaires éocènes, d'autres calcaires sans fossiles, mais qui occupent la position des couches à *Hemiaster madagascariensis*. En effet, au Sud du village d'Ianakatsamby, j'ai retrouvé les grès à *Cidaris mahafalensis* au-dessous de ces calcaires. La base du Sénonien supérieur est généralement toujours masquée dans cette région par des recouvrements sableux.

Dans le Sud de la province de Betioky, ces grès passent à des calcaire et dans la région immédiatement à l'Ouest d'Edjeda on trouve la succession suivante :

5 Calcaires à *Nummulites stamineus* NUTTAL et *N. atacicus* LEYM. (Eocène moyen).
4 Calcaires sans fossiles.
3 Calcaires marneux fossilifères.
2 Calcaires sans fossiles.
1 Gneiss du lit de la Linta (fleuve).

Les calcaires marneux n° 3 renferment une très intéressante faune d'espèces connues dans les couches à *Cardita Beaumonti* de l'Inde (1). J'y ai recueilli :

Bellardia vicina DOUV.
Volutocorbis indica DOUV.
Haustator cf. *congregatus* DOUV.
Lyria cf. *turgidula* DESHAYES.
Turritella Vredenburgi DOUV.

Les couches n°s 2, 3 et 4, transgressives sur les gneiss et recouvertes par des calcaires éocènes, doivent être rapportées au Sénonien supérieur. Il est logique de voir dans les calcaires n° 2 l'équivalent des couches à *Cidaris mahafalensis* et *Alectryonia* ungulata.

Les couches à *Bellardia vicina*, par leurs affinités avec la faune à *Cardita Beaumonti*, se placent à la partie terminale du Crétacé et par conséquent sont l'équivalent des couches à *Hemiaster madagascariensis* du Nord de l'Onilahy.

(1) H. DOUVILLÉ. Les couches à *Cardita Beaumonti*. *Paleont. Indica*, New series, vol. X, Mém. n° 3, fasc. I et II, Calcutta, 1928 et 1929.

Il m'est impossible, faute de fossiles, de dire à quel étage se rapportent les calcaires du n° 4.

J. GIRAUD a signalé, autrefois, l'existence de calcaires à Cérithes à l'Ouest d'Ampanihy, qu'il attribuait à l'Eocène. Ces fossiles, assez mal conservés, sont analogues à ceux d'Edjeda.

***

LE TERTIAIRE

C'est dans le Sud-Ouest que le Tertiaire présente son développement maximum. Il forme entièrement le fameux plateau calcaire, célèbre par sa végétation spéciale, qui s'étend depuis l'Onilahy jusqu'au Menarandra.

Le plateau est formé par des calcaires éocènes et miocènes qui sont fréquemment recouverts par des sables récents. Ces sables recouvrent de vastes étendues et forment de grandes plaines dont la surface est généralement convexe, situées un peu en contrebas du plateau calcaire. La circulation est facile dans les plaines sableuses, peu boisées et couvertes de graminées. Elle est, au contraire, très pénible dans les calcaires qui supportent une végétation de cactus à peu près impénétrable.

Les explorations de A. GRANDIDIER ont fait connaître la présence du Tertiaire fossilifère dans le Sud-Ouest. FISCHER a déterminé : *Alveolina* cf. *ovoidea* d'ORB., *Alveolina longa* CIZJCK, *Orbitoïdes* cf. *papyracea* BOUBÉE, *Neritina Schmideliana* CHEMN., *Ostrea pelecydion* FISCHER, *Triloculina* cf. *trigonula* d'ORB., *Terebellum obtusum* SOW., *Ostrea Grandidieri* FISCHER, *Ostrea hippocastanum* FISCHER. Plus récemment, une note de J. PIVETEAU (1), a donné des précisions sur le Nummulitique et distingué un niveau inférieur à *Velates Schmideliana* CHEMN., et un niveau supérieur à *Nummulites atacicus* et *Orbitolites* aff. *complanatus* LMK.

1 - L'ÉOCÈNE

La coupe la plus fossilifère de la base des formations éocènes se voit sur la route de Tongobory à Tuléar. On trouve là, sur les bords de l'Onilahy, entre Maropia et Ifanata :

(1) J. PIVETEAU. Note sur les terrains nummulitiques du Sud de Madagascar. *Bull. Assoc. Fr. Av. Sc.*, 1928.

4 Calcaires sans fossiles.
3 Calcaires à Alvéolines sans Nummulites.
2 Calcaires à Nummulites, Alvéolines et Oursins.
1 Calcaire conglomératique reposant sur le Crétacé terminal.

Le niveau 2, très fossilifère, m'a fourni (1) :

Nummulites stamineus NUTTAL (var. de *N. atacicus* ?).
Nummulites atacicus LEYM.
Nummulites subatacicus DOUV.
Alveolina elliptica SOW.
Flosculina subpyrenaica LEYM.
Cidaris sp. (radiole).
Echinocyamus Luciani DE LORIOL.
Echinocyamus Lorioli GAUTHIER.
Echinocyamus rostratus LAMBERT.
Paralampas Besairiei LAMBERT.
Eolampas exentricus DUNCAN et SLADEN (2).
Pseudopyrina sp.
Procassidulus apianus BESAIRIE et LAMBERT (*nov. sp.*).
Rhyncholampas pygmea DUNCAN et SLADEN.

H. DOUVILLÉ a bien voulu me montrer, dans les collections de l'École des Mines, un échantillon de calcaire recueilli dans cette région par H. PERRIER DE LA BATHIE et renfermant : *Orbitolites complanatus; Alveolina* cf. *oblonga, Flosculina,* et des Miliolidés.

Au Sud de l'Onilahy, j'ai levé la coupe suivante passant par le point géodésique Ianakatsamby.

7 Calcaires sans fossiles.
6 Marnes à *Nummulites atacicus.*
5 Calcaires sans fossiles.
4 Calcaires à *Alveolina elliptica.*
3 Marnes à *Nummulites atacicus.*
2 Calcaires sans fossiles.
1 Grès et marnes du Crétacé terminal.

Le mont Tsitonga, point géodésique, montre les calcaires éocènes sur une hauteur de plus de 100 mètres. On voit :

(1) J. LAMBERT. Sur des Echinides éocènes de Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, 22 juillet 1929.

(2) *Eolampas exentricus* a été signalé par M. COLLIGNON et J. COTTREAU du Miocène du Cap Tanjona (province de Majunga). Je pense que cet Echinide provient d'un niveau Eocène, vraisemblablement le même que celui qu'il occupe dans le Sud-Ouest.

7 Calcaires et marnes miocènes.
6 Calcaires à Alvéolines (5 mètres).
5 Calcaires et grès sans fossiles (10 mètres).
4 Calcaires sans fossiles (60 mètres).
3 Niveau à *Echinolampas sp.* et *Pericosmus sp.* (1 mètre).
2 Calcaires à Alvéolines (30 mètres).
1 Base non visible.

Dans la région d'Edjeda, au-dessus des calcaires à Cérithes, on trouve d'autres calcaires à *Nummulites atacicus*.

2 - LE MIOCÈNE

Le Miocène est surtout connu dans le Nord-Ouest de Madagascar (Besalampy, île Mahakamby, Majunga). On trouve là une riche faune qui a été rapportée au Miocène par COLLIGNON et COTTREAU. Cette faune renferme un fossile, *Cyphus arenarius* LINNÉ, qui se trouve dans tous les gisements. La présence de ce *Cyphus* dans le Sud-Ouest (récoltes de COLCANAP et de J. PIVETEAU) et dans le Sud (récoltes de ROUQUETTE) avait conduit ces auteurs à rapporter au Miocène les couches qui le renferment. Je peux donner un nouvel argument en faveur de cette attribution. Les couches à *Cyphus* sont, en effet, largement transgressives sur les calcaires à Nummulites, et s'en séparent très nettement. On observe même parfois une légère discordance entre les calcaires éocènes, qui ont un faible plongement vers la mer, alors que les calcaires et marnes miocènes sus-jacents sont horizontaux.

Le Miocène est formé de calcaires et de marnes. Ces dernières seules sont fossilifères. On y rencontre en abondance des Huîtres, en particulier *Ostrea pelecydion* FISCHER, qui est par excellence le fossile caractéristique de cette formation dans le Sud-Ouest et le Sud. Ces couches ont une très grande extension dans ces régions et forment la plus grande partie du plateau calcaire. A mesure que l'on s'éloigne de l'Onilahy pour descendre vers le Cap Sainte-Marie, on voit les marno-calcaires à huîtres du Miocène s'avancer progressivement sur le Nummulitique. A la hauteur d'Ampotaka, le Nummulitique n'affleure plus que dans les bas-fonds, mais nous sommes là dans une région très sableuse où le substratum est rarement visible.

La limite Est des affleurements du Miocène forme toujours une ligne de côte, haute de quelques dizaines de mètres. A l'O. N. O.

d'Andranamy on voit s'élever, au-dessus des calcaires nummulitiques, d'autres calcaires renfermant vers leur partie supérieure un horizon marneux épais de quelques mètres où l'on trouve :

Cyphus arenarius LINNÉ.
Ostrea pelecydion FISCHER.

Au bord du canal de Mozambique, la côte est formée par une ligne de falaises hautes de plus de 100 mètres, dont la base est constituée par l'Eocène et le sommet par le Miocène. Au Sud de Tuléar, les falaises de Belosa montrent :

7 Calcaires sans fossiles (1 mètre).
6 Marnes à huîtres (10 mètres).
5 Calcaires oolithiques (2 mètres).
4 Marnes à huîtres (10 mètres).
3 Calcaires sans fossiles (40 mètres).
2 Calcaires à alvéolines (10 mètres).
1 Calcaires sans fossiles (10 mètres).

Les marnes à huîtres renferment :

Ostrea pelecydion FISCHER.
Ostrea aff. *Duvergieri* COSSM. et PEYRON.
Ostrea hippocastanum FISCHER.

A l'Ouest d'Edjeda, les falaises calcaires sont formées par les calcaires et marnes à Huîtres avec les mêmes fossiles.

Plus au Sud, à Ampotaka, dans l'Androy, le Mont Vohibe montre au-dessus de calcaires sans fossiles, deux niveaux de marnes à huîtres contenant toujours la même faune.

Dans l'extrême Sud de Madagascar, au Cap Sainte-Marie, ROUQUETTE a trouvé, tout à la base de la falaise, *Cyphus arenarius;* J. GIRAUD y a recueilli des *Amphistegines*. Dans la même région, mais à la pointe située à l'Est du Cap Sainte-Marie, j'ai observé à la base des falaises des grès calcaires, sans fossiles, que je rapporte au Miocène.

⁂

LES FORMATIONS RÉCENTES

Les formations récentes sont très développées dans le Sud de Madagascar. Elles comprennent d'une part des grès et sables à lentilles d'argiles, d'un âge ancien, puis des sables récents et

actuels et d'autre part des sables, généralement roux, très abondants, sans fossiles dont l'âge reste inconnu. R. DECARY (1) a étudié dernièrement les formations récentes de l'extrême Sud.

Les sables roux d'âge indéterminé

Les sables roux recouvrent une grande partie du plateau calcaire et s'étendent loin dans l'intérieur sur les formations du Secondaire et même sur les grès de l'Isalo (plateau de Betioky). Ces sables sont vraisemblablement d'origine éolienne. Ils offrent beaucoup de ressemblances avec les sables rouges de la côte du Sud-Est africain (Durban, Zululand, Lorenzo-Marquez).

Les formations récentes du Sud

Les formations récentes ont un très grand développement dans le Sud de Madagascar et montrent de beaux affleurements sur les falaises situées au bord de la mer. L. GERMAIN (2) a étudié les riches faunes qu'elles renferment :

Propebloyetia Chastelli DE FÉRUSSAC.
Ampelita Hova ANGAS.
Ampelita cf. *subsepulchralis* CROSSE.
Ampelita granulosa (DE FÉRUSSAC) DESHAYES.
Helicophanta vesicalis LMK.
Helicophanta Guestieri CROSSE var. *preguestieri* GERMAIN.
Clavator clavator PETIT var. *anteclavator* GERMAIN.
Clavator subobtusatus CROSSE et FISCHER.
Clavator Grandidieri CROSSE et FISCHER.
Clavator Grandidieri CR. et FISCH. var. *minor* GERMAIN.
Clavator Favannei LMK.
Planorbis trivialis MORELET.
Segmentina Boulei GERMAIN.
Tropidophora carinifera SOW.
Tropidophora aspera POTIEZ et MICHAUD.
Tropidophora Phillippii PFEIFFER.
Tropidophora crenulata FULTON.
Tropidophora Grandidieri CROSSE et FISCHER.
Tropidophora Coquandi PETIT.
Tropidophora virgata SOW.
Mascaria crocea SOW.

(1) R. DECARY. Contribution à la géologie de l'extrême Sud de Madagascar. *B. S. G. F.*, IV, t. 28, pp. 401-414.

(2) L. GERMAIN. Mollusques quaternaires terrestres ou fluviatiles. *Paléont. Madag., Ann. Paléont.*, t. X, 1916-1921.

Omphalotropis Madagascariensis GERMAIN.
Acroptychia manicata CROSSE et FISCHER.

De l'étude de tous ces mollusques terrestres ou fluviatiles, L. GERMAIN arrive à la conclusion que « les éléments constitutifs de la faune malacologique quaternaire de Madagascar sont identiques aux éléments correspondants de la faune actuelle ». Ces fossiles sont d'âge peu ancien et L. GERMAIN les place dans le Quaternaire récent.

La carte de la figure 5 montre la répartition des formations récentes dans la région de Ranopiso. La meilleure coupe de ces formations est visible sur la falaise d'Andrahomana au Sud-Ouest de Fort-Dauphin. On y voit à la base des grès jaunes assez durs se délitant en plaquettes, sans fossiles et, au-dessus, des couches à faciès variable, généralement formées d'un calcaire tendre qui peut passer à des grès calcaires. On trouve dans cette dernière formation (1) :

Helicophanta sp.
Clavator sp.
Tropidophora sp.

Ces grès calcaires sont recouverts par les sables des dunes actuelles.

Les deux horizons, grès jaunes et calcaires tendres avec grès calcaires, se poursuivent sur toute la côte du Sud, depuis le Cap Sainte-Marie jusqu'à Fort-Dauphin. Les grès jaunes sont plus compacts dans la région du Cap Sainte-Marie et de Faux Cap. Au Cap Sainte-Marie, les couches à *Helicophanta* montrent une épaisseur de 120 mètres.

Dans la région comprise entre le Mandrare et Ranopisa, on rencontre parfois des grès arkosiques reposant directement sur les schistes cristallin; beaucoup d'élément de ces grès sont empruntés aux roches volcaniques de l'Androy. Je pense qu'il faut voir là un équivalent des calcaires à *Helicophanta*.

TECTONIQUE

L'ensemble des terrains secondaires plonge très doucement vers la mer d'une manière assez régulière.

Dans la province de Betioky, un système de fractures, assez

(1) GERMAIN. Mollusques terrestres et fluviatils quaternaires. *Ann. Paléont.*, 1921.

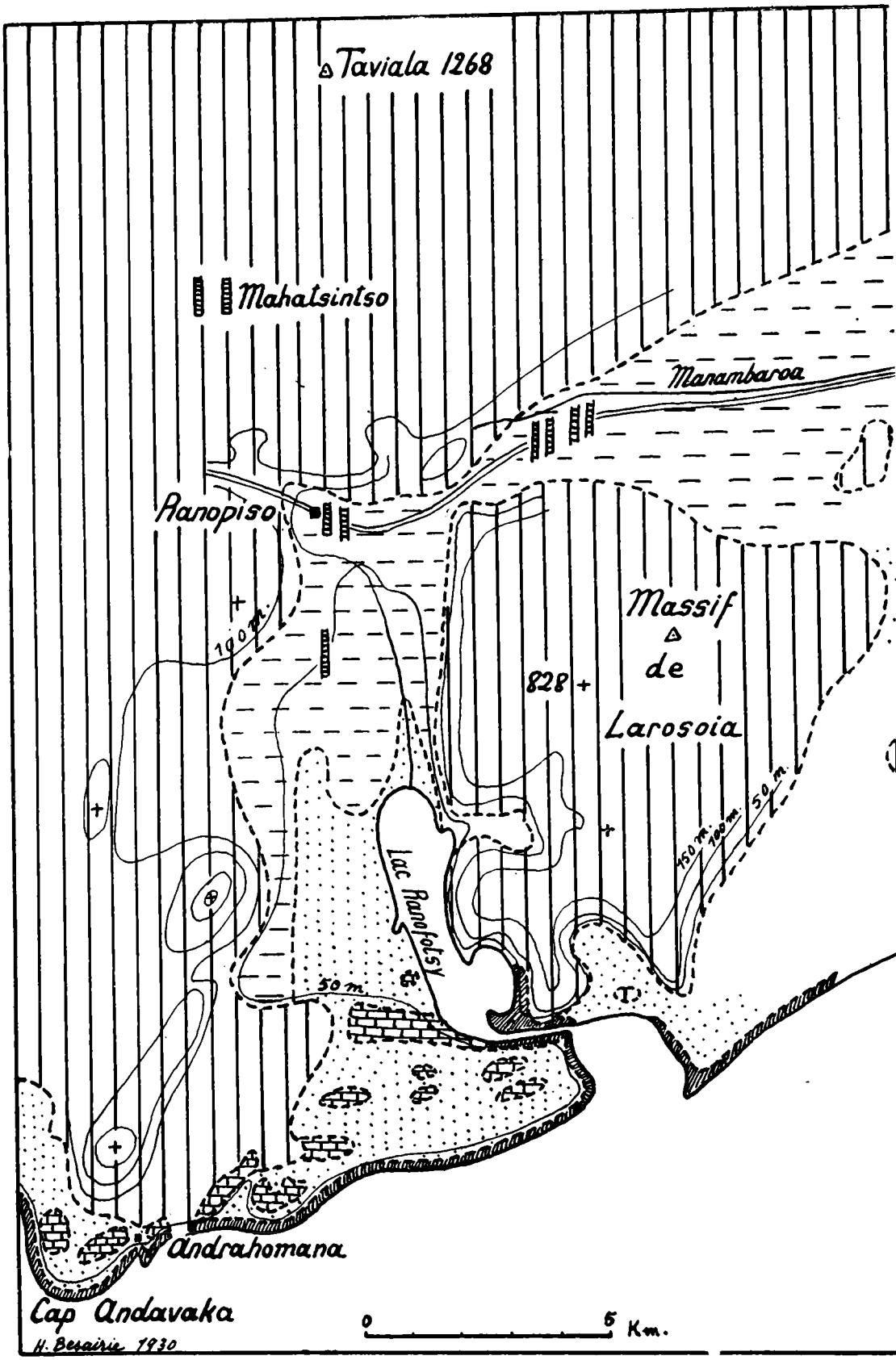
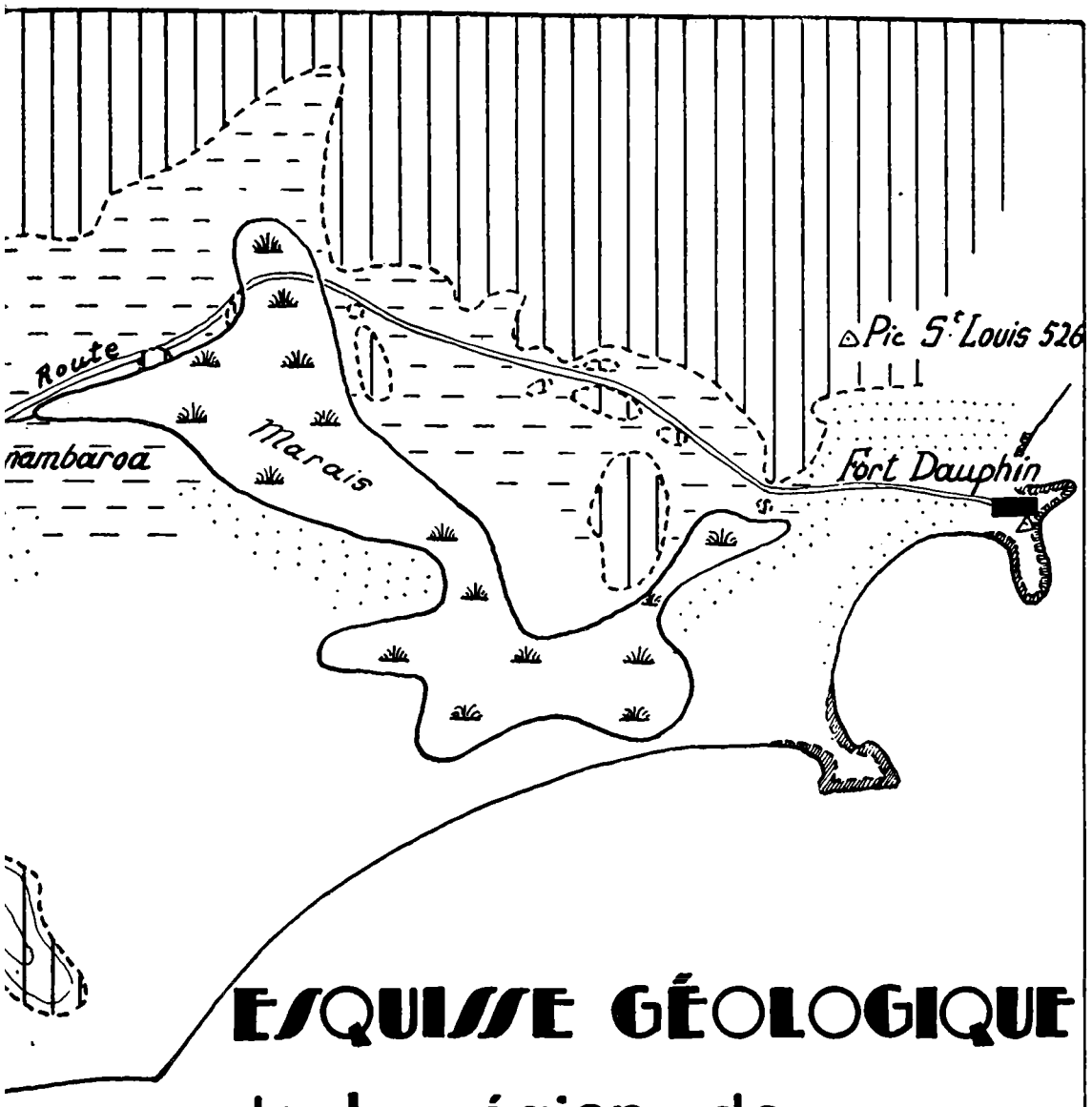

Taviala 1268
Mahatsintso
Manambaroa
Ranopiso
100 m.
Massif
de
Larosoia
828
Lac Ranofotsy
50 m.
450 m.
100 m.
50 m.
Andrahomana
Cap Andavaka
H. Besairie 1930
0
5 Km.

FIG. 5



ESQUISSE GÉOLOGIQUE

de la région de

RANOPISO

Dunes

Calcaires (Quaternaire)

Grès

Latérite

Parapyroxénites

Schistes cristallins

complexe mais de faible rejet, perturbe la régularité des couches. La ligne de falaise à l'Ouest d'Anontsy a certainement une origine tectonique en rapport avec ce système de cassures que nous allons examiner du Nord au Sud.

Le plateau alluvionnaire qui s'allonge à l'Est de la basse vallée du Menarandroy masque complètement le substratum, mais l'existence de sources minéralisées, parfois thermales, indique la présence de cassures. De même, dans la vallée de la Lomaka, une faille doit affecter les grès verts inférieurs : on voit, en effet, au point où l'ancienne route Tongobory-Betioky coupe cette rivière, une série de sources thermales minéralisées.

A Lagniro, sur le Menarandroy, la faille est visible, qui fait buter les grès verts supérieurs hauteriviens contre les calcaires à *Pygurus* du Callovien. A l'Est du village, on voit également un contact anormal entre les grès verts supérieurs et la base du Callovien. Des eaux salées et magnésiennes sourdent en ces endroits.

Au pied du piton de Ranonda, les grès et marnes rouges (Albien-Cénomanien) butent contre le Callovien. Les grès verts hauteriviens apparaissent parfois en petits lambeaux étroits.

Plus au Sud, les alluvions du Menarandroy masquent toute la vallée. Les eaux sont normales.

A l'Ouest d'Antsoha, la falaise fossilifère montre en haut le Cénomanien-Turonien-Coniacien et en bas les grès à *Anabacia orbulites*. Le Callovien manque, de même que la plus grande partie des grès verts hauteriviens.

Au Nord-Est d'Antsoha, le premier coude Nord du Menarandroy montre une cassure qui met en contact les calcaires calloviens et les grès verts hauteriviens : une zone de broyage est bien visible.

Le système de fractures doit se continuer plus au Sud, vers les sources du Menarandroy, et aussi vers Ankitoboka et Eretika où l'on trouve des eaux minéralisées, surtout abondantes entre Ampasindava et Ankitoboka.

Les eaux minéralisées sont souvent accompagnées de cristaux de gypse secondaire, souvent nombreux dans tout le Crétacé, mais trop dispersés pour être susceptibles d'une exploitation industrielle.

Le lit de l'Isovoky creusé principalement dans le Cénomanien-Turonien-Coniacien montre également beaucoup de gypse.

CHAPITRE II

LA QUESTION DE L'EAU DANS LE SUD-OUEST ET LE SUD

La question des recherches d'eau dans les régions subdésertiques du Sud s'est posée récemment à la suite de l'introduction à Madagascar d'une cochenille (1), qui détruit rapidement les cactus. Pendant les périodes de sécheresse, les indigènes et les troupeaux de bœufs qui constituent la seule richesse de ces pays, étanchaient jusque là leur soif aux fruits des cactus. Mais la cochenille introduite en 1925, en vue d'expérience, dans la région de Tuléar, avait dès 1927 complètement détruit les cactus du pays Mahafaly. Le désastre s'est étendu rapidement vers le Sud : Il progresse activement à l'heure actuelle dans l'extrême Sud et dans la région de Fort-Dauphin. L'année prochaine, il n'y aura plus de « raketa », c'est-à-dire de cactus comestibles, en Androy.

La recherche de l'eau dans ces pays calcaires, subdésertiques, réunit le maximum de conditions défavorables. Elle ne doit pas être conduite au hasard, mais au contraire s'appuyer sur une étude détaillée de toutes les formations, étude qui sera longue et complexe, longue à cause de l'étendue des régions considérées, des difficultés de transport et de ravitaillement, complexe par suite des futaies difficilement pénétrables et des revêtements sableux qui, masquant le substratum, empêchent les observations directes.

Constitution lithologique

Mahafaly. — Le plateau calcaire Mahafaly est formé de calcaires éocènes et miocènes, avec quelques niveaux marneux. Les sables roux couvrent une grande partie de ces formations.

Androy. — Le plateau de l'Androy a pour substratum les calcaires miocènes (*Cyphus arenarius* au Cap Sainte-Marie) recouverts par les calcaires à *Helicophanta* du Cap Sainte-Marie, puis par des sables.

(1) *Coccus cacti.* Les cactus se rapportent à *Opuntia vulgaris.*

Pluies

Le climat de l'Androy et du Mahafaly est sec. Les moussons du Nord y pénètrent difficilement; en outre, la présence de l'anticyclone est peu propice aux précipitations.

C'est uniquement l'alizé qui apporte les rares pluies, mais le massif montagneux de l'Androy fait barrage.

Je n'ai pas de documents récents sur les hauteurs d'eau. Dans tout le Sud et l'Ouest, la carte de répartition des pluies de Blosset indique des hauteurs inférieures à un mètre. Une ancienne carte donne pour l'Androy et le Mahafaly une hauteur moyenne de 30 centimètres. DEFORT parle de 70 centimètres.

Régime karstique

Les fleuves sont rares dans le Sud. Entre l'Onilahy et la Linta, aucune rivière ne coule sur le plateau calcaire. Il en est de même entre la Linta et le Menarandra, entre cette rivière et la Manambovo, puis jusqu'au Mandrare. Nous avons donc affaire à une formation karstique. En dehors de l'Onilahy, je n'ai aucune donnée sur ce que peut être le cours des autres fleuves. Sur l'Onilahy, l'existence de fissures dans le calcaire est prouvée par la perte des eaux qui s'enfoncent dans les calcaires éocènes à Maroamala, à l'Ouest du marais. J'ai vu une résurgence d'eau douce, au bord de la mer, au Sud de Belosa : l'eau sourd des calcaires éocènes à peine au-dessus du niveau de la mer.

Au Sud de l'Onilahy, il n'y a dans la configuration du terrain rien qui rappelle les dolines ou les poljes. Les avens sont inconnus. Mais il faut rappeler ici que les sables récents sont très fréquents sur le plateau calcaire et que, transportés par le vent, ils peuvent très facilement combler les dépressions.

Les fleuves du Sud, sauf l'Onilahy, sont secs en saison sèche. Ils ont néanmoins un cours pérenne dans leur partie supérieure, mais l'eau se perd, soit dans les sables, soit dans les fissures du calcaire. C'est là une question à élucider.

Niveau de base karstique

Il existe plusieurs horizons marneux dans l'Eocène et le Miocène qui sont susceptibles de former couche imperméable à la base des calcaires.

Dans la région côtière du Sud, une falaise très élevée domine la mer. A la pointe Sud-Est de Sainte-Marie, elle est haute de 160 mètres et exclusivement formée de calcaires gréseux tendres à *Helicophanta*.

Le Miocène n'affleure qu'à l'extrême base, tout au niveau des basses marées. Le niveau de base, qu'il soit constitué par les marnes miocènes ou par le niveau de la mer, se trouvera donc très bas, et hors d'atteinte des puits. En outre, vu la perméabilité des calcaires gréseux à *Helicophanta* et le peu d'abondance des eaux douces profondes (qu'on peut affirmer à priori, vu la faible quantité des pluies), il est probable que l'eau salée doit se mélanger à l'eau douce.

Les calcaires récents se prolongent loin dans l'intérieur. Ils sont exploités au N.-E. de Beloha. Leur puissance serait à préciser et permettrait de fixer la profondeur du niveau de base karstique qui doit être formé par les couches marneuses du sommet du Miocène.

Il existe dans la région de Beloha, ainsi qu'à Ambovombe, des couches argileuses qui percent parfois sous le sable et dont l'allure ne peut être indiquée. Ce sont ces couches qui sont responsables de la présence de mares plus ou moins asséchées. Ces argiles sont certainement au-dessus du niveau de base principal, mais elles peuvent constituer un niveau de base local souvent momentané et ne pas assurer une alimentation permanente. Le problème se complique ici par suite de l'existence d'eaux minéralisées salées, sodiques ou magnésiennes fréquemment imbuvables. Je pense que ces eaux doivent jalonner des lignes de fractures anté-tertiaires : les fractures du Menarandroy sont accompagnées de semblables manifestations. On connaît, d'ailleurs, des eaux magnésiennes dans la région d'Ampanihy.

Nappes artésiennes

Les seules nappes artésiennes qui *peuvent peut-être* exister en Androy, doivent se trouver au-dessous des marnes miocènes, mais il ne faut pas se dissimuler que, dans ces régions à précipitations pluvieuses insuffisantes où les eaux se perdent dans une grande épaisseur de sables et de calcaires, nous nous trouvons avoir le *maximum de chances défavorables*.

Travaux entrepris en Androy pour la recherche de l'eau

M. DECARY a publié une note sur l'hydrologie de l'Androy où il donne des indications précises sur la recherche de l'eau. Auparavant GIRAUD avait étudié à ce point de vue la région d'Ambovombe et avait tiré des conclusions pratiques immédiatement utilisables.

Les Travaux Publics, les Administrateurs ont déjà fait de nombreux rapports. La question de l'eau est donc loin d'être un sujet vierge et il est regrettable que, des conclusions de toutes ces études, on n'ait utilisé que bien peu de choses. En particulier, les tranchées de drainage souterrain, préconisées il y a longtemps par J. GIRAUD, devraient être creusées partout où l'on trouve des zones de puits à eau douce (Beloha, en particulier). Il est remarquable que de toutes les observation effectuées, on ait pu conclure à la présence de niveaux aquifères très localisés, mais à peu près constants et s'abaissant fort peu à la fin de la saison sèche (Beloha, Ambovombe).

Recherches nouvelles à accomplir en Androy

Des indications données plus haut, il résulte que dans la plus grande partie de l'Androy, le niveau de base karstique se trouvera à trop grande profondeur pour être touché par des puits. On peut prévoir de plus l'inexistence de nappes artésiennes.

Les seules recherches à entreprendre seront les reconnaissances de couches argileuses locales, susceptibles de fournir un niveau d'eau suffisant pour l'alimentation; on ne saurait songer, en effet, à trouver des nappes utilisables pour l'agriculture. Cette recherche sera difficile, par suite du manteau de sables. Elle exigera des travaux (sondage à faible profondeur ou mieux, fonçage de petits puits).

Vouloir appliquer un tel programme à tout l'Androy demanderait de longues années. La manière la plus logique de travailler sera de procéder à une étude sérieuse du sous-sol des agglomérations où l'eau existe. Cette étude devra profiter de l'expérience acquise et il y aura lieu de réunir la documentation la plus complète sur ce sujet. Il sera nécessaire de dresser à grande échelle, des cartes exactes avec courbes de niveaux du sol et des

formations du sous-sol, avec des indications précises concernant la nature des roches, en particulier la porosité des sables. Sur une nappe aquifère, on oublie trop souvent qu'il y a des îlots stériles.

L'étude du lit des fleuves s'impose également : il s'agit de savoir si l'absorption des eaux se fait dans les sables ou dans les calcaires. Si les calcaires sont recouverts d'un colmatage argileux, celui-ci est certainement d'origine fluviatile et ne s'étend pas au-delà du lit majeur. Les puits ne doivent donc pas s'écarter de ce lit.

Recherches d'eau en pays Mahafaly

En pays Mahafaly, les possibilités de rencontre des eaux sont beaucoup plus fortes qu'en Androy. La constitution lithologique du pays est fort différente. Les schistes cristallins affleurant très loin de la mer sont recouverts d'épaisses séries gréseuses et marneuses. Il est donc probable que des nappes artésiennes existent sous le plateau calcaire.

En ce qui concerne les puits, les nappes aquifères voisines de la surface du sol sont assez nombreuses (argiles supérieures des grès de l'Isalo sur le plateau de Betioky, série rouge supérieure avec argiles sur le versant oriental de ce plateau). J'ai pu faire quelques observations à la lisière Est du plateau calcaire, dans la zone de pâturages Ankazomanga Morariva. On trouve là une grande zone de sables roux formant un plateau légèrement ondulé, et recouvrant la ligne des calcaires de l'Ianakatsamby. Les sables roux sont assez épais (plusieurs mètres) ; ils comportent à la base des parties argileuses qui forment nappe aquifère, en particulier à Vovomena, Ankazomanga. D'autre part, le niveau des marnes à *Nummulites stamineus* de l'Ianakatsamby passe certainement très près de la surface. Il doit y avoir là deux nappes aquifères voisines : la première formée par les argiles inférieures aux sables, la deuxième un peu plus profonde constituée par les marnes nummulitiques. L'existence, en saison de pluies, de mares assez importantes, indique d'ailleurs que l'un ou l'autre de ces niveaux marneux vient affleurer très près de la surface.

Recherches d'eau dans la région des schistes cristallins

Certaines parties de la zone des schistes cristallins de l'Androy

et du Mahafaly sont dépourvues d'eau en saison sèche. On peut essayer de s'en procurer de deux façons :

1° Etablissement de barrages de retenue en des points judicieusement choisis le long des cours d'eau. (La mission de la Sakao a fait une étude de ce genre sur la rivière Mahasora.)

2° Par la méthode classique d'un travers banc allant à la rencontre d'un filon de quartz. L'étude du niveau hydrostatique dans les exploitations de mica peut donner à ce sujet d'utiles indications.

Conclusions sur les recherches d'eaux

Il semble possible d'améliorer nettement le rendement des puits existants, en particulier en utilisant le drainage souterrain.

Dans les agglomérations éloignées des postes, les puits sont souvent creusés dans des conditions déplorables : ce sont des entonnoirs à éboulement régulier (principalement dans le pays Mahafaly).

Les Antandroys, dans les régions très sableuses, ont effectués quelques boisages rudimentaires. Les recherches à entreprendre devront disposer d'équipes de puisatiers connaissant le boisage. Pour arriver à déliminer l'étendue et l'allure des nappes, il faudra foncer de nombreux puits.

Dans l'Androy, où nous savons que les calcaires tendres et perméables abondent, il convient de se montrer sceptique sur le résultat que pourraient obtenir des prospections détaillées. Une meilleure utilisation des nappes existantes, voilà le premier but à atteindre. On pourra ensuite, du résultat de ces travaux, tirer des conclusions nouvelles.

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

ETUDE DE LA PROVINCE DE MAINTIRANO

(Voir planche III : Coupes dans l'Ouest de Madagascar et Carte schématique de la province de Maintirano.)

La province de Maintirano, située dans l'Ouest de Madagascar, s'étend sur une longueur de 300 kilomètres, depuis le fleuve Tsiribina jusqu'au Cap Saint-André et, sur une largeur de 150 kilomètres, entre l'escarpement du Bongolova et le canal de Mozambique.

La falaise rectiligne du Bongolava, haute de 6 à 800 mètres, correspond à la bordure occidentale des hauts plateaux cristallins. A leur pied s'allonge la vaste dépression gréseuse du district de Morafenobe qui est limitée elle-même à l'Ouest par le plateau calcaire du Bemaraha. Ce plateau, qui domine la plaine précédente de 3 à 400 mètres, s'abaisse en pente douce à l'Ouest, c'est-à-dire vers la mer. Il supporte la forêt de l'Antsingy, haute futaie poussant sur des lapiès, pleine d'entailles profondes et très difficilement pénétrable. Les grands fleuves ont creusé leur lit dans les calcaires, et les gorges étroites où coule le Manambolo, encaissé entre d'abruptes falaises, hautes de plusieurs centaines de mètres, sont d'une beauté sauvage. Des plaines mollement ondulées constituent enfin la région côtière à l'Ouest du Bemaraha. Les affleurements de roches dures y déterminent des lignes de côtes avec falaises regardant vers l'Est. Des sables anciens et actuels s'étendent largement vers l'intérieur, où ils sont fixés par une végétation abondante.

STRATIGRAPHIE

L'Ouest de Madagascar a déjà fait l'objet d'études de MOUNEYRE et BARON, PERRIER DE LA BATHIE, L. BERTRAND et L. JOLEAUD,

R. SCHNAEBELÉ, L. BARRABÉ. Ce dernier auteur en a donné récemment une description stratigraphique (1).

J'ai limité mes recherches à la partie comprise entre le Manambolo et le Manambao. Comme mes prédécesseurs, j'ai surtout procédé par itinéraires, mais en m'attachant à déterminer des zones paléontologiques dans les coupes des formations fossilifères. Les considérations de géologie appliquées à la recherche du pétrole qui ont provoqué ce travail, m'ont amené à consacrer la majeure partie de mon temps à la région d'Andrafiavelo, que j'ai étudiée d'une manière plus complète et où j'ai levé une carte régulière au 1/100.000e. Bien que mes recherches aient porté plus particulièrement sur le Crétacé, mes itinéraires m'ont permis de faire quelques observations nouvelles dans les formations plus anciennes. Je vais donc reprendre rapidement la succession complète des assises anté-crétacées.

⁂

LE PERMO-TRIAS

Les premiers terrains sédimentaires que l'on rencontre au-dessus des gneiss, au pied du Bongolava, sont constitués par des schistes, épais de quelques centaines de mètres. Ce sont là les *couches d'Ankavandra,* qui ont fourni, au voisinage de cette localité, une flore étudiée jadis par Zeiller.

L. BERTRAND et L. JOLEAUD ont trouvé récemment, à un niveau plus élevé : *Estheria minuta* GOLD., *Mytilus* cf. *psilonoti* QUENST., *Lingula sp.* Dans la région du moyen Ranobe, ces dernières couches renferment du charbon. Enfin, au sommet de la formation, s'intercalent quelques minces coulées de pechsteins. Puis, vient une seconde et épaisse série gréseuse à bois silicifiés. L'existence d'une discordance entre les deux séries et la présence d'un conglomérat découvert par R. SCHNAEBELÉ à la base des grès me conduisent à rapporter les schistes d'Ankavandra au groupe de la

(1) L. BARRABÉ. Etudes stratigraphiques sur la région médiane du pays Sakalave. *Mémoires Soc. Géol. France,* Nouv. sér., t. V, fasc. 3-4, Mémoire n° 12, pp. 1 à 270, 10 pl., 1 carte, 1929. Cet ouvrage contient une abondante bibliographie. Postérieurement, les travaux suivants ont été publiés :

H. BESAIRIE. Carte géologique au 1 : 100.000, feuille Andrafiavelo. Tananarive, 1929. — H. BESAIRIE et E. BASSE. Observations stratigraphiques et paléontologiques nouvelles sur le Crétacé de la province de Maintirano (Ouest de Madagascar). *C. R. Ac. Sc.,* t. 190; p. 194, 20 janv. et p. 275, 27 janv. 1930.

Sakamena du Karroo malgache. Quant aux grès, ils sont l'équivalent des grès de l'Isalo, auxquels du reste ils passent latéralement.

La seconde des deux séries précédentes, pour laquelle L. BARRABÉ a proposé le nom de *Grès de Morafenobe,* est très fréquemment imprégnée de masses considérables de bitume (Maroboaly, Folakara, Bedoa, Bemolanga). A la partie supérieure, apparaissent à plusieurs niveaux des intercalations marneuses, épaisses chacune d'une dizaine de mètres.

⁂

LE JURASSIQUE

Au-dessus des marnes terminant la formation des grès de Morafenobe, on rencontre les couches calcaires du Bemaraha. Ces calcaires présentent toujours une haute falaise regardant vers l'Est. On y distingue :

1° Des calcaires gréseux, des calcaires dolomitiques et des calcaires francs sans fossiles. L'épaisseur est de 50 mètres.

2° Série, épaisse d'environ 350 mètres sur la coupe du Manambolo, formée de calcaires compacts, sublithographiques, souvent riches en polypiers. On voit, au hasard des cassures, des traces d'Echinides et de Nérinées; mais aucun fossile ne peut être dégagé.

3° Marnes et calcaires marneux calloviens, bien visibles à la lisière Ouest de l'Antsingy, entre Antsalova et le Manambolo. L. BARRABÉ y a recueilli : *Pygurus depressus* AG., *Peltoceras arduennense* d'ORB., *Rhabdocidaris,* radioles de *Cidaris.* J'ai retrouvé ces fossiles dans un riche gisement, sur les bords de la rivière Midjano, à 6 kilomètres au N. N.-E. de Bekopaka et à 800 mètres à l'Ouest de la petite falaise de l'Antsingy.

4° Marnes et calcaires, affleurant à la lisière Ouest de l'Antsingy, sur la piste d'Antsalova à Tsiandro. L. BARRABÉ y a trouvé: *Terebratula ovoïdes* SOW., *Terebratula globata* SOW., *Megerlea Munieri* DESL., *Rhynchonella concinna* SOW., *Pholadomya Murchisoni* SOW., Radioles de *Cidaris,* liste à laquelle j'ajoute quelques Echinides :

Diplocidaris gigantea AG.
Pygaster umbrella AG.

Asterocidaris cf. *granulosa* WRIGHT.
Sphœrotiaris Vivaldii BESAIRIE.
Sphaerotiaris meandrina AG.
Hemicidaris zeguellense GAUTHIER (radioles).

J'ai retrouvé les mêmes couches sur la piste de Bekopaka à Tsiandro, dans la première clairière de l'Antsingy avec :

Polycyphus cf. *textilis* AG.
Orthopsis cf. *Soemanni* WRIGHT.
Sphœrotiaris Vivaldii BESAIRIE.

Tous ces Echinides, sauf l'*Asterocidaris*, appartiennent à des horizons plus élevés que le Callovien, et certains montent jusque dans le Lusitanien.

L'épaisseur des formations 3 et 4 est d'environ 40 mètres.

5° Calcaire compact, sans fossiles, formant un banc épais d'une dizaine de mètres, bien visible à l'Ouest de l'Antsingy, sur la piste d'Antsalova.

6° Marnes et calcaires glauconieux du Kimeridgien où L. BERTRAND et L. JOLEAUD ont indiqué la présence : *Duvalia ensifer* OPPEL, *Duviala tithonica* OPPEL, *Belemnopsis* cf. *semisulcatus* MUNSTER, *Phylloceras zignodianum* d'ORB, *Lissoceras elimatum* OPPEL, *Perisphinctes pseudocolubrinus* KILIAN. L. BARRABÉ cite, en outre: *Terebratula sp.*, *Nautilus sp.*, *Belemnites claviger* WAAG., *Hecticocera Kobelli* OPPEL, *Lissoceras cf. deplanatum* WAAG., *Lissoceras sp.*, *Perisphinctes natricoïdes* UHLIG, *Aptychus* sp., MOUNEYRE et BARON ont également trouvé : *Lissoceras cf. Staszycii* ZEUSCHNN., *Apiocrinus* sp., *Aptychus* du groupe des *Lamellosi*.

SPATH (1) signale : *Phylloceras* sp., *Haploceras elimatum* OPPEL, *Torquatisphinctes ?* cf. *bangei* BURCK., *Hemisimoceras semistriatum* SPATH, *Hemisimoceras nodulosum* SPATH, *Belemnopsis* sp.; il place ces fossiles dans le Kimeridgien moyen (Zone à *Aspidoceras acanthicum*).

J'ai ramassé moi-même quelques fossiles non signalés :

Perisphinctes biplicatus UHLIG.
Nautilus Ennianus DACQUÉ.
Pholadomya protei DACQUÉ.

(1) L. F. SPATH. Jurassic cephalopoda from Madagascar. *Bull. of American Paleont.*, vol. II, n° 44, 1925.

Sur la piste d'Antsalova à Tsiandro, les marnes et les calcaires glauconieux ont une puissance d'environ 50 mètres.

*
**

LE TITHONIQUE ET LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR

Dans la région d'Antsalova, le Tithonique et l'extrême base du Crétacé sont représentés par des marnes blanches qui renferment en abondance des Belemnites, en particulier des *Duvalia* et de petits rognons de barytine. Ces marnes sont assez largement transgressives. Vers le Manambolo, elles débordent sur le Jurassique supérieur pour aller s'étendre jusque sur les calcaires à polypiers de l'Antsingy. Vers le Nord, par contre, elles sont débordées par la trangression du Crétacé moyen qui, au Nord de Soarano, vient surmonter directement les calcaires de l'Antsingy.

Les marnes blanches dont il est question ici et que nous nommerons désormais *marnes à Duvalia,* diffèrent peu pétrographiquement des marnes kimeridgiennes indiquées sous le n° 6 au paragraphe précédent, mais les fossiles sont suffisamment abondants dans les deux formations pour permettre de les séparer. L. BARRABÉ cite, au niveau qui nous occupe : *Belemnites subfusiformis* RASP., *Belemnites pistilliformis* BLAINV., *Duvalia polygonalis* BLAINV., *Terebratulina Schneibelei* BARRABÉ, *Pentacrinus* cf. *neocomiensis* DESOR, *Cidaris cf. spinigera* COTTEAU (spicules), *Serpula cf. concava* SOW., *Phylloceras cf. Rogersi* KITCH., *Duvalia dilatata* BLAINV., *Duvalia cf. silesiaca* UHLIG.

Au sommet des marnes blanches apparaissent quelques bancs de calcaires marneux et l'ensemble atteint une puissance d'environ 80 mètres.

Au Nord de Maintirano, les marnes à *Duvalia* qui n'apparaissent pas d'habitude par suite de la transgression du Crétacé moyen, affleurent à la faveur d'un accident anticlinal érodé dans la région d'Andrafiavelo. Ce sont toujours des marnes blanches fossilifères. C'est L. BARRABÉ qui a découvert ces affleurements; il en a décrit les deux principales bandes qui s'étendent depuis la Mangomba jusqu'au village d'Andrafiavelo et au Nord-Est de ce village. Il y indique les fossiles suivants : *Duvalia polyogonalis* BLAINV., *Terebratulina Schnaebelei* BARRABÉ, *Belemnopsis subfusiformis* RASP., *Belemnites pistilliformis* BLAINV., *Phylloceras* cf.

picturatum d'ORB, qu'il rapporte au Valanginien. J'ajoute à cette liste :

Duvalia cf. *Emerici* RASPAIL.
Duvalia lata BLAINV.
Duvalia cf. *dilatata* BLAINV.
Duvalia sakalava BESAIRIE.
Pseudobelus Lemoinei BESAIRIE.
Belemnites madagascariensis BESAIRIE.

Tous ces fossiles ne sont pas très significatifs quant au niveau.

J'ai pu suivre les affleurements sur 5 km. au Sud de la Mangomba où ils disparaissent sous les grès du Crétacé moyen. Vers le Nord, je les ai retrouvés à l'Ouest du signal d'Ambatolahy et en un point de la vallée du Manambao, à mi-chemin entre Ambatolahy et Namoasy. Les marnes ont une épaisseur visible d'au moins 6 mètres, mais on ne connaît pas leur base.

Les marnes à *Duvalia* sont surmontées par des calcaires glauconieux qui, en surface, montrent fréquement une couleur rouge, résultant de la transformation de la glauconie en limonite. Ces calcaires affleurent suivant une bande continue sur le bord Ouest des marnes, depuis le Sud de la Mangomba jusqu'au Nord du Manambao. On les rencontre, en outre, en quelques points, en affleurements témoins sur les marnes, en particulier au coude de l'Ambahibe où ils forment de petites collines. Un peu au Nord du village d'Andrafiavelo, j'ai trouvé quelques Ammonites dans les calcaires :

Hoplites Michaelis UHLIG.
Holcostephanus mojsvari UHLIG.
Garnieria angulosa SAYN.
Phylloceras semisulcatum D'ORB.
Lytoceras du groupe *subfimbriatum* D'ORB.

Cet horizon, qui n'avait pas été remarqué par mes prédécesseurs, est incontestablement Valanginien. Dès lors, il faut descendre les marnes à *Duvalia* soit dans le Tithonique, soit, tout au plus, à la base du Valanginien.

Au-dessus des calcaires glauconieux, on trouve un horizon marneux rempli de concrétions calcaires en forme de baguettes tuberculées, où je n'ai rencontré aucun fossile.

Sur la carte annexée à sa thèse, L. BARRABÉ porte dans la région de Betaboara un important affleurement de marnes à

Duvalia (1). Cette région est cependant entièrement formée par des basaltes et des rhyolites correspondant aux grandes coulées volcaniques avec tufs intercalés, dont il sera question plus loin à propos des phénomènes éruptifs.

***

LE CRÉTACÉ MOYEN

Dans la région au Sud d'Antsalova, une épaisse série gréseuse transgressive recouvre les marnes à Duvalia; une érosion assez intense, en rapport avec les réseaux hydrographiques de la Sohanina et du Manambolo, a enlevé par endroits les grès, dont il subsiste de nombreux témoins.

L. BARRABÉ et R. SCHNAEBELÉ ont distingué trois séries dans cette région :

1° **Grès inférieurs,** généralement ferrugineux, mi-grossiers, avec des lentilles argileuses, sans fossiles.

2° **Grès et marnes intermédiaires,** avec des grès plus ou moins grossiers, à désagrégation sphérique ou cylindrique, souvent glauconieux et des marnes bariolées, généralement verdâtres; quelques fossiles.

3° **Grès supérieurs,** assez grossiers, parfois conglomératiques, souvent ferrugineux, sans fossiles.

Dans la série des Grès et marnes intermédiaires, seule fossilifère, L. BARRABÉ cite trois gisements : *Cheloniceras* cf. *Gottschei* KILIAN, *Neithea quinquecostata* SOW., trouvés près de Masiaposa; *Stoliczkaia* cf. *Grandidieri* B. L. T., au Nord d'Andimaka; *Desmoceras cf. planulatus* SOW., *Inoceramus labiatus* SCHL., à 2 km. au Nord-Ouest d'Ampoza. Ces trois gisements indiqueraient respectivement l'Aptien, le Cénomanien et le Turonien.

(1) L'indication de L. BARRABÉ résulte d'une note de MOUNEYRE et BARON, signalant la présence du Kimeridgien à *Lytoceras rex* dans la vallée du Manambao. Ces auteurs semblent avoir fait là une confusion d'échantillons ou de localités. J'ai suivi entièrement la vallée du Manambao sans y trouver le Kimeridgien. De plus, l'affleurement de marnes à *Duvalia*, que j'ai indiqué plus haut dans la vallée du Manambao ne correspond pas à l'emplacement porté sur la carte de L. BARRABÉ.

Les recherches que j'ai effectuées dans cette région m'ont fourni d'abondants fossiles, me permettant de dater exactement certaines couches. J'ai rencontré dans la vallée de l'Analatsiefa des grès à fossiles cénomaniens qui se placent vers la base des Grès et marnes intermédiaires :

Forbesiceras Largilliertianum D'ORB.
Puzosia Denisoniana STOL.
Alectryonia carinata LMK.

A une heure de marche à l'Ouest de Bekopaka, des grès mi-grossiers situés vers le milieu des Grès et marnes intermédiaires m'ont fourni :

Vascoceras polymophum PERV.
Acanthoceras Harpax STOL. (1).
Mammites conciliatus STOL.
Fulguraria elongata D'ORB.
Fasciolaria rigida STOL.

Si l'on excepte l'*Acanthoceras Harpax* qui est une forme cénomanienne, cette faune indique le Turonien inférieur.

La partie supérieure de cette formation intermédiaire est très fossilifère au Nord-Ouest de Bekopaka. J'ai trouvé un riche gisement sur la piste de Bekopaka à Antsolova, exactement à une heure et demie de marche au Sud d'Animokotra, à 500 mètres à l'Ouest de la piste et à 400 mètres au Nord d'un étang assez encaissé. Une colline de grès à intercalations calcaires m'a fourni :

Prionotropis Douvillei PERV.
Puzosia planulata SOW. var. *otacodensis* KOSSM.
Puzosia aff. *crebisulcata* KOSSM.
Puzosia Gaudama FORBES.
Puzosia cf. *indopacifica* KOSSM.
Mammites armatus PERV.
Mammites conciliatus STOL.
Neoptychites cephalotus COURT.
Neoptychites xetriformis PERV.
Schloenbachia obesa STOL.
Fagesia supertes KOSSM.
Pseudotissotia (*Leoniceras*) *Pavillieri* PERV.

(1) Ce fossile a été ramassé par un de mes porteurs. J'ai tout lieu de croire qu'il provient de ce gisement, mais, jusqu'à de nouvelles recherches, il peut subsister un doute sur sa provenance exacte.

Nautilus Huxleyanus BLANDFORD.
Nautilus Kayeanus BLANDFORD.
Hemiaster sp.
Inoceramus labiatus SCHL.
Inoceramus aff. *labiatus* SCHL.
Inoceramus naumanni YOK. var. *Kossmati* HEINZ.
Aporrhais (*Helicaulax*) *subgibbosus* PERV.
Terebratula Merlei BASSE (*nov. sp.*).
Lamma cf. *gracilis* AG. (dent).

Dans la même région, ces couches affleurent, mais moins fossilifères, sur la colline à l'Ouest du bouvier d'Iankary.

La riche faune du Turonien inférieur qui vient d'être mentionnée présente une ressemblance frappante avec les faunes de Tunisie. Les grandes affinités qui existaient au Cénomanien entre Madagascar et l'Afrique du Nord, et que M. Collignon a mises en évidence dans un travail récent à propos de céphalopodes pyriteux de Diégo-Suarès, se poursuivent donc encore au Turonien.

A six kilomètres au Sud de Beraketa, j'ai trouvé dans des grès grossiers :

Inoceramus Andersoni ETH.

qui d'après R. HEINZ caractérise le Turonien supérieur. Ces grès grossiers appartenant encore à la série des Grès et marnes intermédiaires, je suis conduit à attribuer un âge coniacien à la série des Grès supérieurs.

Dans la région d'Andrafiavelo, les formations du Crétacé moyen sont exclusivement constituées par des grès qui se présentent sous plusieurs aspects, depuis des grès tendres, mal cimentés, jusqu'à des quartzites. Les roches les plus communes sont des grès à grains mi-grossiers, qui se désagrègent facilement en sables blancs ou ferrugineux. D'une manière générale, la roche intacte n'affleure que dans les escarpements, tandis que les plateaux et les vallées sont masqués par les sables. Ainsi les collines que traverse la Mangomba, au Nord-Ouest d'Ampiteraka, sont entièrement recouvertes de sables blancs. De même, des sables ferrugineux s'étalent sur le plateau d'Ankilimanarivo.

La coupe du Manambao montre le Crétacé moyen avec des grès blancs, tendres, mal consolidés, au Nord d'Ambatolahy et sous forme de quartzites à Namoasa. La falaise qui surmonte la vallée

de l'Ambahibe à l'Est d'Andrafiavelo fait voir des grès mi-grossiers, blancs ou ferrugineux.

Les grès dont il est question ici ne renferment pas de fossiles. MOUNEYRE et BARON ont signalé autrefois, près de l'embouchure du Manambao, des calcaires intercalés dans des grès qui auraient fourni : *Turrilites Mayori* d'ORB., *Neithea quadricostata* SOW., *Hemiaster Phrynus* DESOR. Pas plus que L. BARRABÉ, je n'ai pu retrouver ce gisement dont l'indication doit être erronée, car la région de l'embouchure est constituée par des terrains tertiaires.

A l'Est d'Andrafiavelo, les grès du Crétacé moyen s'étendent en transgression, comme nous l'avons déjà dit, jusque sur les calcaires de l'Antsingy. Ils sont là mal cimentés et correspondent à de grandes étendues sablonneuses analogues à des dunes qui seraient fixées par la végétation.

⁂

LES COULÉES VOLCANIQUES

Au-dessus de l'ensemble gréseux que je suis conduit à faire monter jusque dans le Coniacien, s'étendent de grandes coulées volcaniques formées de plusieurs nappes séparées par des tufs. Dans la région du Manambao, les coulées inférieures sont basiques : ce sont des basaltes normaux ou des sakalavites renfermant fréquemment des zéolites et de petits nodules de malachite, parfois des mouches de cuivre natif. Les coulées supérieures sont acides et formées de rhyolites ou de pechteins à caractère calco-alcalin.

L. BARRABÉ plaçait dans le Turonien les phases d'épanchements de ces laves. La coupe que j'ai relevée de Bekopaka à Trangahy m'amène à modifier cette opinion. J'ai attribué au Coniacien la série des Grès supérieurs par suite de leur superposition à des couches certainement turoniennes. Comme dans le Sud-Ouest, les coulées volcaniques sont post-coniaciennes, mais nous pouvons ici, en outre, les limiter vers le haut. Elles sont, en effet, recouvertes par les calcaires à *Mortoniceras Texanum* ROEMER, dont il sera question plus loin.

Sans en avoir la preuve absolue, il semble bien que les coulées de l'Ouest et du Sud-Ouest soient toutes contemporaines et je les

placerais entre la Zone à *Barroisiceras Haberfellneri* et la Zone à *Mortoniceras Texanum*.

Des manifestations volcaniques intrusives du même âge sont connues dans les régions d'Antsalova et d'Andrafiavelo. Les plus importantes sont les dômes labradoritiques d'Anjiabe et du Tongobory. On connaît également des dykes nombreux dans cette partie de l'Ouest de Madagascar.

***

LE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR AUX COULÉES VOLCANIQUES

Le Crétacé supérieur ainsi compris est bien développé au voisinage du Manambolo où il présente une série à peu près complète. Dans la région d'Andrafiavelo, le Sénonien inférieur n'affleure pas et on ne connaît que le Sénonien supérieur transgressif. Je vais énumérer ci-dessous une série de coupes concernant les deux régions et que j'ai étudiées le plus soigneusement possible.

Région du Manambolo

Coupe de Bekopaka à Trangahy. — La meilleure coupe du Sénonien se rencontre sur la piste de Bekopaka à Trangahy. Aux environs de Mitraiky, L. BARRABÉ a ramassé une riche faune : *Serpula* sp., *Marsupites ornatus* MILLER, *Epiaster nobilis* STOL., *Inoceramus Cripsi* MANTELL; *Fasciola* cf. *Reynesi* COP., *Teredo*, *Hamites*, *Pachydiscus* cf. *Gollevillensis* D'ORB., *Parapachydiscus* cf. *ariyalorensis* STOL., *Hauericeras Gardeni* BAILY, *Schloenbachia Umbulazi* BAILY, *Mortoniceras* sp. Mais on peut pousser l'analyse beaucoup plus loin et j'ai, dans toute cette région, relevé des coupes précises, qui aboutissent à la succession suivante :

1. — MARNES GRISES, peu épaisses, recouvrant directement les basaltes et renfermant en abondance :

Exogyra Casterasa BASSE (*nov. sp.*).

2. — CALCAIRES MARNEUX à *Mortoniceras texanum* ROEMER.
3. — GRÈS CALCAIRES, parfois glauconieux renfermant :

Hauericeras Gardeni BAILY.
Hauericeras sugata FORBES.
Hamites amapondensis V. HOEPEN.

Puzosia diphylloides FORBES.
Pachydiscus antecursor V. HOEPEN.
Gaudryceras varagurense KOSSM.
Desmoceras simplex V. HOEPEN.

4. — GRÈS CALCAIRES, semblables aux précédents, non glauconieux avec :

Schloenbachia Umbulazi BAILY.
Schoenbachia papillata SPATH.
Muniericeras Cricki SPATH.
Tetragonites cala FORBES.

5. — GRÈS CALCAIRES LÉGÈREMENT GLAUCONIEUX ET CALCAIRES SUBCRAYEUX à :

Pachydiscus colligatus V. BINCK.
Pachydiscus Neubergicus V. HAUER.
Pachydiscus Wittekindi SCHLUTER.
Pachydiscus manambolensis BASSE (*nov. sp.*).
Pachydiscus Besairiei BASSE (*nov. sp.*).
Pachydiscus Grossouvrei KOSSM.
Pachydiscus gollevillensis D'ORB.
Kossmaticeras madagascariensis BASSE (*nov. sp.*).
Nautilus sublaevigatus D'ORB. var. *indica* SPENGLER.
Seunaster Gauthieri LAMBERT.
Echinocorys tenuit[illegible]erculatus LEYM.
Hemiaster Jacobi BESAIRIE et LAMBERT (*nov. sp.*) (1).
Epiaster nobilis STOL.
Hemiaster cristatus STOL.
Micraster du groupe des *coranguinum*.
Boehmiceramus (*Endocostea*) *impressus* D'ORB.
Boehmiceramus Besairiei HEINZ (*nov. sp.*).
Boehmiceramus aff. *regularis* D'ORB.

6. — CALCAIRES CRAYEUX DE TRANGAHY. — Ces calcaires ont un grand développement dans l'Ouest de Madagascar où ils gardent un faciès constant. L. BARRABÉ y a rencontré : *Conus sp.*, *Terebratula subdepressa* STOL., *Pycnodonta vesicularis* LAM., *Neithea* cf. *regularis* SCHLOTH., *Inoceramus impressus* D'ORB., *Nerita sp.*, *Turrilites* aff. *Gresslyi* PICT. et CAMP., *Turrilites sp.*, *Anisoceras sp.*, *Anisoceras sp.*, *Baculites sp.* J'ajouterai à cette liste :

Bostrychoceras Schloenbachi NOWAK.
Boehmiceramus regularis D'ORB.

(1) H. BESAIRIE et J. LAMBERT. Note avec planches qui paraîtra dans le *B. S. G. F.*

Gyrodes pansus STOL.
Natica sp.
Xenophora onusta BINCK.
Xenophora trangahiensis BASSE (*nov. sp.*).
Neithea quinquecostata SOW.
Baculites Vagina FORBES.
Isocardia Heberti FAVRE.
Calyptrea lybica QUAAS.
Terebratula cf. *Dasaillyi* PÉRON.

J'ai ramassé, en outre, dans les éboulis des collines à l'Est de Mitraiky, les fossiles suivants dont je ne peux indiquer le niveau exact :

Gaudryceras Vivaldii BASSE (*nov. sp.*).
Bostrychoceras polyplocum ROEMER.
Nautilus desertorum ZITTEL.

Coupe à 8 km. au Nord de Trangahy. — Sur la piste de Trangahy à Antsalova, se trouve un riche gisement fossilifère où L. BARRABÉ a recueilli : *Cassidulus Oldhammi* STOL., *Plicatula multicostata* FORBES, *Exogyra plicifera* COQ., *Pycnodonta vesicularis* LAM., *Neithea regularis* SCHLOTH., *Turritella* cf. *difficilis* D'ORB., *Nautilus* cf. *angustatus* BLAND., *Hoplites* cf. *Vari* SCHLUTER, *Baculites vagina* FORBES. J'ai pu étudier une coupe en ce lieu et y reconnaître les niveaux suivants :

1. — GRÈS CALCAIRES, bien développés à l'Est de la route, et à une altitude plus basse que la piste au km. 8 :

Hauericeras Gardeni BAILY.
Hauericeras sugata FORBES.
Puzosia diphylloides FORBES.

2. — CALCAIRES SUBCRAYEUX, bien visibles sur la route et aux abords immédiats :

Hoplites Vari SCHLUTER.
Hoplitoplacenticeras plasticus PAULCKE var. *laevis* PAULCKE.
Pachydiscus isculensis REDT.
Pachydiscus Quiriquina PHILLIPPS.
Pachydiscus Besairiei BASSE (*nov. sp.*).
Tetragonites Cala FORBES.
Baculites Bassei BESAIRIE.
Nautilus formosus BLANFORD.
Nautilus sub-laevigatus D'ORB. var. *indica* SPENGLER.
Micraster sp.
Clypeopygus sp.

Procassidulus sp.
Cidaris sp. (radioles).
Boehmiceramus (Endocostea) impressus D'ORB.
Lopha frons LINNÉ.
Ostrea Schneibelei BASSE (*nov. sp.*).
Alectryonia ungulata SCHLOTH.
Plicatula multicostata FORBES.
Exogyra spinosa MATHERON.
Exogyra decussata GOLDF.
Spondylus Douvillei BASSE (*nov. sp.*).
Radula (Ctenoides) scaberrima STOL.
Solarium Vylapaudiense STOL.
Lima sp.
Calyptrea lybica QUAAS.
Turritella cf. *difficile* D'ORB.
Neithea quinquecostata SOW.
Terebratula sp.
Rhynchonella sp.

3. — CALCAIRES CRAYEUX. — Ces calcaires affleurent à l'Ouest immédiat de la route. C'est le niveau bien caractéristique de Trangahy, avec :

Bostrychoceras Schloenbachi NOWAK.
Pycnodonta vesicularis LMK.
Boehmiceramus regularis D'ORB.
Baculites vagina FORBES.
Neithea quinquecostata SOW.

Coupe Tsianaloky-Mokotibe. — Un peu plus au Nord, sur le parallèle d'Antsalova, la piste de Tsianaloky à Mokotibe montre une coupe intéressante, avec des faciès un peu différents des précédents :

1. — MARNES A FOSSILES PYRITEUX reposant directement sur les basaltes. R. SCHNAEBELÉ a recueilli dans ces marnes, à l'Ouest du village de Tsianaloky, une faune où L. BARRABÉ a reconnu : *Phylloceras Woodsi* V. HŒPEN, *Gaudryceras Varagurense* KOSSM., *Tetragonites epigonum* KOSSM., *Holcodiscus africanus* V. HŒPEN. J'ai ramassé moi-même (1) :

Phylloceras decipiens KOSSM.
Phylloceras Woodsi v. HOEPEN.
Phylloceras nov. sp.

(1) M. le capitaine Collignon a bien voulu effectuer l'étude de cette faune; la description sera publiée prochainement.

Phylloceras sp.
Gaudryceras varagurense KOSSM.
Tetragonites epigonum KOSSM.
Gaudryceras varicostatum v. HOEPEN.
Puzosia diphylloides FORBES *nov. var.*
Pachydiscus nov. sp.
Kossmaticeras nov. sp.
Schloenbachia nov. sp.
Peroniceras sp. ?
Scaphites sp.
Baculites aff. *capensis* WOODS.
Baculites Baily WOODS.
Baculites sp.
Nautilus sp.

et divers gastéropodes.

2. — GRÈS GLAUCONIEUX à :

Hauericeras Gardeni BAILY.
Lythoceras (*Gaudryceras*) *Vivaldii* BASSE (*nov. sp.*).

3. — CALCAIRES SUBCRAYEUX. — Ces calcaires affleurent à l'Ouest de Mokotibe, entre ce village et la forêt qui se trouve à l'Ouest. J'ai trouvé :

Hoplitoplacenticeras plasticus PAULCKE var. *laevis* PAULCKE.
Tetragonites Kingianum KOSSM. var. *involutor* PAULCKE.
Pachydiscus sp.
Bostrychoceras sp.
Nautilus desertorum ZITTEL.
Nautilus sphaericus FORBES.
Hemipneustes (*Toxopatagus*) cf. *persicus* COTT. et GAUTHIER.
Hemiaster (*Leucaster*) *Lamberti* COTTREAU.
Micraster sp.
Diplopodia sp.
Serpula sp.

Coupe à l'Ouest d'Andranovorikolo. — En remontant encore vers le Nord, le faciès du Sénonien inférieur change et les marnes de Tsianaloky passent à des grès. J'ai rencontré, au-dessus des basaltes, la succession suivante :

1. — GRÈS CALCAIRES, souvent jaunâtres à :

Mortoniceras texanum ROEMER.

2. — GRÈS CALCAIRES, blanchâtres, parfois glauconieux à :

Hauericeras Gardeni BAILY.
Hauericeras sugata FORBES.
Pachydiscus antecursor V. HOEPEN.
Kossmaticeras cf. *Bhavani* STOL.
Gaudryceras cf. *multiplexum* STOL.
Inoceramus africanus HEINZ (*nov. sp.*).

3. — GRÈS CALCAIRES à :

Schloenbachia Umbulazi BAILY.
Schloenbachia papillata SPATH.
Anisoceras sp.

On doit à R. SCHNAEBELÉ la découverte, au voisinage d'Andranovorikolo (500 mètres au S.-O. du village), d'un lambeau de calcaires à traces d'Echinides appartenant au Sénonien supérieur et reposant directement sur les basaltes. C'est là un intéressant témoin, conservé à la faveur d'un système de petites failles, de cette transgression du Crétacé terminal que nous retrouverons plus au Nord.

Piste Sohanina-Antanimavo. — Un gisement situé au km. 4, qui m'a été indiqué par R. SCHNAEBELÉ contient, au-dessous des calcaires crayeux de Trangahy, des marnes fossilifères avec :

Terebratula carnea SOW.
Solarium vylapaudiense STOL.
Vermetus aff. *solarioides* ZITTEL.
Baculites sp.

Les fossiles ferrugineux de la région d'Antsalova. — R. SCHNAEBELÉ a rapporté une série de fossiles qui lui ont été remis par le chef du poste d'Antsalova, sans indication de provenance. Ces fossiles sont contenus dans des grès assez grossiers très ferrugineux :

Schloenbachia (*Muniericeras*) *Blanfordiana* STOL.
Baculites anceps LMK.
Pholadomya Vignesi LARTET.
Gyrodes sp.
Gyrodes cf. manuanensis R. B. NEWTON.
Cancellaria Camdeo FORBES.
Voluta (*Rostellites*) *capensis* VOODS.
Trigonoarca Brahminica FORBES.

Je pense que ces grès très ferrugineux correspondent à un

témoin de la transgression du Sénonien supérieur, isolé sur les basaltes.

Région d'Andrafiavelo

Le Sénonien inférieur est inconnu dans la région d'Andrafiavelo où il se trouve recouvert par la transgression des étages supérieurs. Dans ces derniers, on peut distinguer 3 niveaux qui se poursuivent avec régularité depuis le parallèle de Maintirano jusqu'au Manambao.

1. — **L'horizon inférieur,** essentiellement gréseux, débute par un conglomérat de transgression épais d'environ 2 mètres. Au-dessus, vient une dizaine de mètres de grès renfermant parfois de faibles intercalations marneuses.

A Andrakaraka ces grès et conglomérats recouvrent directement les basaltes; ils renferment une riche faune :

Mortoniceras Delawarense MORTON.
Hoplites Vari SCHLUTER.
Pachydiscus colligatus V. BINCK.
Pachydiscus Neubergicus V. HAUER.
Pachydiscus aff. *Quiriquina* (PHILLIPI) STEINMANN.
Pachydiscus gollevillensis D'ORB.
Pachydiscus aff. *gollevillensis* D'ORB.
Baculites Bassei BESAIRIE.
Hemiaster cristatus STOL.
Pyrina cf. *orientalis* COTT. et GAUTHIER.
Cidaris cf. *sceptrifera* MANT. (radioles).
Macrodon Japeticum FORBES.
Boehmiceramus (*Endocostea*) *impressus* D'ORB.
Terebratula subdepressa STOL.
Terebratula biplicata SOW.
Rhynchonella cf. *crenifera* STOL.
Trigonia Patonensis BASSE (*nov. sp.*).
Arrhoges Boulei COTTREAU.
Cucullea cf. *Schweinfurthi* QUAAS.
Solarium vylapaudiense STOL.
Murex sp.

Dans la zone anticlinale d'Andrafiavelo, ce niveau vient recouvrir les marnes à baguettes qui surmontent les calcaires glauconieux à *Holcostephanus*. On y rencontre en abondance des Echinides et des Huîtres plissées :

Hoplites Vari SCHLUTER.
Pachydiscus colligatus V. BINCK.
Pachydiscus Neubergicus V. HAUER.
Pachydiscus gollevillensis D'ORB.
Brahmaites cf. *Haugi* SEUNES.
Stygmatopygus Lamberti BESAIRIE.
Hemipneustes (*Toxopatagus*) cf. *persicus* COTT. et GAUTHIER.
Alectryonia ungulata SCHLOTH.
Ostrea Schneibelei BASSE (*nov. sp.*).
Ostrea diluviana LINNÉ.
Lopha frons LINNÉ.
Cythera cf. *Rohlfsi* ZITTEL.
Alaria cf. *tegulata* STOL.
Chlamys Dujardini ROEM.

2. — **L'horizon moyen,** formé de calcaires crayeux, est l'équivalent indiscutable du calcaire de Trangahy.

Une petite vallée, à l'Ouest d'Andrafiavelo, m'a fourni un riche gisement :

Pachydiscus gollevillensis D'ORB.
Phylloceras Forbesianum D'ORB.
Bostrychoceras Schloenbachi NOWAK.
Ptychoceras cf. *Humei* DOUV.
Ptychoceras minimus BASSE (*nov. sp.*).
Bostrychoceras aff. *polyplocum* ROEMER.
Baculites vagina FORBES.
Hercoglossa rota BLANFORD.
Hercoglossa danica SCHL.
Hemiaster madagascariensis COTTREAU.
Hemiaster sp.
Pycnodonta vesicularis LMK.
Boehmiceramus regularis D'ORB.
Xenophora onusta NILLSON.
Xenophora trangahiensis BASSE (*nov. sp.*).
Gyrodes pansus STOL.
Neithea quinquecostata SOW.
Caryophylla arcotensis FORBES.
Terebratula subdepressa STOL.
Aporrhais nagorzanyensis FAVRE.
Avellana inverse-striata KNER.
Isocardia Heberti FAVRE.
Protocardium cf. *fenestratum* KNER.
Arca sp.
Cryptorhytis rigida FORBES.
Turitella Laubei FAVRE.
Pugnellus cf. *uncatus* FORBES.

Fusus septemcostatus FAVRE.
Corax cf. *falcatus* AG. (dents).

3. — **L'horizon supérieur, formé de grès sans fossiles.**

Succession des niveaux dans le Sénonien

On reconnaît dans les listes données ci-dessus la présence de plusieurs Ammonites caractérisant les niveaux classiques du Sénonien. Vouloir appliquer ici les coupures européennes me paraît difficile pour le moment. On peut évidemment parler à Madagascar d'un Santonien caractérisé par *Mortoniceras Texanum* dans sa partie inférieure, par *Hauericeras Gardeni* et *Hauericeras sugata* dans sa partie supérieure, mais les limites manquent de précision, d'autant plus que rien ne permet d'indiquer où se place la zone à *Schloenbachia Umbulazi* qui vient au-dessus. Je me contenterai donc, pour l'instant, de distinguer dans la province de Maintirano un Sénonien inférieur comprenant 3 zones d'Ammonites :

1 Zone à *Mortoniceras Texanum* ROEMER.
2 Zone à *Hauericeras Gardeni* BAILY et *Hauericeras sugata* FORBES.
3 Zone à *Schloenbachia Umbulazi* BAILY.

Les marnes à fossiles pyriteux de Tsianaloky qui s'intercalent entre les basaltes et les couches à *Hauericeras* sont l'équivalent, avec un faciès différent, des couches à *Mortoniceras Texanum*.

Le Sénonien supérieur débute par une grande transgression délimitant une coupure naturelle. Invisible dans la coupe de Mitraiky, où un faciès profond à Ammonites succède à un autre faciès profond, cette transgression se voit fort nettement dans la région d'Andrafiavelo, où elle s'étale directement sur les basaltes.

C'est dans cette région que je vais prendre le type de ce Sénonien supérieur. La grande différence de faciès des niveaux fossilifères ne permet aucun mélange de fossiles. D'autre part, pour le premier des horizons, nous trouverons à Andrakaraka une formation de mer peu profonde mais qui renfermera à la fois des Oursins et des Ammonites, tandis qu'en allant vers le Nord, un faciès plus détritique nous montrera la grande prédominance des Oursins par rapport à de très rares Ammonites.

Le Sénonien supérieur comprendra donc :

1. — **Le niveau des grès d'Andrakaraka à Ammonites et à Oursins**, caractérisé principalement par :

Pachydiscus colligatus V. BINCK.
Pachydiscus Neubergicus V. HAUER.
Hoplites Vari SCHLUTER.
Mortoniceras Delawarense MORTON.
Seunaster Gauthieri LAMBERT.
Hemiaster cristatus STOL.
Stygmatopygus Lamberti BESAIRIE.
Lopha frons LINNÉ.
Alectryonia ungulata SCHLOTH.
Ostrea Schneibelei BASSE (*nov. sp.*).

Vers le Nord, ce niveau ne renferme plus que des *Stygmatopygus* et des Huîtres plissées, tandis que, vers le Sud, il passe à des calcaires subcrayeux (Nord de Trangahy), puis aux grès calcaires de l'Est de Mitraiky.

On trouve dans ces couches à la fois des formes campaniennes et maestrichtiennes. Il ne m'a pas été possible d'effectuer des coupures lithologiques sur le terrain. A Andrakaraka, les grès ont une dizaine de mètres d'épaisseur; il s'y trouve parfois des filets marneux lenticulaires, épais de quelques centimètres, qui pourraient aider des recherches plus détaillées à distinguer une faune supérieure et une faune inférieure. Je peux néanmoins indiquer, par la nature des gangues, que *Mortoniceras Delawarense* provient des grès grossiers de l'extrême base.

2. — **Le niveau des calcaires crayeux de Trangahy-Andrafiavelo.** — Ce niveau, qui possède un faciès très spécial, a été trouvé pour la première fois à Trangahy. La faune d'Andrafiavelo étant beaucoup plus riche, c'est là que je prendrai le type de cette formation, surtout caractérisée par :

Hercoglossa rota BLANFORD.
Hemiaster madagascariensis COTTREAU.
Pycnodonta vesicularis LAM.
Boehmiceramus regularis D'ORB.
Bostrychoceras Schloenbachi NOWAK.
Baculites vagina FORBES.

La présence dans ces couches de l'*Hercoglossa danica* SCHL. pose un problème intéressant. Ce fossile provient-il du sommet

de la formation et il représenterait alors le Danien, ou bien faut-il le descendre dans le Maestrichtien ? J'adopterai la deuxième hypothèse (Voir le paragraphe de ce fossile dans la cinquième partie).

3. — **Le niveau des grès supérieurs.** — Ces grès n'ont été reconnus que dans la région d'Andrafiavelo. Ils sont concordants avec les calcaires crayeux, mais je n'ai pu voir leurs relations avec le Tertiaire. C'est peut-être là du Danien.

Remarque. — La présence de *Seunaster Gauthieri* et de *Hemiaster Jacobi* (1) permet, pour la première fois, de relier les couches aturiennes de la montagne des Français (Région de Diégo) à une faune d'Ammonites. Ces couches sont l'équivalent des couches d'Andrakaraka, base de la grande transgression du Sénonien supérieur. An contraire, les couches sédimentaires de la côte orientale comprennent à la fois des fossiles de ce niveau, mais aussi du niveau supérieur de Trangahy-Andrafiavelo.

La grande transgression du Sénonien supérieur a amené à Madagascar des espèces qui présentent des affinités assez curieuses, européennes par la présence de certains Oursins (*Echinocorys tenuituberculatus*), américaines par certaines Ammonites (*Pachydiscus* aff. *Quiriquinae, Hoplitoplacentiras plasticus*).

***

LE TERTIAIRE

Les formations tertiaires qui ont un certain développement dans la province de Maintirano sont presque partout recouvertes par des sables récents.

Dans le lit du Manambao, et au voisinage de Mahakenda, affleurent des calcaires compacts, sublithographiques, parfois oolithiques et des argiles brunes et bleues. Les calcaires renferment des traces de Foraminifères, en particulier des Biloculines. A l'embouchure de la Mangomba, des calcaires compacts, sans fossiles, forment une falaise au bord de la mer.

Je rapporte hypothétiquement à l'Eocène moyen, les calcaires

(1) J'ai trouvé cette espèce dans les marnes à Echinides de la montagne des Français, où elle n'avait pas encore été signalée.

à Biloculines (je n'y ai jamais trouvé de Nummulites). Les calcaires de l'embouchure de la Mangomba sont peut être miocènes.

*
**

LES FORMATIONS RÉCENTES

A l'embouchure du Manambao, on rencontre, à quelques mètres à peine au-dessus du niveau de la mer, des grès grossiers renfermant des coquilles peu fossilisées très analogues à la faune marine actuelle du littoral. R. SCHNAEBELÉ a déjà rencontré des grès semblables dans la région côtière du Manambolo. Leur surélévation témoigne d'un mouvement récent.

Toute la zone côtière est recouverte de sables sans fossiles auxquels il est difficile de donner un âge. Les uns sont actuels et forment des dunes fixées par la végétation; les autres, plus anciens, vraisemblablement d'origine éolienne, s'avancent assez loin dans l'intérieur et recouvrent en partie le Crétacé supérieur.

B - TECTONIQUE

Transgressions. — Nous avons vu plus haut que plusieurs formations ont un caractère nettement transgressif. Ce sont :

1° Les grès de Morafenobe du groupe de l'Isalo, discordant sur les couches d'Ankavandra.

2° Les calcaires probablement liasiques de la base du Bemaraha, correspondant à la grande incursion marine qui a ouvert définitivement le canal de Mozambique.

3° Les marnes à Duvalia du Tithonique et du Valanginien qui, débordant sur les premiers étages du Jurassique supérieur, viennent recouvrir les calcaires du Jurassique moyen.

4° Les grès du Crétacé moyen, très transgressifs dans le Nord de la Province de Maintirano, où ils s'avancent jusque sur les grès de Morefenobe.

5° Les grès ou marnes du Sénonien supérieur qui se rencontrent en un grand nombre de points dans les régions côtières de l'île.

Tectonique. — D'une manière générale, toute la série sédimentaire plonge régulièrement vers le canal de Mozambique avec de faibles inclinaisons. Dans la région d'Antsalova, un accident interrompt cette régularité : *c'est l'anticlinal d'Anjiabe,* véritable pli diapyre à noyau de percement volcanique, qui fait remonter au jour les marnes du Jurassique supérieur au milieu des marnes à *Duvalia* du Néocomien. Au Nord de Maintirano, l'*anticlinal d'Andrafiavelo,* visible sur une trentaine de kilomètres, fait affleurer les marnes tithoniques au-dessous des grès du Crétacé moyen.

L'anticlinal d'Andrafiavelo sera étudié plus loin à propos des recherches de pétrole.

CHAPITRE II

LE PROBLÈME DU PÉTROLE A MADAGASCAR

Manifestations hydrocarburées

Les manifestations hydrocarburées sont nombreuses dans les formations sédimentaires de l'Ouest malgache. Elles se rencontrent principalement dans des grès du groupe de l'Isalo, mais quelquefois aussi dans les couches du groupe de la Sakamena. Ces manifestations correspondent, le plus souvent, à des imprégnations bitumineuses qui affectent certaines couches gréseuses ou seulement des zones lenticulaires des mêmes couches. Nous connaissons mal le mode de répartition du bitume dans la roche. En surface, les grès bitumineux montrent une couleur noirâtre et aux périodes de grande chaleur exudent parfois une huile visqueuse.

Les manifestations hydrocarburées se rencontrent dans les régions d'Ambilobe, d'Ankaramy, de Maromandia, d'Analalava, de Kandreho, de Ranohira; elles sont très importantes dans la province de Maintirano. Je vais indiquer rapidement ce que nous en savons, et je décrirai un peu plus longuement les indices bitumineux de Ranohira sur lesquels on ne possédait jusqu'ici aucun renseignement.

Région d'Ambilobe. — On a signalé des manifestations hydrocarburées dans le Nord de Madagascar, en particulier dans la rérégion d'Ambilobe, qui a fait l'objet de quelques bornages portant sur les grès triasiques de la chaîne Kalabenono-Andavakoera. LEVAT, qui a visité cette région, semble avoir considéré les schistes à poissons comme une formation pétrolifère, mais il ne croyait

(1) L. BARRABÉ a donné, dans sa thèse, la bibliographie de cette question. Je me contenterai de citer, parmi les auteurs qui ont étudié ce sujet, les noms de MM. MERLE, LEVAT, EVESQUE, PERRIER DE LA BATHIE, DUMAS. J'ai moi-même publié les notes suivantes :

H. BESAIRIE. Recherches de pétrole dans l'Ouest et le Sud-Ouest de Madagascar. *B. S. G. F.*, IV, t. XXIX, pp. 301 à 304, 1929.

H. BESAIRIE. Les recherches pétrolifères dans l'Ouest de Madagascar. Etude de l'anticlinal d'Andrafiavelo. *La revue pétrolifère*, n° 364, 22 mars 1930, pp. 409 à 411, 1 carte.

pas à l'existence de gisements par suite de l'absence d'anticlinaux.

Je n'ai pas vu les imprégnations des grès, mais, par contre, j'ai longuement circulé sur les schistes à poissons. Ces derniers, qui forment la base de la série sédimentaire dans le Nord-Ouest, ne sont aucunement bitumineux; d'autre part, ils ne sauraient constituer une roche magasin. Les grès triasiques qui recouvrent les schistes sont largement entamés par l'érosion et ne possèdent aucune couverture.

Région d'Ankaramy. — La localité d'Ankaramy se trouve dans le Nord-Ouest, dans l'axe de la presqu'île d'Ampasindava, à mi-distance entre Ambaja et Maromandia.

En 1901-1902, un sondage conduit par M. VUILLAUME (1) en vue de rechercher du charbon a rencontré des niveaux de grès bitumineux. Il se produisit des suintements de bitume si abondants que le trépan se coïnçait au fond du trou. Ce forage a été arrêté à la profondeur de 119 mètres. D'après VUILLAUME et LEVAT (2), cette région serait légèrement plissée. Le sondage était placé sur un axe anticlinal.

Région de Maromandia. — M. DECARY a signalé : des grès bitumineux à Ambinaninandroto et au Nord d'Antsahafaly dans la vallée du Manongarivo, des lignites imprégnés de bitume dans la haute vallée du Maropapango, des schistes bitumineux dans les terrains jurassiques.

Région d'Analalava. — Au Sud de la baie de Narinda, et à 1500 mètres au Sud-Ouest du village d'Antonibe, LEVAT a reconnu la présence d'une mare de bitume au sommet d'un anticlinal formé par les schistes argileux du Crétacé inférieur.

Région de Kandreho. — PERRIER DE LA BATHIE et L. DUMAS ont remarqué des affleurements de schistes bitumineux dans le Jurassique à Beronono et au Mont Kavorondolo, mais des prélèvements d'échantillons n'ont montré à l'analyse que 1 % de bitume.

A Bokafara, entre Kandreho et Soalala, LEVAT parle de sources de bitume exploitées par les indigènes.

Au Nord de Bekododo, PERRIER DE LA BATHIE a reconnu des

(1) VUILLAUME. Rapport de mission. *Bull. économ. de Madagascar*, 1er trimestre 1903.

(2) D. LEVAT. Richesses minérales de Madagascar, Paris, 1912.

coulées de bitume solidifié entre les rivières Sahondra et Bekodoka et des imprégnations à quelques kilomètres au Nord du confluent Sahondra-Sambao.

Province de Maintirano. — Dans toute cette région située au Sud du Cap Saint-André., les manifestations bitumineuses abondent dans les grès triasiques. Les environs de Bedoa-Bemolanga sont particulièrement riches. Les grès bitumineux de Bemolanga ont fait l'objet de sondages à faibles profondeurs qui rencontrèrent des imprégnations considérables dans les grès. Le bitume suintant des parois a fréquemment collé le trépan au fond des trous de sonde et nécessité des injections de vapeur pour permettre de le retirer. Les carottes ont ramené assez souvent des débris de nodules de grès durs, d'un diamètre variant de 15 à 30 centimètres, tout-à-fait analogues aux nodules de la région de Ranohira dont il sera parlé plus loin. Des travaux ont été entrepris également à Bedoa; ils ont révélé l'existence de nombreuses imprégnations bitumineuses. On avait pensé, ces dernières années, pouvoir exploiter les grès bitumineux de cette région en vue d'en extraire le bitume. Les études effectuées ont montré que le prix de revient de l'extraction et du traitement était beaucoup trop élevé pour permettre une exploitation rénumératrice.

Les grès bitumineux se rencontrent fréquemment au hasard des itinéraires, dans toute la partie Est de la dépression gréseuse du district de Morafenobe. A mesure que l'on s'approche du Bemaraha, les imprégnations se font plus rares.

La région d'Ankavandra montre également des grès bitumineux abondants, surtout au voisinage des localités de Folakara et de Maroboaly. De nombreux forages, dont certains à grandes profondeurs, ont été entrepris de 1909 à 1919. Ils traversèrent plusieurs niveaux bitumineux, mais aucune venue certaine d'huile n'a été constatée. Les terrains traversés ne furent identifiés que d'après les boues remontées du forage, et il convient de n'observer qu'avec prudence les coupes ainsi obtenues. En outre, toutes les Société de forages étaient de nationalité étrangère et ceci, joint aux réticences qui accompagnent d'ordinaire tous les travaux de recherches, fait que les renseignements obtenus par le service des Mines de la Colonie sont fragmentaires et souvent contradictoires. Les sondages les plus profonds ont été forés dans la région de Maroboaly; trois d'entre eux ont atteint 760, 785 et 800

mètres. Il est impossible de raccorder les coupes. Ces sondages n'ont pas donné de résultats parce qu'il n'existe dans les grès triasiques aucune assise imperméable capable d'assurer la protection et l'étanchéité d'un gisement. Les grès de Morafenobe, formation monoclinale, souvent subhorizontale, sans couverture protectrice, ne sauraient renfermer de couches pétrolifères, et tout sondage, limité à ces terrains, est voué à un échec.

Région au Sud de Manambolo. — Divers affleurements de grès bitumineux ont été indiqués entre le Manambolo et la Tsiribihina, mais ils n'ont pas l'importance de ceux connus plus au Nord.

Région de Ranohira. — Des indices bitumineux ont été signalés par H. PERRIER DE LA BATHIE dans la région Nord de Ranohira. J'ai étudié ces manifestations sur lesquelles on ne possédait pas de renseignements précis.

J'ai donné, dans la première partie de ce mémoire, la coupe stratigraphique des terrains où l'on rencontre ces manifestations qui se présentent sous forme de nodules bitumineux. Au point de vue tectonique, le contact des couches de la Menamaty se fait normalement et en discordance sur les schistes cristallins arrasés. Le pendage des couches diminue de 20 à 10° à mesure que l'on s'éloigne vers l'Ouest. Les grès de l'Isalo sont ici subhorizontaux. Il ne paraît pas y avoir de fractures importantes dans la région et on ne connaît pas de roches éruptives intrusives dans les sédiments.

Les nodules se rencontrent dans des schistes à *Estheria,* à une centaine de mètres au-dessus de la base de la série sédimentaire. On voit un très bel affleurement sur la rivière Sakafotsy, affluent de la Menamaty, au Sud immédiat du village de Sakafotsy. Les nodules, en grand nombre, ont des dimensions variant de 10 à 30 centimètres de diamètre. Ils sont légèrement aplatis et se cassent très facilement. Ils sont formés par un grès dur, à grain fin, et montrent généralement à l'intérieur une cavité remplie d'un bitume visqueux et de calcite. Le bitume, noir, assez fluide au début, se solidifie rapidement à l'air. Les schistes encaissants ne sont pas bitumineux. Ils présentent néanmoins tout le cortège des minéraux qui accompagnent généralement les manifestations hydrocarburées (gypse, pyrite, efflorescences salines). De très faibles zones d'argiles (schistes pélitiques) s'intercalent dans les schistes à nodules avec des épaisseurs de l'ordre du centimètre.

Les seuls indices bitumineux que j'ai vus résident dans les nodules. On a signalé des suintements de bitume sur la Menamaty. Je n'en ai pas observé.

La question se pose de savoir si le bitume des nodules constitue un gisement primaire ou un gisement secondaire. On ne saurait admettre le premier cas. En effet, la quantité relativement considérable (souvent une dizaine de centimètres cubes) de bitume ne peut provenir de la distillation ou de la transformation d'un organisme de taille assez réduite pour avoir été contenu à l'origine dans le nodule. Le bitume vient donc d'ailleurs. Il est probable qu'il a occupé une cavité formée sans doute par la décomposition d'une matière organique. Au fur et à mesure que le gisement s'approchait de la surface par suite de l'érosion l'huile initiale s'est oxydée et polymérisée. Le vide créé par la réduction du volume a été occupé ultérieurement par de la calcite.

Origine des bitumes

Le bitume, qui imprègne les grès ou les nodules, est un produit lourd, très pauvre en portions volatiles, qui résulte incontestablement de phénomènes d'évaporation, oxydation et polymérisation d'un pétrole plus léger.

Les indices bitumineux se rencontrent principalement dans les grès triasiques du groupe de l'Isalo. Le pétrole primitif qui a donné naissance au bitume ne s'est certainement pas formé dans les grès parce que, quoique très étendues, les imprégnations bitumineuses sont, malgré tout, localisées dans des volumes restreints. Si le pétrole s'était formé dans les grès, les imprégnations seraient plus régulières. En outre, ce que l'on peut savoir de la genèse du pétrole, incite à chercher sa formation dans des assises plutôt argileuses que gréseuses. Le pétrole ne se s'étant pas formé dans les grès, il ne peut provenir que des couches sous-jacentes, qui sont des schistes du groupe de Sakamena, portant les noms de couches de la Menamaty à Ranohira, couches d'Ankavandra dans l'Ouest, couches à Poissons dans le Nord-Ouest et le Nord. Cette formation, qui comporte presque toujours un conglomérat de base, est largement transgressive sur le massif ancien. Il est probable qu'au dessous, et à une distance du contact du cristallin que nous ne pouvons préciser, on doit rencontrer les couches du groupe de la Sakoa. Ces dernières n'affleurent que dans le Sud-

Ouest de l'île où une érosion intense a enlevé les formations supérieures, dont il subsiste néanmoins de petits témoins en superposition directe sur les gneiss, apportant la preuve que la transgression du groupe de Sakamena a également débordé sur le groupe de la Sakoa. Il est donc possible d'admettre que, dans l'Ouest, le groupe de la Sakoa puisse exister sous les couches d'Ankavandra.

On peut envisager plusieurs hypothèses pour expliquer l'origine du pétrole malgache.

1° **Formation dans les schistes du groupe de Sakamena.** — Ces schistes peuvent être considérés comme la roche mère du pétrole parce qu'on les rencontre presque toujours au-dessous des manifestations hydrocarburées. En outre, l'existence de bitume dans les nodules de la région de Ranohira, étudiée plus haut, concorde fort bien avec l'idée d'une formation de pétrole dans les dépôts argileux qui ont donné les schistes de la Menamaty, suivie d'une concentration dans les cavités des nodules. Cette hypothèse est la seule qui puisse expliquer logiquement l'origine du bitume, car les nodules se trouvent au sein d'une masse argilo-schisteuse qui doit s'opposer à toute migration d'hydrocarbures venant d'ailleurs.

2° **Formation de pétrole dans les couches inférieures au groupe de Sakamena.** — Si, comme je l'ai dit plus haut, on admet l'existence du groupe de la Sakoa au-dessous des couches d'Ankavandra, une formation de pétrole dans ces terrains peut se concevoir. Nous savons que, dans le Sud-Ouest, on rencontre au-dessous du groupe de Sakamena des calcaires marins à Spirifer et Productus. Cette transgression marine, venant probablement du Sud, a pu s'étendre plus loin vers le Nord, où des avancées successives sur les bords d'un géosynclinal ont peut-être créé une ambiance favorable à la formation du pétrole. Cette hypothèse, très séduisante, ne repose malheureusement sur aucune observation directe.

On peut aussi penser à une formation de pétrole dans les assises inférieures, au niveau des calcaires à Productus. Des migrations ultérieures, facilitées peut-être par les dislocations amenées par la mise en place des roches volcaniques, auraient conduit le pétrole dans les grès triasiques.

3° **Formation de pétrole à partir des horizons charbonneux.** —

Les couches d'Ankavandra renferment des horizons charbonneux dans la région du moyen Ranobe. Le groupe de la Sakoa est également riche en couches de charbon. Les nombreuses manifestations volcaniques qui sillonnent l'Ouest malgache, provoquant par métamorphisme une distillation de la houille, auraient donné naissance au pétrole. Si cela était, il devrait exister une liaison entre la présence des grès bitumineux et des manifestations éruptives. Je n'ai pas effectué d'études assez détaillées dans les formations triasiques pour savoir si cette liaison existe. Je crois, néanmoins, que l'on peut réfuter cette hypothèse si l'on veut bien constater qu'en Afrique australe, où se trouvent des faciès analogues, de puissantes actions doléritiques dans les couches à charbon n'ont jamais donné naissance à des manifestations pétrolifères. Le bassin charbonnier de la Sakoa montre parfois des intrusions d'ankaratrites limburgitiques recoupant les couches à charbon, sans avoir jamais provoqué la formation de produits hydrocarburés. D'ailleurs, dans la région de Ranohira, on ne connaît aucune présence de roche volcanique ni dans les couches de la Menamaty, ni dans les grès de l'Isalo.

De ces hypothèses, deux sont à retenir. La première considère les schistes d'Ankavandra comme une roche mère et la seconde admet une origine plus profonde du pétrole. Cette dernière amènerait à rechercher le pétrole au-dessous des schistes d'Ankavandra. On conçoit donc tout l'intérêt qu'il y aurait à connaître très exactement les coupes réelles des sondages de Maroboaly. Or, il est impossible de voir dans ces coupes le passage des grès de Morafenobe aux schistes d'Ankavandra qui ont certainement été atteints. Basées sur cette deuxième hypothèse, les recherches de pétrole devraient s'appuyer sur une étude détaillée des formations gréseuses au voisinage du contact des couches d'Ankavandra. Pour ne pas avoir des profondeurs excessives, il faut éviter de sonder trop à l'Ouest, mais si l'on s'approche près de la bordure du cristallin, on court le risque de tomber dans les gneiss au-dessous des schistes et non dans les formations sédimentaires recouvertes par une transgression dont nous ignorons l'ampleur.

L. Bertrand et L. Joleaud, qui ont fixé le programme des recherches de pétrole à Madagascar, n'ont envisagé que la possibilité de trouver du pétrole dans les grès triasiques. Ils ont pensé que, s'il existait des zones anticlinales sous la couverture pro-

tectrice formée par les terrains secondaires de la zone côtière, on pourrait rencontrer là des accumulations de pétrole non altéré. Ces directives ont été suivies et ont abouti, lors des missions de L. BARRABÉ, à la découverte des anticlinaux d'Anjiabe et d'Andrafiavelo.

L'anticlinal d'Andrafiavelo est un accident très important qui ramène au jour sur une trentaine de kilomètres les formations du Jurassique terminal, très loin de leur aire normale d'affleurement. Au contraire, l'anticlinal d'Anjiabe, du a une intrusion éruptive, présente beaucoup moins d'étendue; il montre une réapparition des formations kimeridgiennes au milieu de terrains tithoniques, mais tout près des affleurements normaux du Kimeridgien. Je ne l'ai pas étudié en détail et il n'en sera pas question ici.

*
**

L'ANTICLINAL D'ANDRAFIAVELO

En 1926, L. BARRABÉ découvrit l'anticlinal d'Andrafiavelo et en leva la première esquisse géologique où il indiqua la présence de trois importants affleurements de marnes à *Duvalia* surgissant au milieu des grès du Crétacé moyen : le premier situé dans la région d'Andrafiavelo, le deuxième au Nord-Est de ce village à l'Est d'Ankilimanarivo, le troisième dans la région de Betaboara. J'ai déjà montré, plus haut, que ce troisième affleurement n'existe pas. L. BARRABÉ avait limité le premier affleurement à la partie comprise entre la Mangomba et le Nord immédiat du village. J'ai pu suivre les marnes à *Duvalia* sur 5 kilomètres au Sud de cette rivière; je les ai retrouvées, en outre, à 9 kilomètres au Nord d'Andrafiavelo puis dans la vallée du Manambao, à 2 kilomètres 500 au Sud-Sud-Ouest de Namoasy.

La trouvaille la plus intéressante que j'aie faite dans cette région a été de constater l'existence du niveau des calcaires glauconieux à *Holcostephanus* qui recouvrent les marnes à *Duvalia*. Les marnes n'étant pas stratifiées, il est difficile de voir leur plongement. Leur contact concordant avec les calcaires est donc d'un précieux secours. D'autre part, ces calcaires ont un grand développement. Je les ai suivis depuis le Sud de la Mangomba jusqu'au Sud immédiat du signal Antranotakatra et je les ai revus au Nord du Manambao, à 2 kilomètres 500 à l'Ouest d'Ankotrakotraka.

L. Barrabé pensait pouvoir attribuer au Kimeridgien les calcaires qui forment de petites collines au coude de l'Ambahibe, au Sud d'Andrafiavelo. Bien que je n'y aie pas trouvé de fossiles, je crois pouvoir les rattacher encore aux calcaires valanginiens à *Holcostephanus*.

D'une manière générale, les calcaires glauconieux ne sont bien visibles que dans la région Ouest d'Andrafiavelo où ils forment parfois de petits escarpements. Dans la partie Est, ils sont fréquemment masqués par les sables éluvionnaires provenant de la désagrégation des grès du Crétacé moyen. D'ailleurs, à mesure que l'on s'avance vers l'Est, on voit ces calcaires devenir marneux et passer latéralement à des marnes où il ne subsiste plus que de minces niveaux calcaires. Il est alors difficile de séparer ces nouvelles marnes des marnes à *Duvalia* sous-jacentes.

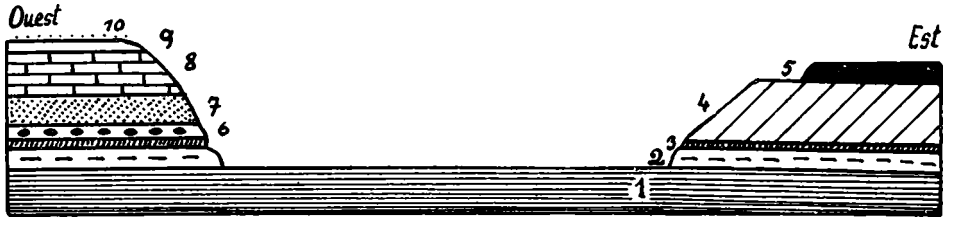


Fig. 6. — Coupe au Nord d'Andrafiavelo

10 Sables récents
9 Grès
8 Calcaires crayeux
7 Grès d'Andrakaraka
6 Conglomérat de base de la transgression du Sénonien supérieur
5 Basaltes
4 Grès du Crétacé moyen
3 Marnes à baguettes
2 Calcaires Valanginiens
1 Marnes à *Duvalia*

Les affleurements de marnes à *Duvalia* correspondent à des dépressions dominées par des falaises hautes de plusieurs dizaines de mètres. L'affleurement principal d'Andrafiavelo s'étend sur 16 kilomètres de long avec une largeur moyenne de 4 kilomètres. Il est bordé à l'Est par une falaise gréseuse appartenant au Crétacé moyen. La falaise Ouest montre à la base les calcaires glauconieux recouverts par les marnes à baguettes et, au sommet, les grès, puis les calcaires du Sénonien supérieur transgressif. Les grès du Crétacé moyen n'affleurent pas sur cette falaise. L'affleurement marneux d'Ankilimanarivo I forme une cuvette profondément encaissée entre une falaise circulaire de grès du Crétacé moyen.

J'ai reconnu, en outre, l'existence de deux autres affleurements de marnes à *Duvalia* dans la région au Nord d'Andrafiavelo. Le

premier se trouve à l'Ouest du signal d'Ambatolahy et au Sud du signal Antranotakatra. Il affleure au-dessous des calcaires à *Holcostephanus* et sa limite Ouest est recouverte directement par les grès transgressifs du niveau d'Andrakaraka. Le deuxième affleurement est visible sur un tout petit espace dans la vallée du Manambao, au pied de la falaise des grès du Crétacé moyen, un peu à l'Est de la piste d'Ambatolahy à Namoasy. Les éboulis gréseux du Crétacé moyen et une végétation touffue masquent les contacts. Néanmoins, un ravinement encaissé montre nettement les marnes fossilifères qui doivent s'étendre assez largement sous les alluvions du Manambao.

La coupe de la figure 6 passant à travers l'anticlinal d'Andrafiavelo donne la succession des terrains et la différence de constitution des plateaux Est et Ouest.

TECTONIQUE

Pendages observés. — Dans le coin Nord-Est de l'affleurement marneux d'Ankilimanarive I, on voit les marnes partir sous les grès crétacés avec un plongement de 7° Est. Les grès s'enfoncent avec la même inclinaison sous les basaltes. Sur le bord Ouest, les marnes sont subhorizontales.

Dans l'affleurement d'Andrafiavelo, on observe fréquemment des inclinaisons de 4 à 5° Est, le long de toute la zone de bordure des grès crétacés. Sur la bordure Ouest, au contraire, les marnes et les calcaires glauconieux sont subhorizontaux. J'ai observé un plongement net de 3° Est en un seul point, à 1 kilomètre au Sud-Est du signal d'Andolobetroka.

Ces pendages permettent de parler d'un anticlinal et excluent l'hypothèse d'un soulèvement par faille, c'est-à-dire d'un horst expliquant cette réapparition des marnes à *Duvalia*.

Pendages déduits d'observations. — On peut déduire les pendages des altitudes d'un même niveau en plusieurs points. Le contact des marnes à *Duvalia* et des calcaires glauconieux pourrait donner une grande précision. Malheureusement, ces calcaires ne sont pas visibles partout, soit qu'ils aient été enlevés par l'érosion, soit qu'ils se trouvent masqués par les sables. D'autre part, les différences de niveau sont trop faibles pour être mesurées à l'alti-

mètre. La région d'Andrafiavelo étant absolument dépourvue de nivellement géodésique, il m'a été impossible d'effectuer ces mesures qui, pour être suffisamment précises, m'auraient demandé beaucoup trop de temps. Néanmoins, je peux indiquer quelques observations.

L'affleurement des marnes à *Duvalia* du Sud d'Antranotakatra est à une altitude plus grande que celui de la vallée du Manambao. Dans les deux gisements nous avons affaire au sommet des marnes. Il s'ensuit un pendage net vers l'Est. Les calcaires glauconieux qui surmontent le premier de ces affleurements sont également à une altitude plus grande que l'affleurement calcaire du Nord du Manambao. On en déduit un pendage net vers le Nord-Nord-Est.

Entre Andrafiavelo et Antranotakatra, les calcaires glauconieux affleurent à une altitude beaucoup plus élevée que les marnes à *Duvalia* de la fenêtre d'Ankilimanarivo I. Ces calcaires étant peu épais, il en résulte que le pendage est toujours net vers l'Est.

La pointe Sud de l'affleurement des marnes à *Duvalia* d'Andrafiavelo disparaît sous le contact des basaltes et du Sénonien supérieur. Ceci implique une inclinaison vers le Sud des couches antébasaltiques.

Allure de l'anticlinal. — Les remarques précédentes montrent que ce qu'on appelle communément l'anticlinal d'Andrafiavelo ne se comporte pas comme une série de dômes, mais bien comme un pli à grand rayon de courbure, de direction Nord légèrement Est, s'allongeant sur une trentaine de kilomètres et montrant à ses deux extrêmités des terminaisons périclinales. Dans le détail, le pli est affecté de petites ondulations secondaires que, seul un nivellement précis, pourra mettre en évidence. Ce nivellement devra opérer sur les contacts des marnes et des calcaires qui constituent le seul repère pratique. Les marnes étant très fossilifères, on pourrait espérer y rencontrer des horizons paléontologiques bien définis. Il faudrait pour cela reconnaître des niveaux de Belemnites recueillies en place. Une espèce de *Duvalia,* assez voisine de *D. ensifer,* correspond sans doute à la partie inférieure des marnes.

Les grès du Crétacé moyen présentent sur la bordure de l'anticlinal une inclinaison vers l'Est. La phase de plissement est postérieure au dépôt de ces grès et antérieure aux coulées basaltiques.

Manifestations éruptives. — Les manifestations éruptives sont nombreuses dans la région d'Andrafiavelo. La plus importante est formée par la ligne d'intrusion labradoritique des collines du Tongobory qui recoupe les marnes à *Duvalia* sans perturber leur régularité. L'effet métamorphique est très réduit et ne se manifeste que sur quelques centimètres, au contact de la roche. La masse principale du Tongobory a une longueur de 700 mètres et une largeur d'environ 200 mètres. Il faut peut-être voir là une cheminée d'ascension des coulées basaltiques.

On rencontre, en outre, de nombreux dykes, longs parfois de plusieurs dizaines de mètres, dont la largeur varie de quelques décimètres à plusieurs mètres et qui recoupent les marnes en tous sens. Ces dykes sont surtout abondants dans la région Sud de Mandroatsy, mais on en rencontre également plus au Nord, et jusque dans la cuvette d'Ankilimanarivo.

Les dykes traversent les calcaires glauconieux. Il est bien difficile de voir leurs affleurements dans les grès du Crétacé moyen, par suite des revêtements sableux. Néanmoins l'existence de blocs de labradorite à la surface des sables, loin des coulées, me permet de dire que les manifestations intrusives traversent les grès du Crétacé moyen.

Emplacement des sondages. — Les sondages doivent être placés sur les points de surélévation maximum de l'anticlinal. Comme nous avons affaire à un pli à très grand rayon de courbure dont la charnière est sensiblement horizontale, les ondulations d'axes sont difficiles à mettre en évidence et les points de plus grandes surélévations ne peuvent résulter que d'un nivellement très précis. D'autre part, il importe d'éviter les manifestations éruptives et, en outre, il est nécessaire d'avoir à proximité une quantité d'eau suffisante.

Dans l'état actuel de nos connaissances, la meilleure position du premier sondage se trouverait sur l'axe du pli et vers son milieu, c'est-à-dire dans les environs immédiats du village d'Andrafiavelo, si cette région n'était pas malheureusement occupée par la ligne des affleurements de labradorites qui prolongent le Tongobory. Je propose donc de placer la sonde plus au Nord, à peu près à mi-distance entre Andrafiavelo et Andranotakatra. On trouve là une petite dépression où stagnent des étangs. Les marnes à *Duvalia* n'affleurent pas, mais sont certainement très près de la surface.

Il est probable qu'elles forment le fond de la dépression qui est couverte d'alluvions. On se placera à l'Ouest de cette cuvette, tout près des calcaires glauconieux (1).

(1) En cours d'impression, j'ai connaissance d'une étude de M. C. P. NICOLESCO : Gisements pétrolifères de Madagascar. *La Revue pétrolifère*, nos 388, 389, 390, 1930.

Les idées de M. NICOLESCO peuvent se résumer ainsi : « Les argiles et les marnes jouent dans la série des grès de Morafenobe un rôle beaucoup plus important qu'on ne l'a cru jusqu'ici. Le pétrole tire son origine des charbons du Karroo inférieur; il aurait migré et se serait mis en place sous l'action de poussées orogéniques principalement durant les phases antéandines et alpines. Les gisements malgaches ne sont pas aussi altérés qu'on veut le dire; ils sont protégés par les affleurements d'argiles, de marnes, d'asphaltes; de plus, les grès triasiques sont parfois surmontés de témoins liasiques qui ont dû former couverture. Revenant encore sur l'existence de niveaux argileux dans la formation à pétrole (grès de Morafenobe), M. NICOLESCO conclut en disant que les chances de rencontrer le pétrole sont aussi grandes dans la région des grès triasiques que sous la couverture jurassique et crétacée du Bemaraha. »

Le travail de M. NICOLESCO me paraît renfermer beaucoup plus de développements théoriques que de faits d'observations. Son argument de base est bien fragile; car les argiles n'ont qu'une très faible importance dans les parties inférieures et moyennes des grès de Morafenobe. La partie supérieure à argile n'affleure que loin des manifestations. J'ai montré plus haut les raisons qui m'empêchent de voir dans les charbons la roche mère du pétrole malgache.

En ce qui concerne les mouvements tectoniques, M. NICOLESCO leur fait jouer un rôle exagéré. Madagascar a été, au moins depuis le début du Karroo, un pays excessivement tranquille. La régularité de ses séries sédimentaires, toujours monoclinales, en fait foi. Les ondulations anticlinales comme celle d'Andrafiavelo sont l'exception. Aussi dois-je contredire M. NICOLESCO lorsqu'il écrit, p. 1290, première colonne, ligne 38 : « Mais les effets de ces poussées tectoniques se sont traduits en même temps par une foule d'accidents de terrain des plus variés et fort répandus. » *Cette foule d'accidents n'existe pas.* D'ailleurs, il suffit de descendre en pirogue le Manambolo qui entaille une coupe magnifique, tant dans les grès de Morafenobe que dans les calcaires du Bemaraha, pour bien se persuader de la grande régularité monoclinale des couches; le seul accident visible sur un parcours d'une vingtaine de kilomètres est une petite faille près de Bekopaka.

M. NICOLESCO écrit aussi que « la Grande Ile a été le théâtre de nombreuses poussées orogéniques ayant affecté tant les schistes cristallins que les séries sédimentaires et donné lieu à des phénomènes annexes : rabotages, conglomérats, transgressions, discordances, etc... ». N'est-il pas plus logique de voir ces phénomènes annexes liés aux pulsations du canal de Mozambique en rapport avec de très lointains mouvements orogéniques qui n'ont jamais affecté directement Madagascar, au moins depuis le début du Karroo.

Cette critique enlève bien de la valeur à l'hypothèse d'une mise en place du pétrole sous l'influence de poussées tectoniques. Pour terminer, je ne puis que réfuter la conclusion de M. NICOLESCO et déconseiller formellement tout sondage dans la zone d'affleurement des grès de Morafenobe.

QUATRIÈME PARTIE

LES GISEMENTS DE PHLOGOPITE

SOMMAIRE

I. Généralités. — Exploitation. — Traitement. — Usages.
II. Les gisements. — Filons pegmatoïdes et Poches. — Altération des gisements. — Origine.
III. La prospection du mica. — Prospection en surface. — Prospection en profondeur. — Indices de poches, indices suivant la nature des roches. — Conduite des travaux de recherches.
IV. Minéraux accessoires.
V. Etude des principaux gisements.

(Voir fig. 7 : Carte des gisements de phlogopite du Sud de Madagascar.)

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

La totalité de la production française de mica est fournie par Madagascar où l'on exploite deux variétés : la muscovite ou mica blanc, la phlogopite ou mica ambré. La muscovite provient des pegmatites granitiques. Il n'en sera pas question ici.

La phlogopite se rencontre dans certaines roches des schistes cristallins : elle est exploitée dans le centre et le Sud de l'île.

La mise en valeur des gisements de mica date de la guerre. On peut suivre très nettement trois périodes dans l'évolution des exploitations.

La première période fut caractérisée par le grand nombre de prospecteurs qui exploitèrent uniquement les affleurements. Par suite du mode particulier de gisement, ces affleurements, qui correspondaient à des poches ou à des filons lenticulaires, s'épuisèrent rapidement. La deuxième période commença avec des essais d'exploitation en profondeur dans la zone altérée, essais qui donnèrent de bons résultats, mais nécessitaient des moyens financiers que les particuliers étaient généralement incapables de se procurer. Ces derniers cédèrent leurs gisements à de grosses sociétés, et ce fut la troisième période où l'on entreprit des travaux profonds, puits, descenderies, galeries. Nous sommes à l'heure actuelle dans

cette troisième période qui rencontre beaucoup de difficultés par suite de la multiplicité des gisements, qui ne permet pas de doter chacun d'eux de l'outillage nécessaire; aussi certaines exploitations, faute de moyens d'avancement rapide et de matériel d'exhaure, ne donnent qu'une faible production.

On peut prévoir qu'une nouvelle période s'ouvrira à bref délai; elle se distinguera des précédentes par la localisation des travaux sur un petit nombre de gisements parfaitement outillés. La grande richesse de certaines couches à phlogopite amènera à des traçages serrés en profondeur qui pourront être aidés par certains indices géologiques et peut-être aussi par des méthodes de prospection géophysique. La production atteindra alors toute son ampleur.

Traitement

Le mica est trié à la main et coupé en plaques à bords en biseaux d'une épaisseur variant de 2 à 6 millimètres. En aucun cas l'épaisseur ne doit être inférieure à 1,5 millimètre. Les plaques ne doivent pas présenter d'angles rentrants.

Il y a sur le marché mondial trois modes de classements (Canada, Etats-Unis, Calcutta). Le classement en usage à Madagascar est celui de Calcutta qui range les plaques en catégories suivant l'aire du plus grand rectangle inscriptible

N° 00	au-dessus de 48 pouces carrés.
N° 0	au-dessus de 36 pouces carrés.
N° 1	de 24 à 36 pouces carrés.
N° 2	de 15 à 24 pouces carrés.
N° 3	de 10 à 15 pouces carrés.
N° 4	de 6 à 10 pouces carrés.
N° 5	de 3 à 6 pouces carrés.
N° 6	de 1 à 3 pouces carrés.

Les plaques doivent être saines, sans stries ni froissures, ni ondulations, sans inclusions de terre ou de corps étrangers. Elles doivent être rangées par lots d'une homogénéité parfaite, provenant du même gisement et, si cela est possible, de la même attaque.

La plus grande partie de la production est constituée par des plaques de 5 à 10 centimètres de côté. Il n'est pas rare de trouver des plaques de 25 à 40 centimètres de côté, certaines atteignent plus d'un mètre de long.

Les plaques de petites dimensions, clivées en feuilles d'une épaisseur de 0,01 à 0,03 millimètres (splittings) prennent une valeur marchande plus considérable. La fabrication du splitting est un travail délicat, qui se fait sur une grande échelle à Madagascar où la main-d'œuvre est bon marché. Les splittings sont classés comme les plaques suivant leurs dimensions. Ils doivent être secs, ne pas présenter de bavures et ne pas être détériorés par le sable.

Une catégorie de splitting, dit *spécial,* subit un traitement particulièrement soigné. L'épaisseur de chaque feuille est vérifiée à la main (1) par des ouvriers spécialistes et l'emballage se fait très soigneusement en petits paquets.

Les micas en plaques sont emballés en caisses garnies intérieurement de papiers imperméables. L'emballage des splittings est double et comporte de préférence une première enveloppe en fer blanc soudé.

Le mica prêt pour la vente doit répondre aux caractéristiques suivantes :

Bon état de l'emballage.
Correction du clivage des splittings.
Absence d'humidité.
Homogénéité des plaques au point de vue de l'origine.
Conformité des plaques avec le gabarit.
Conformité des plaques avec le gabarit déclaré.

Les contrats exigent parfois :

25 % de plaques supérieures à la moyenne du grade.
50 % de plaques égales à la moyenne du grade.

Caractère spécial de l'industrie du mica à Madagascar

L'exploitation et la vente du mica sont concentrées entre les mains de quelques firmes importantes. C'est ainsi que la Société des Minerais de la Grande Ile et la Compagnie Générale de Madagascar figurent en 1926 et 1927 pour 81 % de la production totale de la colonie. Ceci résulte des méthodes d'exploitations trop onéreuses pour les particuliers.

La vente directe au consommateur ne peut être pratiquée que

(1) Les feuilles d'épaisseur comprise entre 0,01 et 0,03 millimètres ont une flexibilité particulière.

par les prospecteurs disposant de capitaux de roulement suffisants pour attendre les délais toujours longs qu'exige la réalisation de leurs lots en Europe ou en Amérique.

Usages

Le mica est principalement employé dans l'industrie électrique où il joue un rôle prépondérant :

Isolement des collecteurs dans les machines dynamo-électriques.
Garniture des rainures d'induit.
Isolement des enroulements fils et barres.
Isolement des rondelles fusibles.
Confection des tableaux de distribution.
Confection de la micanite (splittings) et de différents autres isolants dont voici quelques compositions :

Caoutchouc durci, micanite et amiante; fibres végétales, mica; magnésie, amiante, mica et gutta-percha; mica, résine, huile de bois, huile de romarin ou résine de dammara; couches superposées d'huile de lin brute et de débris de mica, feuilles de mica, amiante et gomme; mica et gomme laque; tissu imprégné de borax et recouvert d'une feuille de mica; mica, résine et poix; matière ligneuse, copal, laque, gypse, cire, aniline, mica et poix; caoutchouc, mica en poudre, amiante en poudre, térébenthine pulvérisée, soufre, gomme laque; tissu recouvert d'une couche légère de mica et de colle; feuille de mica traitée avec de la gomme ou de la résine par la chaleur; amiante, alcool, gomme laque, mica et alun; alcool, gomme laque, amiante, craie, tolu et mica.

Fabrication de coupe-circuit, de globes de lumière électrique, de plaques de condensateurs, de paratonnerres de téléphone.

En dehors de ses applications à l'industrie électrique, le mica est encore utilisé comme : accessoires de poëles, fours et fourneaux; verres et tubes de lampes, pare-brise et écrans, pièces de lunetterie, carreaux, éléments ignifuges, base de moulage.

Exportation de Phlogopite

1926	272.804 kg.
1927	506.385 »
1928	601.960 »
1929	397.797 »

CHAPITRE II

LES GISEMENTS

M. A. LACROIX (1) a appliqué aux schistes cristallins de Madagascar la division en orthogneiss et en paragneiss. Ce sont les paragneiss qui vont nous intéresser ici.

Les gisements de phlogopite de Madagascar se rencontrent uniquement dans des parapyroxénites. Ils sont surtout abondants dans la région Sud de l'île. La carte des gisements de phlogopite (Service des Mines, Tananarive, 1929) indique les principales exploitations.

La région Sud de Madagascar est en grande partie formée de schistes cristallins où se sont injectés des granites, et parfois des roches éruptives basiques. En certains points assez localisés on rencontre des intrusions et des coulées de roches volcaniques récentes (ankaratrites limburgitique, basaltes, rhyolites, etc...). La grande région volcanique est constituée par le massif de l'Androy, mais, fort loin de là, et jusque sur la bordure des terrains sédimentaires, on rencontre des dykes basaltiques d'importance variable et qui paraissent formés de roches récentes.

La tectonique de ces formations cristallines est très complexe. Dans l'ensemble, nous avons affaire à une structure isoclinale formée de plis très serrés où les charnières ont disparu et qui montrent une succession de bancs de roches diverses, généralement très inclinés et souvent verticaux. La direction des couches est très ordinairement Nord-Sud. Les formations lenticulaires sont fréquentes. Cette structure isoclinale, dont la tectonique est bien difficile à démêler, a provoqué le rapprochement de roches d'origines diverses. Les paragneiss voisinent avec les orthogneiss et sont parfois injectés de granite. Il est difficile de déterminer ces roches sur le terrain, mais, pour le sujet qui nous occupe, je dois dire que les parapyroxénites se distinguent très facilement.

Les parapyroxénites forment de longues traînées, épaisses de

(1) A. LACROIX. Minéralogie de Madagascar, t. II, Paris, 1922.

un à plusieurs dizaines de mètres et s'allongeant parfois sur plusieurs kilomètres. Il est rare d'en trouver une couche isolée. Le plus souvent, on rencontre plusieurs couches parallèles distantes de quelques dizaines ou centaines de mètres et la question se pose de savoir si l'on n'a pas affaire à une seule et même couche que d'intenses plissements ont ramenée au jour en plusieurs points.

Les couches de parapyroxénites n'ont pas une composition constante sur toute la longueur des affleurements. On y rencontre tous les types que M. A. LACROIX a étudiés dans le tome II de la Minéralogie de Madagascar. Ces diverses roches sont intimement associées et, à côté d'une masse de pyroxénite normale presqu'uniquement constituée de diopside, on pourra trouver une pyroxénite à spinelle ou une pyroxénite feldspathique. Ces masses diverses ont des dimensions très variables et sur une longueur de quelques mètres on peut voir de nombreux passages latéraux. Plus rarement, on observe le passage d'une parapyroxénite à une paraamphibolite ou à un cipolin.

Les *parapyroxénites normales* sont uniquement constituées par du diopside. M. A. LACROIX les considère comme « le résultat de la transformation de calcaires magnésiens siliceux mais pauvres en alumine ou privés d'alumine » et distingue trois variétés suivant la teneur en fer du pyroxène.

1. *Parapyroxénite à diopside blanc.* Le diopside est ici dépourvu de fer. Ces roches sont un peu moins communes que celles qui vont suivre. Elles ont un grain de grosseur variable et ne paraissent pas contenir d'importantes concentrations de phlogopite.
2. *Parapyroxénite à diopside vert.* Le diopside est d'une teinte verdâtre ou vert clair; il contient un peu de fer. Cette roche est la plus commune; elle renferme les plus intéressants gisements de phlogopite.
3. *Parapyroxénite à diopside brun.* Le diopside très ferrifère est d'une couleur très foncée, presque noire.

Dans ces trois variétés de parapyroxénites normales, on rencontre des éléments accessoires parfois très abondants. C'est en premier lieu le cas du spinelle qui se présente souvent en gros cristaux.

Les *parapyroxénites à spinelle* résultant de la transformation d'un calcaire magnésien riche en alumine ont un développement très variable, formant parfois la totalité de la couche, mais souvent constituent des amas plus ou moins importants au sein d'une

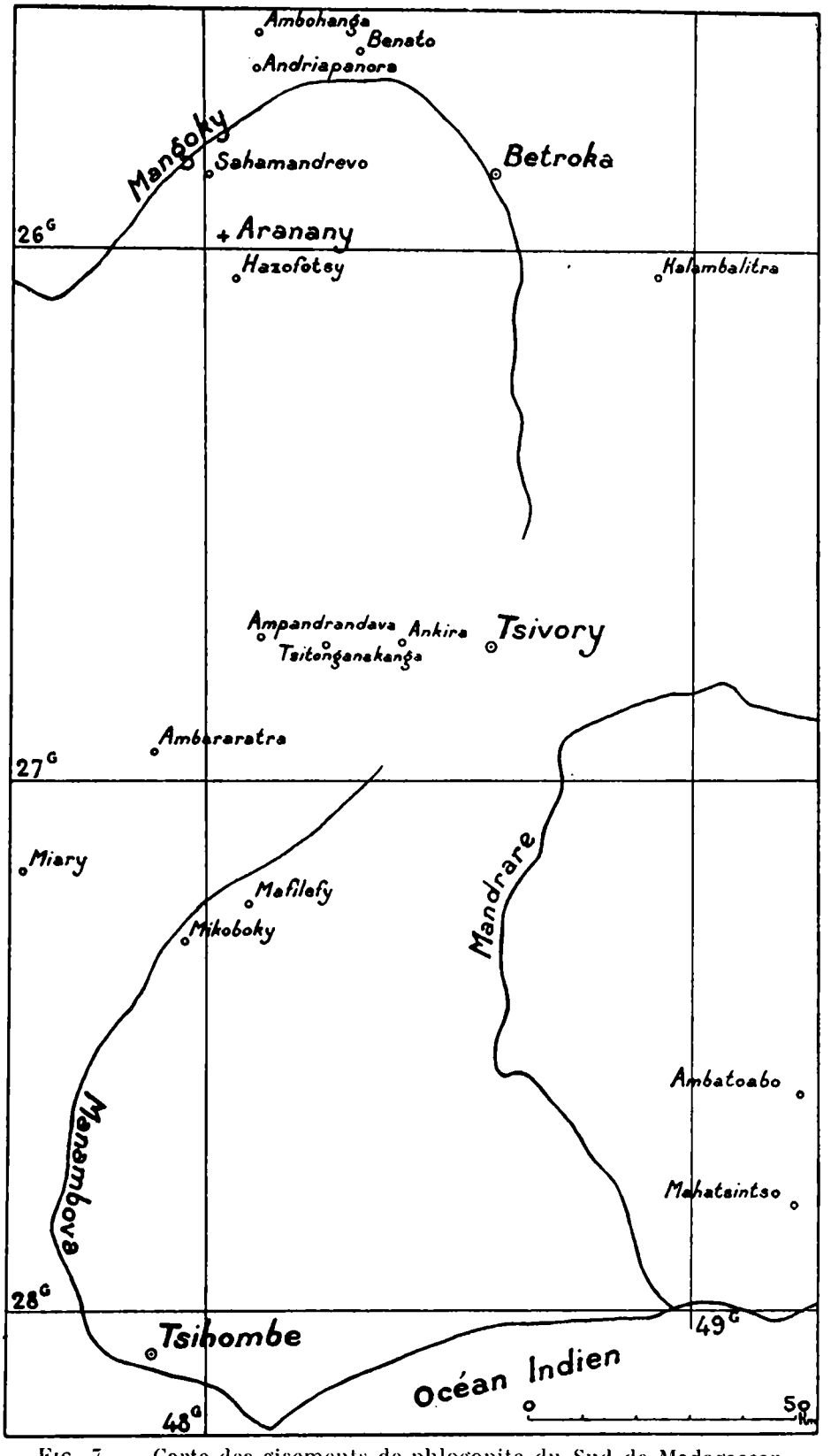


FIG. 7. — Carte des gisements de phlogopite du Sud de Madagascar

parapyroxénite normale. Cette variété de roche, qui a été décrite pour la première fois par M. A. LACROIX (1) est très répandue dans le Sud de Madagascar. Le spinelle s'y rencontre en quantités variables, depuis de petits grains microscopiques jusqu'à de gros octaédres de plus d'un centimètre. Les analyses ont montré à M. A. LACROIX que dans « cette roche silicatée alumineuse et calcifère, l'alumine, au lieu de contribuer à la formation d'anorthite, comme cela eût été le cas dans un magma fondu, entre toute entière dans la constitution du spinelle et d'un pyroxène spécial. »

D'une manière générale, les couches renfermant une grande quantité de pyroxénite à spinelle sont pauvres en filons de phlogopite.

Les parapyroxénites sont parfois feldspathiques. Ce sont alors des roches verdâtres où un feldspath, d'ordinaire basique, s'associe à un diopside plus ou moins ferrifère. M. A. LACROIX a distingué dans cette famille de roches un type leucocrate (gneiss à anorthite) et un type méso ou mélanocrate (pyroxénite feldspathique). Le type leucocrate ne contient pas de phlogopite alors qu'au contraire le type mélanocrate peut en renfermer. Les gneiss à anorthite sont assez fréquents au contact de la pyroxénite feldspathique, mais ils forment alors un banc différent. Je n'ai observé que très rarement (Benato) des passages latéraux entre ces deux variétés de roches.

Dans les couches de pyroxénite à filons de phlogopite, les parapyroxénites feldspatiques n'ont qu'un faible développement.

Les parapyroxénites feldspathiques renferment aussi des wernérites, le plus souvent de la scapolite. Ce dernier minéral devient parfois un élément essentiel et la roche passe à une wernéritite. La scapolite est généralement d'un blanc laiteux, translucide, à éclat gras. Elle forme des prismes qui atteignent plusieurs centimètres.

Il peut arriver que des cipolins s'associent aux couches de parapyroxénites. Ils forment des lentilles d'épaisseur variable, s'intercalent dans la roche et deviennent parfois si abondants que la pyroxénite passe à un cipolin. Les cipolins renferment presque toujours des minéraux accessoires, en particulier des spinelles dont ils fournissent de splendides échantillons de grande taille.

(1) A. LACROIX. *Minéralogie Madagascar*, t. II, p. 558, 1922.

La pyroxénite renferme également de la calcite, mais cette dernière ne contient presque jamais de spinelles.

Les autres variétés de roches silicatées dérivant des calcaires et des marnes ne se rencontrent pas avec les parapyroxénites à phlogopite. Les parapyroxénites grenatifères, les paraamphibolites et les grenatites ne sont jamais associées directement aux gisements de phlogopite. Je signalerai seulement, qu'au moins en un point (Andriapanoro), j'ai rencontré un amas d'épitotite dans une parapyroxénite normale.

D'une manière générale les parapyroxénites ne montrent jamais une structure feuilletée. Ce sont des roches dures et compactes formées de cristaux enchevêtrés dans tous les sens à structure souvent granoblastique.

Je donne ci-dessous les analyses de deux pyroxénites typiques (analyses de M. RAOULT) que M. A. LACROIX, a bien voulu me communiquer.

	Parapyroxénite normale de Benato	Parapyroxénite à spinelle de Benato
$Si\ 0^2$	50,00	36,62
$Al^2\ 0^3$	3,97	22,98
$Fe^2\ 0^3$	1,33	0,52
Fe 0	2,85	3,71
Mn 0	0,15	0,28
Mg 0	15,55	15,15
Ca 0	25,24	18,26
$Na^2\ 0$	tr.	0,64
$K^2\ 0$	tr.	0,26
$Ti\ 0^2$	0,20	0,46
$P^2\ 0^5$	0,00	0,00
$H^2\ 0$	+ 0,78	0,77
	— 0,25	0,39
	100,32	100,04

Les gisements de phlogopite se rencontrent sous des formes très différentes. Nous distinguerons ici trois grandes catégories qui sont schématisées sur la figure 8.

1. Filons pegmatoïdes. — Ces filons sont distribués d'une manière très irrégulière dans la pyroxénite. Le qualificatif de pegmatoïde, qui leur a été donné par M. A. LACROIX, indique que ces

filons sont à gros éléments, qu'ils possèdent une composition complexe et qu'enfin ils se comportent comme des pegmatites, c'est-à-dire qu'ils peuvent avoir une direction parallèle à celle de la roche encaissante, mais qu'ils peuvent aussi la recouper obliquement ou normalement. Les dimensions, très variables, excèdent rarement quelques mètres de puissance. Le plus souvent l'épaisseur varie de 0 m. 30 à 1 m. 50. Le remplissage est constitué principalement par de la phlogopite à laquelle s'adjoint, dans certains cas, de l'apatite qui peut arriver à prédominer en quantité sur le mica. La phlogopite se présente sous forme de cristaux

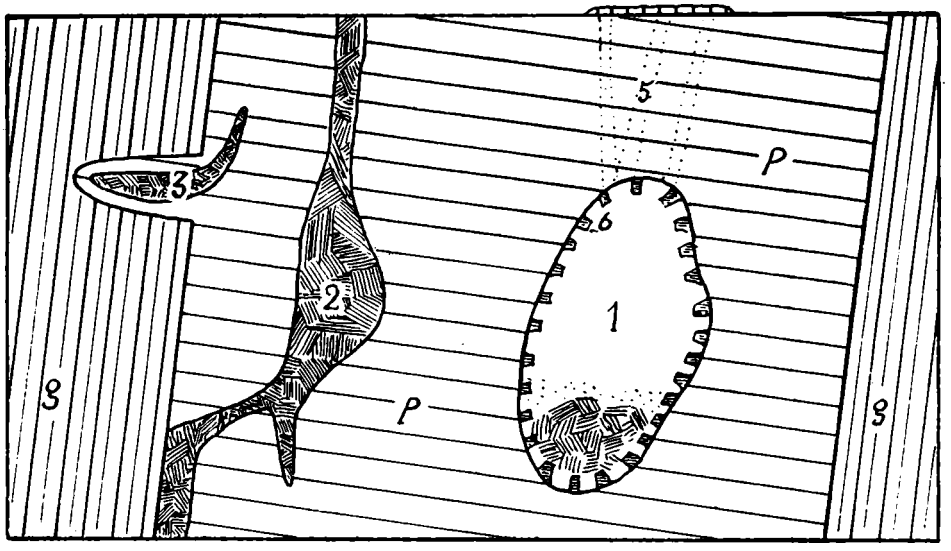


FIG. 8. — Mode de gisement de la phlogopite (*p* : pyroxénite ; *g* : gneiss encaissant)

1. poche
2. filon pegmatoïde
3. filon intrusif dans le gneiss
4. tuf calcaire superficiel
5. lignes de terre rouge
6. cristaux tapissant les poches

hexagonaux de hauteur variable enchevêtrés dans toutes les directions. Certains de ces prismes ont des côtés de plusieurs décimètres. On rencontre également du sphène et un certain nombre de minéraux accessoires. Les filons se trouvent généralement dans la pyroxénite, mais il arrive parfois qu'ils se localisent près du contact de la pyroxénite et du gneiss encaissant. Les épontes sont toujours formées de pyroxénite. Très variables dans leur épaisseur, les filons peuvent se poursuivre sur plusieurs mètres avec des puissances de l'ordre du centimètre puis s'épaissir brusquement pour former des amas. En général, les épontes des filons ne sont pas tapissées de cristaux de pyroxène.

Dans les régions dépourvues de latérite, les filons sont parfaitement visibles à la surface des affleurements de pyroxénite. La phlogopite scintille au soleil et ceci explique le nom malgache « eledrano », reflet d'eau, que les indigènes emploient pour désigner le mica.

2. Poches ou druses d'origine secondaire. — On rencontre parfois dans les parapyroxénites des cavités tapissées de cristaux de pyroxène, d'apatite et renfermant du mica et de la calcite. Ces druses étaient à l'origine complètement occupées par la calcite qui, par suite des circulations d'eaux, a été dissoute totalement ou en partie. On les voit actuellement à moitié remplies d'une argile rouge qui n'est autre chose que de la latérite apportée par les eaux d'infiltration. La partie supérieure est vide, et le fond montre des cristaux épars de phlogopite. Outre la calcite, on rencontre aussi de l'anhydrite, qui parfois a été dissoute, mais dont il subsiste des pseudomorphoses à cloisons rectangulaires.

Le type originel de ces masses de calcite dont la dissolution a donné les druses secondaires se voit fort nettement dans les gisements de Sahamandrevo. On rencontre là, tout près de la surface du sol, de gros amas de calcite. La phlogopite en beaux cristaux ou en amas de cristaux et de superbes échantillons de diopside sont englobés dans la calcite. D'une manière générale, au-dessus du niveau hydrostatique, les poches ne renferment plus de calcite. Les dimensions de ces cavités sont très variables et vont de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres. La grande caverne d'Elakelaka, aujourd'hui comblée, avait une trentaine de mètres de profondeur et une largeur de près de vingt mètres.

Les poches superficielles constituent des gisements très intéressants. Le mica s'y trouve à l'état libre, dégagé de ses gangues. Au-dessus du niveau hydrostatique, en effet, tous les corps solubles (calcite, anhydrite), ont été soumis à l'action des eaux d'infiltration chargées d'oxygène et d'acide carbonique. Le carbonate de chaux s'est dissous et, dans les périodes de sécheresse, les eaux du gisement ont été en quelque sorte attirées à la surface où elles se sont évaporées en déposant le calcaire sous forme d'un tuf poreux formant une petite carapace locale, qui subsiste dans quelques régions (Hazofotsy, Itrongay). Ailleurs ce calcaire a été entraîné définitivement par les eaux de ruissellement. Du-

rant la période de pluies, un mouvement inverse s'est produit. Les eaux d'infiltration chargées d'argile ont été attirées par les cavités naturelles du gisement. L'argile s'y est déposée et aussi sur le parcours du chemin d'amenée. De plus, le long de ces routes privilégiées de circulation des eaux, les feldspaths se sont altérés plus rapidement et ont donné du kaolin. *Ceci constitue des indices très sérieux pour l'exploitation souterraine.* Types : Benato (grande mine du Nord), Andriapanora, Ampandrandava.

3. **Gisements d'intrusions dans les gneiss encaissants.** — Ce mode de gisement, assez curieux, se rencontre fréquemment. En suivant la ligne de contact d'un gneiss et d'une parapyroxénite on voit parfois une cassure brusque et nette dans le gneiss s'emplir d'un filon de mica avec épontes de pyroxénite. C'est un mode particulier de filon pegmatoïde. Les épontes sont lisses et non tapissées de cristaux. Ces filons sont généralement étroits mais leur longueur et leur profondeur peuvent dépasser une dizaine de mètres. Types : Miary (Sud-Est de Bekily, gisement Felli : Amboanga gisement de la Société des Minerais de la Grande Ile.

Altération des gisements

Dans la zone superficielle où l'on exploite actuellement le mica, le pourcentage de mica marchand est très faible par rapport au mica brut. Ce dernier se trouve très fréquemment gondolé et l'on n'y peut tailler que de petites plaques. Ce gondolage du mica résulte vraisemblablement d'actions dynamiques actuelles en rapport avec les phénomènes de latéritisation, de glissement qui peuvent s'exercer dans la zone superficielle. Il se produit, en outre, des pressions assez fortes dans le mica lui-même par suite de phénomènes d'hydratation. Les exploitations profondes montrent d'ailleurs un pourcentage plus élevé de mica marchand. On peut donc admettre en principe que le mica n'est altéré qu'au-dessus du niveau hydrostatique. Il résulte de ceci, et les études des gisements le confirment, que ce seront surtout les mica de filons qui seront gondolés. Les mica de poches, en effet, dès qu'ils arrivent au dessus du niveau hydrostatique se trouvent dans des cavités libérées par le départ de la calcite et, par suite, ne sont plus soumis aux forces dynamiques. Les phénomènes d'hydratation sont seuls susceptibles de les abîmer légèrement.

Gisements dans la latérite. — Dans les régions latéritisées, la pyroxénite disparaît; le mica et quelques minéraux accessoires subsistent seuls. On retrouve les mêmes modes de gisements, filons et poches, mais il se produit ici un enrichissement superficiel, facile à comprendre. Le phénomène de latéritisation résulte d'une altération des roches silicatées caractérisé par une décomposition complète où ne subsistent que des hydrates alumino-ferriques. Par suite du départ de toute une série d'éléments, le volume de la latérite est bien inférieur au volume de la roche qui lui a donné naissance. En outre, le lessivage de la latérite par les pluies en enlève une grande partie. Le mica reste seul, ses cristaux se clivent et arrivent à former une couche horizontale, sur toute la largeur de la pyroxénite, qui s'enrichit sans cesse. C'est cette zone d'enrichissement qui a été exploitée pendant les premières prospections. Au-dessous, on rencontrera dans la latérite récente, celle qui est en formation, soit des filons, soit des poches.

Dans les régions où il y a peu de latérite, c'est le cas pour la région de l'Ouest de Betroka, l'enrichissement superficiel pourra être très faible, voire nul. Les prospections découvriront donc des filons qui pénètreront dans la roche intacte. Elles rencontreront aussi des amas de mica dans la latérite, très localisés, qui s'interrompront brusquement. De tels amas doivent être considérés comme résultant d'anciennes poches. Ils font actuellement le désespoir des prospecteurs. Il importe de remarquer que, si l'on trouve en surface dans la latérite de nombreux petits amas sans continuité, on peut affirmer que l'on se trouve dans un gisement de druses. J'ai montré que, dans la zone superficielle, ce sont les plus intéressants. Ces gisements ne doivent donc pas être abandonnés, mais au contraire prospectés en profondeur dans la roche intacte en se basant sur les indices indiqués plus haut.

Origine des gisements de Phlogopite

Nous savons que les pyroxénites résultent du métamorphisme de sédiments marneux. La composition chimique d'une phlogopite ne saurait être trouvée dans les éléments argilo-calcaires qui constituent les marnes. Comme dans la formation des pegmatites, on est obligé de faire intervenir l'action d'émanations profondes lors de la dernière phase de cristallisation de la pyroxé-

nite. Ces émanations apportant du fluor, du phosphore, du titane, du soufre, etc., expliquent la formation de la phlogopite et des minéraux accessoires : apatite, sphène, tourmalines, pyrite, fluorine, molybdénite, zéolites, etc.

Il résulte de ceci que la phlogopite étant une formation de profondeur, liée génétiquement à des phénomènes de métamorphisme dus à l'action du magna granitique, elle doit avoir une grande extension dans toute la couche de pyroxénite. D'ailleurs le fait de rencontrer des pyroxénites à phlogopite sur des longueurs de plusieurs kilomètres et à des altitudes très variées implique qu'à toute profondeur exploitable on pourra trouver du mica. Il ne faut pas oublier néanmoins que la formation de phlogopite étant très irrégulière, elle se présentera en profondeur comme elle se présente en surface, c'est-à-dire d'une manière très capricieuse.

CHAPITRE III

LA PROSPECTION DU MICA

Prospection en surface

La prospection superficielle du mica a été jusqu'ici l'œuvre des indigènes, des gardiens de bœufs en particulier, qui venaient signaler aux colons la présence d'affleurements de mica. Il ne faut pas se dissimuler que, d'ici peu de temps, la plupart des affleurements seront connus. Si l'exploitant hésite à entreprendre des travaux souterrains et veut encore effectuer du grattage superficiel, il sera utile de faire faire de la prospection par des européens compétents.

On commencera par la reconnaissance des lignes de pyroxénites, qu'il sera nécessaire en vue des continuités possibles de rapporter sur une carte à petite échelle. En effet, des lignes de pyroxénites riches en mica peuvent, par suite de la configuration du sol, se trouver partiellement masquées par des alluvions ou de la latérite. Il peut être intéressant de chercher à les recouper par des tranchées, et un travail topographique suffisamment exact sera d'une grande utilité.

Les lignes de pyroxénites, une fois repérées, devront être suivies sur toute leur longueur. A défaut de mica visible en surface, d'autres minéraux peuvent donner de précieuses indications. Ce seront en particulier l'apatite et la tourmaline noire, si elle est visiblement associée à la pyroxénite. Si ces minéraux se présentent avec une certaine abondance, on ne devra pas hésiter à ouvrir une tranchée.

La présence d'un tuf calcaire poreux à la surface des pyroxénites sera également un indice de valeur parce qu'il indique la présence en profondeur de poches emplies de calcite, que les eaux d'infiltration vont dissoudre et ramènent à la surface, où le calcaire se dépose par suite de l'évaporation. Il importera dans ce cas d'examiner si le tuf calcaire ne provient pas de cipolins. Des cipolins peuvent, en effet, se trouver interstratifiés dans la pyroxénite et former de gros amas individualisés sans rapports avec le mica. On différenciera ces cas en remarquant que, s'il existe des

cipolins, on les verra probablement affleurer, et, de plus, ils donneront une véritable carapace calcaire. Au contraire, si le tuf provient bien des poches de calcite, il sera moins abondant, disséminé sur la pyroxénite qu'il n'arrivera pas à masquer complètement. Des tufs semblables se rencontrent dans la région d'Hazofotsy et d'Itrongay. La région de Sahamandevo présente les deux types : Dans la partie Sud de Toby, un peu à l'Est de la grande mine, une carapace calcaire recouvre le sol; elle est assez épaisse et masque le substratum. On voit d'ailleurs un affleurement de cipolins dans le prolongement de la ligne de pyroxénite au Sud de la Grande mine. Les tufs provenant de poches de calcite se rencontrent uniquement le long des pyroxénites. Ils sont épars, peu épais, et mettent des taches claires sur le vert sombre de la roche.

La présence de spinelles abondants associés à un tuf indique que l'on a affaire à des cipolins. En effet, beaucoup de cipolins renferment des spinelles, souvent de grandes tailles. Le spinelle est très résistant à l'altération et il se trouve conservé alors que le calcaire est déjà très remanié. Les pyroxénites, plus résistantes que le calcaire, libèrent plus difficilement leurs spinelles.

Il importe de remarquer que ces phénomènes sont excessivement localisés et ne donnent des indications que pour des étendues de terrains de quelques mètres. La présence de cipolins en un point n'exclue pas, au contraire, la possibilité de trouver du mica quelques mètres plus loin. Je dis « au contraire » parce que, dans certaines régions, les cipolins sont intimement associés aux pyroxénites à phlogopite (zone Sahamandrevo-Itrongay).

La présence des spinelles permettra de reconnaître si un affleurement calcaire dans une pyroxénite est à rattacher à de la calcite de druse (pas de spinelles dans le cas le plus général) ou à une lentille de cipolin (beaucoup de spinelles).

Au point de vue de la prospection en surface, il sera nécessaire de proscrire absolument la recherche du mica par les coupeurs (1). En effet, par suite de la pénurie de mica sur certains chantiers, les coupeurs vont eux-mêmes rechercher des affleurements et en tirent rapidement ce qu'ils peuvent. Un tel procédé ne peut abou-

(1) Dans les exploitations, les ouvriers se divisent en deux catégories, d'une part ceux qui travaillent à l'extraction, et d'autre part les coupeurs qui préparent le mica pour éliminer les parties mauvaises.

tir qu'à la disparition des indices, les pluies se chargeant de remblayer rapidement les trous, de faible profondeur, creusés à la bêche et même au bâton.

Jusqu'à présent aucune prospection sérieuse n'a été faite. On a recherché la production sans penser à cette disparition des indices de surface. Bien des zones sont sillonnées de trous éboulés sur lesquels je n'ai pu avoir aucun renseignement. Ceci doit faire comprendre la nécessité de faire les tranchées correctement et surtout d'écarter suffisamment les déblais pour qu'ils ne retombent pas. Si les indices deviennent favorables et que les tranchées s'approfondissent, il sera nécessaire de déposer les déblais en dehors de la ligne de pyroxénite. Ces indications, pourtant bien élémentaires, ne sont pas toujours appliquées.

Prospection en profondeur

Une fois les indices de surfaces reconnus, on sera en mesure, avec quelques petits travaux rapides, de sélectionner les zones qui paraissent les plus riches. La question des prix de revient interviendra alors, mais, géologiquement, on doit conseiller d'entreprendre des travaux de recherche réguliers. En plus des facilités que donnera pour l'extraction un puits bien droit, une tranchée bien faite, l'attaque du stérile permettra de reconnaître de nouveaux indices, qui passeraient inaperçus si l'on se contentait de suivre les filons en enlevant le mica sans toucher aux épontes.

J'ai déjà signalé que le fait de trouver un amas de mica isolé indiquait la présence de poches. Si la densité de tels amas est grande, le gisement devient très intéressant parce qu'en profondeur il existe des indices capables de faire connaître les poches.

Les indices de poches

J'ai expliqué que les poches étaient initialement remplies par de la calcite. Au-dessus du niveau hydrostatique la circulation des eaux superficielles, chargées d'acide carbonique, a permis la dissolution de la calcite, dissolution entraînant la formation des cavités. Les cavités ont déterminé des chemins privilégiés de circulation des eaux qui se dirigeaient plus spécialement vers les poches et y déposaient les particules d'argiles latéritiques qu'elles tenaient en suspension. Aux époques de sécheresse, les eaux re-

montaient à la surface entraînant un peu d'argile, qui se déposait le long de ces chemins privilégiés. C'est pourquoi l'on rencontre dans la pyroxénite des lignes jalonnées de terre rouge qui aboutissent à des poches. Les poches présentent toujours un remplissage d'argile. En outre, le long de ces zones de circulation des eaux, les feldspaths ont subi des altérations plus grandes qu'ailleurs, altérations allant souvent jusqu'à la kaolinisation complète.

Par conséquent, les lignes d'argiles rouges et de feldspaths kaolinisés que l'on rencontrera dans la pyroxénite doivent être considérées comme des indices qu'il faut suivre pour aboutir aux poches.

Ces indices n'existeront d'ailleurs qu'au-dessus du niveau hydrostatique.

Les cryptes et cavités que rencontreront les ouvriers devront être examinées minutieusement, surtout si elles se montrent tapissées de cristaux. Beaucoup de poches ont des terminaisons en pointes étroites qui pourraient ne pas être remarquées. La barre à mine y pénètre plus ou moins profondément. De telles poches devront être fouillées complètement.

On peut encore déceler les poches par des expériences de sonorité. A faible distance d'une poche, la barre à mine sonnera creux.

Les indices de filons

Je n'ai rien remarqué qui permette de repérer la présence d'un filon. Le seul indice sera le filon lui-même; sa nature pegmatoïde lui permet de s'épaissir et de donner des amas. Il peut arriver que, dans un filon, le remplissage soit formé d'apatite. Dans ce cas, le filon devra encore être suivi, car un tel remplissage doit être localisé.

Indices généraux d'après la nature des roches

Les pyroxénites étant parfois étroitement associées à d'autres roches, il se peut qu'une galerie vienne à en rencontrer. L'examen des affleurements donnera des renseignements sur l'importance des diverses roches. Examinons les cas qui se présenteront le plus fréquemment.

Cipolins. — Les cipolins se différencient facilement de la calcite par leur structure à grain fin.

De plus, les poches de calcite présentent toujours des cristaux de pyroxène dressés sur la pyroxénite alors que le contact du cipolin se fera d'une manière quelconque. En outre, dans la calcite, on rencontrera des prismes de mica, tandis que dans le cipolin on ne trouvera que de petites lames éparses ou rien du tout. Le cipolin renferme fréquemment des spinelles que je n'ai jamais rencontrés dans la calcite provenant de poches, sauf dans l'unique gisement de Mahatsinto.

Epidotites. — Les épidotites sont des roches d'un vert très clair formées par un agrégat de petites aiguilles d'épidotes. Elles ne renferment jamais de mica. Ces roches sont assez rares et ne paraissent pas former de gros amas.

Amphibolites. — Les pyroxénites peuvent passer latéralement à des amphibolites. Les affleurements montreront alors la variation de nature de la roche. Il pourra arriver aussi d'avoir affaire à une lentille d'amphibolite prise dans la pyroxénite. On reconnaîtra les amphibolites à leur teinte plus noire et à la différence cristallographique des éléments constituants. On ne rencontrera jamais de mica dans les amphibolites.

Pyroxénites à spinelles. — Les pyroxénites à spinelle sont très abondantes dans le Sud. Elles forment soit des bancs affleurant sur de grandes longueurs, soit des amas dans la pyroxénite normale. On les rencontre dans presque tous les gisements mais parfois en très petite quantité. Des pyroxénites blanchâtres à spinelle m'ont paru ne jamais renfermer de mica, mais mes observations ne sont pas assez nombreuses pour me permettre de conclure affirmativement. D'une manière générale, les parapyroxénites à spinelle sont pauvres en mica.

Pegmatites granitiques. — Les pegmatites granitiques recoupent fréquemment les pyroxénites. Elles n'ont aucune influence sur la richesse en mica.

Gneiss. — Des lentilles ou des lits de gneiss peuvent s'intercaler dans la pyroxénite. Leurs dimensions sont très variables. Les *filons de phlogopite se trouvent fréquemment près du contact des* gneiss et de la pyroxénite.

Dykes basiques. — Dans le gisement du Sud, en particulier au voisinage de l'Androy, des dykes de roches basiques (ankaratrites, limburgites, basaltes) recoupent parfois les pyroxénites. Ces dykes ont des épaisseurs variant de quelques centimètres à plusieurs mètres. J'en ai vu un, à Ankira, qui recoupe un filon de mica sans l'altérer aucunement. Ces dykes traversent d'ailleurs les terrains de toutes natures, cristallins ou sédimentaires, sans les déranger ni les métamorphiser au contact.

Toutes les roches que nous venons d'examiner fournissent en somme des indications négatives. Le seul problème qu'elles poseront est celui de savoir si on doit les traverser. Les épidotites, les pegmatites et les pyroxénites à spinelle ne devront jamais arrêter une galerie, car ces roches, surtout la première, sont toujours très localisées. Pour les autres, on ne peut formuler aucune règle. Il faudra se guider sur l'étude des affleurements et des indications données par les galeries voisines.

Conduite générale des travaux de recherches

Ce paragraphe est envisagé uniquement au point de vue de la géologie appliquée.

Les galeries de recherches doivent partir dans la pyroxénite, au-dessous des niveaux altérés, mais au-dessus du niveau hydrostatique. Sur les lignes d'épaisseur normale (de 3 à 10 mètres) une seule galerie située dans l'axe de la ligne peut suffire. Les filons étant généralement obliques à la direction de la pyroxènite se trouveront automatiquement recoupés. Si la pyroxénite est plus épaisse, il serait préférable de faire plusieurs galeries parallèles pour ne pas s'exposer à manquer les filons. De plus, des recoupes devront être faites de distance en distance, normalement à la galerie, pour aller toucher le gneiss encaissant. En effet, il y a souvent des amas lenticulaires de mica au contact du gneiss et de la phogopite. Tout ce traçage rencontrera des indices de poches.

Ce travail pourra être effectué à divers niveaux, mais il y aurait intérêt à ne pas descendre plus bas que le niveau hydrostatique au-dessous duquel on ne rencontrera plus les indices de druses et où les poches seront complètement remplies de calcite.

CHAPITRE IV

MINÉRAUX ACCESSOIRES

Les minéraux accessoires sont assez abondants dans les gisements de phlogopite. Il est curieux de constater que chaque gisement contient des minéraux accessoires qui lui sont propres et qu'on ne retrouve pas ailleurs. Le gisement de Volonondrongo renferme de l'épidote et de la clinozoïsite. Sakeny renferme des tourmalines magnésiennes; Benato, de l'actinote; Mafilefy, de la molybdénite; Ampandrandava contient de l'anhydrite; Imanga, de l'analcime; Mahatsintso, du spinelle. Tous ces minéraux, fort communs dans ces gisements, sont excessivement rares ailleurs.

Calcite. — La calcite est le plus important des minéraux accessoires des gisements de phlogopite. On la rencontre dans les poches, en grosses masses d'où il est possible d'extraire des clivages de grandes dimensions. Elle est généralement colorée en jaune, mais certains gisements fournissent de la calcite rose ou bleu pâle.

Apatite. — L'apatite se rencontre en abondance dans les filons et dans les druses. Elle est d'une couleur variable, verte ou bleue. J'ai vu à Andriapanoro des masses considérable d'apatite formant des blocs de plusieurs décimètres de côté et provenant sans doute de prismes de grande taille. C'est surtout dans les druses que se trouvent les gros échantillons à formes nettes.

Anhydrite. — Les druses des gisements du Sud renferment d'assez grosses masses d'une anhydrite violacée transparente, avec des clivages rectangulaires. Par hydratation, ce minéral donne de magnifiques cristaux de gypse (Mafilefy). L'anhydrite se rencontre en gros blocs dans la calcite des poches.

Scapolite. — Des prismes de scapolite atteignant quelques centimètres sont assez fréquents dans les poches des pyroxénites.

Sphène. — Le sphène est très commun dans les pyroxénites. On le trouve sous forme de petits cristaux dans certains filons de phlogopite; mais les plus beaux exemplaires viennent des poches. J'ai ramasé à Miary un fragment de cristal, mesurant 17 centimètres de longueur, qui englobe de la phlogopite.

Préhnite. — Ce minéral est assez abondant dans certains gisements du Sud. Il se présente en couches formées d'un agrégat de cristaux lamellaires, tapissant certaines cavités des pyroxénites. Sa couleur est généralement d'un vert très pâle.

Analcime. — J'ai rencontré dans le gisement d'Imanga de beaux trapézoèdres d'analcine, atteignant un diamètre de deux centimètres et tapissant les poches. Ces cristaux sont d'un blanc laiteux translucide.

Actinote-Trémolite. — Ces amphiboles sont assez communes et se rencontrent dans les pyroxénites. J'ai recueilli dans les druses de Benato de gros blocs d'une actinote fibreuse d'une jolie couleur verte. Les fibres ont plusieurs centimètres de longueur. Par endroit, cette actinote passe à de l'asbeste.

Les druses des gisements d'Ampandrandava m'ont fourni de gros morceaux d'asbeste qui résultent vraisemblablement de l'altération de l'actinote.

Spinelle. — Le spinelle, si abondant dans certaines pyroxénites, où il forme un élément essentiel de la roche, est, par contre, très rare dans les filons et druses. Je ne connais qu'un seul gisement où l'on rencontre le spinelle dans les druses (Mahatsinto). Ce minéral se trouve là en beaux cristaux très foncés tapissant les parois, et se montre aussi englobé dans la calcite.

J'ai vu dans le gisement d'Ankira des filons épais de 10 à 20 centimètres, constitués uniquement par du spinelle très foncé. Ces filons sillonnent la pyroxénite et recoupent parfois la phlogopite.

Zircon. — J'ai trouvé un seul cristal de zircon implanté sur une éponte de pyroxénite dans les déblais du gisement de Mafilefy.

Tourmaline. — La tourmaline magnésienne est abondante dans les gisements de Sakeny, où elle se présente en cristaux raccourcis suivant l'axe vertical. On rencontre des tourmalines ferrifères à Ambararatra où elles s'exhibent toujours en gros cristaux noirs.

Diopside. — La calcite des druses et les parois des cryptes montrent de superbes cristaux de diopside. Dans certains gisements, il est complètement translucide. C'est le cas d'Itrongay.

Molybdénite. — Je ne connais la molybdénite que dans le seul gisement de Mafilefy. On la trouve dans les filons et dans les druses sous forme de lames atteignant 4 à 5 millimètres. On voit dans la calcite des prismes hexagonaux de molybdénite présentant quelques millimètres de hauteur. Ce minéral qui possède une grande valeur marchande ne se rencontre que comme accident minéralogique et n'existe pas en quantité suffisante pour être exploité.

Pyrrhotite. — La calcite des druses renferme souvent de gros blocs de pyrrhotite. C'est le cas, en particulier, à Benato.

Epidote. Clinozoïsite. — Ces minéraux ont été décrits par M. A. LACROIX du gisement de Volonondrongo. Je ne les ai pas retrouvés dans les gisements du Sud.

CHAPITRE V

ETUDE DES PRINCIPAUX GISEMENTS

Sakeny

Le village de Sakeny est situé à 120 kilomètres à l'Ouest d'Ambalavao et à 7 kilomètres au Sud du fleuve Zomandao-Mangoky. On trouve là une série de couches de parapyroxénites qui affleurent sur plusieurs kilomètres.

La région est formée de schistes cristallins divers où abondent les tourmalines magnésiennes noires. On en trouve de nombreux cristaux épars dans la latérite. Ces tourmalines sont très communes dans les pyroxénites. Elles sont de couleur très foncée et fréquemment raccourcies suivant l'axe vertical. M. A. LACROIX a longuement étudié ces tourmalines (1). J'ai ramassé en place dans la pyroxénite des cristaux tout à fait lenticulaires. Une autre des caractéristiques lithologiques de la région est le grand nombre de plagioclasites surmicacées qui se rencontrent en amas dans les gneiss.

Les parapyroxénites sont le plus souvent normales, à diopside vert. Les parapyroxénites à spinelle ne sont pas très communes; elles montrent des spinelles d'un bleu ciel. Je signalerai un long affleurement de ces dernières rocnes à environ trois kilomètres au Sud de Sakeny. C'est au voisinage de cet affleurement que j'ai recueilli une plagioclasite alumineuse à saphirine; la saphirine forme des cristaux bleus de quelques millimètres et est abondante dans la roche où elle constitue un élément essentiel. M. A. LACROIX vient de décrire cette roche dans une étude récente (2). Je n'ai pas vu de cipolins en rapport avec les pyroxénites.

Les gisements sont fortement latéritisés en surface et on ne commence à rencontrer la roche fraîche qu'à quelques mètres de profondeur. On voit dans la latérite des cristaux translucides de diopside. Le mica de surface est fortement altéré et gondolé. On

(1) A. LACROIX, *op. cit.*, t. I, p. 437.

(2) A. LACROIX. Sur un Schiste cristallin à saphirine de Madagascar et sur les roches à saphirine en général. *B. S. F. Minéralogie*, t. 211, nos 4-5-6, pp. 76-84, 1929.

trouve des plaques énormes. Le gisement appartient principalement au type filonien.

Benato

Le gisement de Benato, (fig. 9), situé à 30 kilomètres au Nord-Ouest de Betroka, est un des plus importants de Madagascar. La région est surtout formée de paragneiss grenatifères, de direction sensiblement Nord-Sud et très fortement inclinés vers l'Ouest.

Les collines de Vohitrongogo, à l'Est de Benato, sont formées de paragneiss grenatifères auxquels se superposent une série de gneiss et de leptynites où s'intercalent des couches de parapyroxénites à phlogopite. Les cipolins sont rares et je ne les ai vus à l'affleurement qu'en un seul point, dans le lit de l'Ilempo, entre l'ancien village de Benato et Benatsimo. Les pegmatites et les filons de quarts interstratifiés à hématite sont fréquents. J'ai rencontré à l'Ouest du cours moyen de l'Ilempo, une roche curieuse que M. A. Lacroix a déterminée comme une bronzitite à giobertite, assimilable à la sagvandite de Norvège, mais je n'ai pas examiné ses conditions de gisement. D'une manière générale, toutes les roches forment des couches régulières et je n'ai remarqué aucune formation de caractère intrusif.

On peut distinguer à Benato quatre gros ensembles de parapyroxénites. Une première bande s'allonge à la base Ouest du Vohitrongogo. Elle est formée principalement de parapyroxénite à wernérite passant localement à des wernéritites. La deuxième bande passe à Benatsimo et à l'Est de Benato : elle est constituée par une pyroxénite normale ou feldspathique. Dans l'exploitation de Benatsimo, elle se présente de deux manières, soit sous la forme de pyroxénite à pyroxène très clair, soit sous forme de pyroxénite verte très grenue contenant parfois des mouches pyriteuses. On rencontre dans ces pyroxénites de Benatsimo, de petites lentilles de plagioclasite à pyroxène. La troisième bande est surtout visible au Nord légèrement Est de Benato : sa nature est variable; elle comprend des pyroxénites vertes normales, des pyroxénites à spinelle en faible quantité, il s'y associe des quartzites qui y sont interstratifiés. La dernière bande, assez complexe, formée de plusieurs couches, passe à Benato même et se poursuit surtout vers le Sud. C'est une pyroxénite grise ou verte. En outre, de ces quatre bandes, on rencontre de petites couches plus ou

moins lenticulaires de pyroxénites qui s'intercalent avec des importances diverses dans les gneiss.

En dehors de ces couches, qui ont toutes subi des prospections, j'ai rencontré d'autres pyroxénites plus à l'Ouest. Je signalerai en particulier, deux couches voisines qui sont bien visibles sur une petite colline située à N. 9° E. du Vohitrongogo et à environ 1 kilomètre de Benato. Plus à l'Ouest encore, à 1.500 mètres à l'Ouest de Benato et à N. 85° E. du Vohitrongogo, une couche de pyroxénite montre des affleurements de phlogopite. Au Nord-Ouest de Benato, j'ai également rencontré des couches de parapyroxénites à phlogopite à 400 mètres à l'Est du petit village d'Ambondrombe, puis à l'Ouest et à l'Est immédiat d'Ambatovita. La région de Benato est certainement l'une de celles où les pyroxénites à phlogopite sont les plus abondantes.

La couche qui, jusqu'à présent, semble la plus riche en mica, appartient à la deuxième bande passant à l'Est de Benato. Au Nord de Benato, cette couche est épaisse d'une trentaine de mètres. Il s'y intercale de grosses couches de feldspaths (oligoclase) et des bancs de leptynites grenatifères. La pyroxénite renferme des filons, des amas et des druses. Les travaux connus sous le nom de grande mine Nord ont exploité une magnifique poche toute tapissée d'énormes cristaux de diopside. Je n'ai rencontré de la calcite en place que dans un petit puits situé un peu au Nord de la grande mine, où on voit à la surface une épaisseur de un à deux mètres de latérite renfermant des blocs de pyroxénite et des lames de phlogopite. Le puits a traversé une druse et il restait sur les parois une lentille de calcite remplissant une cavité tapissée de cristaux; j'y ai trouvé des morceaux de pyrrhotite.

Au Sud de Benato, dans la quatrième bande, des travaux de recherches ont rencontré un énorme amas filonien de forme très irrégulière d'où sont sorties de très grosses plaques.

L'apatite est assez fréquente à Benato, mais on ne la rencontre jamais en grosses masses. Elle constitue de petits cristaux tapissant les parois de druses. Plus rarement on la trouve dans le remplissage des filons. La trémolite et l'actinote sont fréquents, en particulier l'actinote qui se présente en gros blocs fibreux dans la pyroxénite.

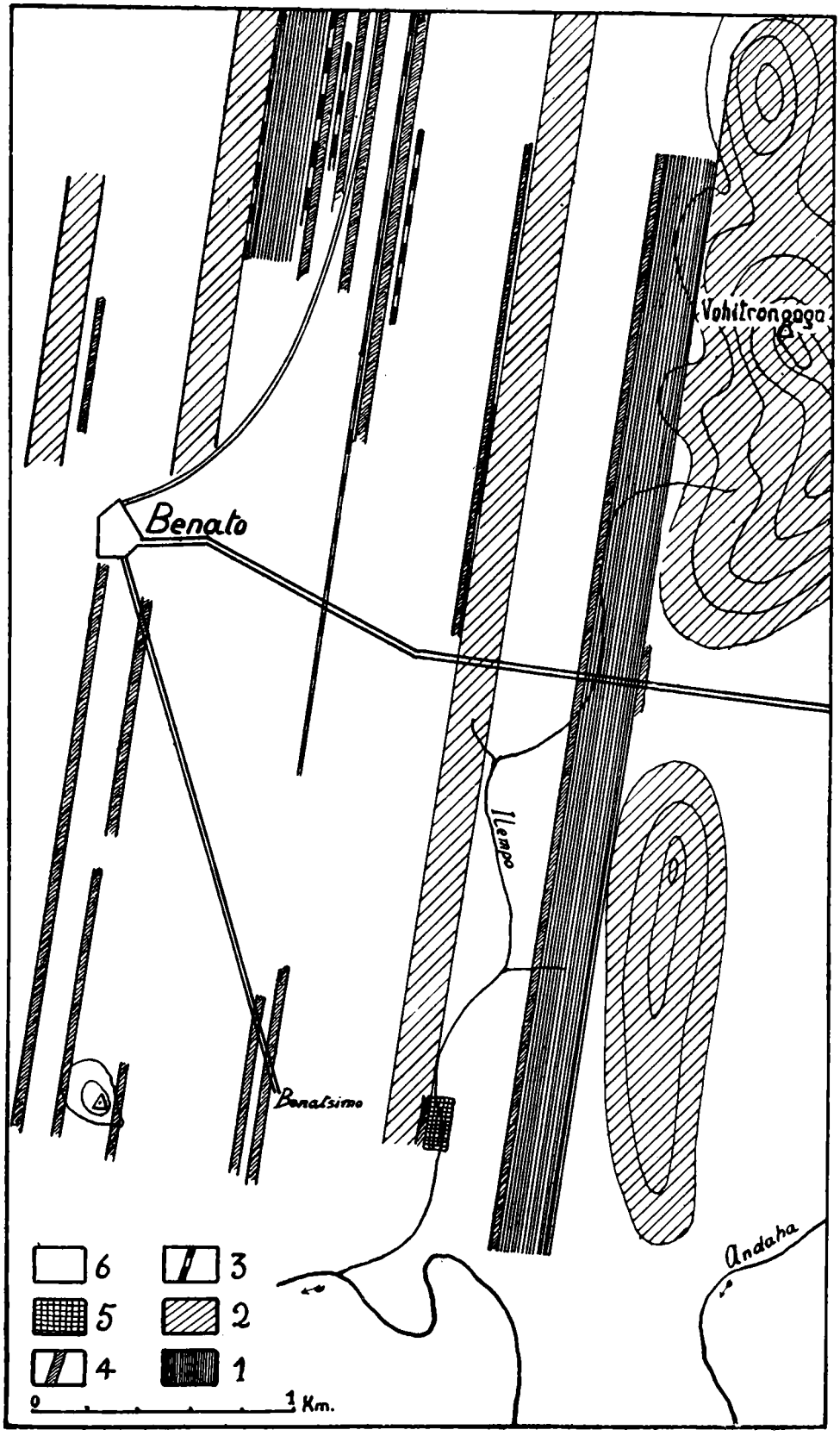


FIG. 9. — Le gisement de Benato

1. Leptynite
2. Gneiss grenatifère
3. Quartzite
4. Parapyroxenite
5. Cipolin
6. Latérite

Ambohanga

Les gisements d'Ambohanga sont situés à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest de Benato. La constitution lithologique est un peu différente de ce qu'elle était dans cette dernière région. On trouve toujours des paragneiss, des leptynites souvent grenatifères, mais on rencontre également des orthogneiss. En particulier à 500 mètres à l'Est du camp on voit une bande d'orthopyroxénite feldspathique à hypersthène et diopside. La région Nord du camp est riche en pyroxénites tandis que, dans la région Sud, on a surtout affaire à des amphibolites pyroxéniques.

Je distinguerai à Ambohanga deux ensembles de pyroxénites à phlogopite :

1. Le premier est situé à l'Est du village, il est formé de quatre couches très voisines de pyroxénites, séparées par de faibles intercalations de gneiss et de quartzites. La pyroxénite est normale à grains assez grossiers; on rencontre également des pyroxénites à wernérites et des wernérites. Les pyroxénites à spinelle sont rares. Les affleurements montrent beaucoup de mica et d'apatite. Au Nord-Est du camp, une très belle pegmatite graphique à feldspaths roses, recoupe les pyroxénites.

2. Le deuxième ensemble se trouve à l'Ouest du camp et est formé généralement de deux couches de pyroxénites intercalées dans des quartzites. Une croute de latérite, assez épaisse, marque par endroits le substratum, mais permet néanmoins de voir l'allure lenticulaire et en chapelets des pyroxénites. Vers le Sud, ces pyroxénites passent latéralement à des amphibolites.

Les pyroxénites d'Ambohanga renferment surtout des filons pegmatoïdes à remplissage de phlogopite et d'apatite et aussi des filons intrusifs dans la roche encaissante. On trouve également d'assez gros cristaux de mica dans la pyroxénite. Je n'ai vu aucune druse. La calcite semble absente. La phlogopite est très dure et très noire.

Sahamandrevo

La région de Sahamandrevo, située à 55 kilomètres à l'Ouest de Betroka, présente une composition lithologique un peu différente de celles indiquées plus haut. Les cipolins sont abondants

et parfois associés aux pyroxénites auxquelles ils passent latéralement.

Les roches les plus communes sont, en premier lieu, les leptynites grenatifères, puis les gneiss à amphibole et les amphibolites feldspathiques. La direction des couches est toujours Nord-Sud et le plongement presque vertical. Les pegmatites à très gros éléments sont communes, mais ne renferment pas de quantités appréciables de muscovite.

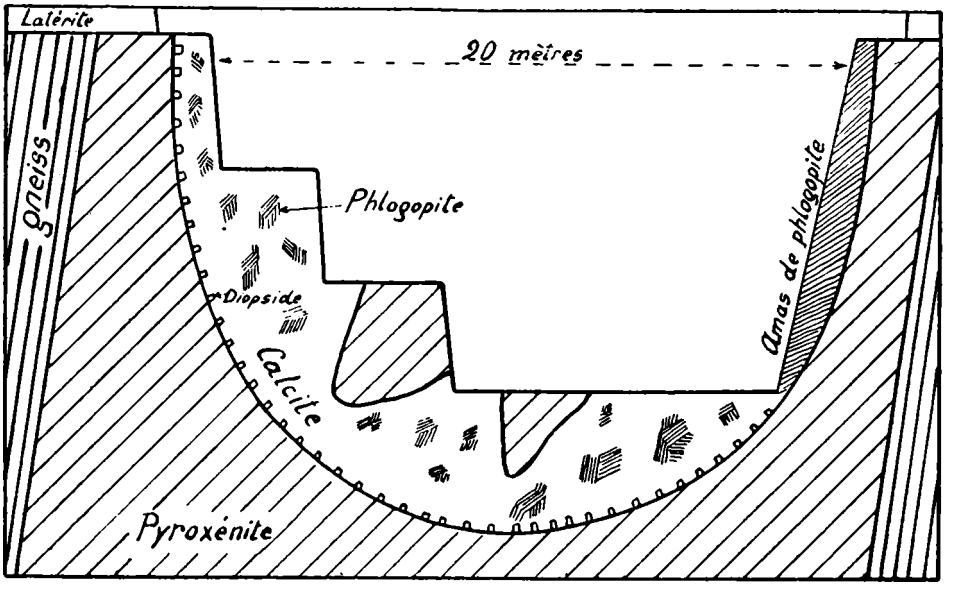


FIG. 10. — Coupe schématique de la grande poche de Sahamandrevo

L'intérêt du gisement de Sahamandrevo réside dans la présence de grandes poches dont la partie supérieure affleure à la surface du sol et qui sont encore complètement remplies de calcite. La coupe ci-jointe (fig. 10) montre la manière d'être d'une de ces poches. On voit une grosse masse de calcite d'une largeur d'une dizaine de mètres former une lentille dans la pyroxénite. Sur le bord Ouest, on observe de gros cristaux de pyroxène implantés sur la pyroxénite, tandis que, sur le bord Est, c'est un enchevêtrement de prismes de phlogopite qui forme le contact entre la pyroxénite et la calcite. On rencontre dans la calcite des lentilles de pyroxénites, de très beaux cristaux de diopside et de nombreux prismes de mica atteignant de grandes tailles.

Andriapanora

Andriapanora est situé à six kilomètres au Sud d'Ambohanga. La région est encore indentique à celle de Benato. On trouve ici au moins six couches de parapyroxénites. La principale caractéristique des gisements est l'abondance de l'apatite qui se rencontre en très grosses masses. La pyroxénite est normale ou souvent feldspathique. Il y a très peu de spinelles. Par endroit, la pyroxénite passe à une amphibolite. Il existe également, surtout dans la région au Nord-Ouest du camp, des épidotites vert-clair qui s'associent aux pyroxénites. Il n'est pas rare de trouver dans la latérite voisine de beaux cristaux d'épidote.

Les gisements d'Andriapanora sont exploités dans la couche de pyroxénite passant à l'Est immédiat du camp : on y travaille surtout des druses dont quelques-unes ont de grandes dimensions et qui ont fourni de grosses quantités de mica. L'apatite abondante se présente en gros prismes de 20 à 30 centimètres de diamètre ou en masses brisées et clivées provenant sans doute d'énormes prismes. La calcite se rencontre parfois, et les déblais renferment de très gros cristaux de pyroxène. La région Nord-Est d'Andriapanora montre une belle pegmatite graphique à muscovite qui a été exploitée aux affleurements.

Au voisinage de ces gisements, s'aperçoivent encore des parapyroxénites à phlogopite. C'est le cas pour la zone de terrains située sur les bords du Mangoky à une heure au Sud d'Andriapanora. On voit là quatre couches de parapyroxénites très rapprochées. Ces roches sont souvent feldspathiques et montrent de la phlogopite et de l'apatite; l'abondance de l'apatite semble indiquer un gisement de druses.

A deux heures au Nord légèrement Ouest d'Andriapanora, au lieu dit Marotoka, on trouve deux couches de parapyroxénites très rapprochées dont l'une, assez épaisse, contient de nombreux filonnets de phlogopite.

Hazofotsy

De Sahamandreva jusqu'à Hazofotsy (situé à 55 kilomètres à l'Est de Benenitra) la région, toujours gneissique, est riche en cipolins. Les parapyroxénites sont nombreuses et de types divers. Les parapyroxénites à spinelle deviennent plus fréquentes. On

peut distinguer deux ensembles de pyroxénites, les uns dépourvus de tufs calcaires à leur surface, les autres, au contraire, souvent recouverts par ces tufs.

A Sakaberoroho on voit les deux ensembles, dont l'un montre une surface de tufs calcaires. Les filonnets de phlogopite sont assez communs. La zone des collines d'Aranany, formée presqu'entièrement de quartzites, est bordée à l'Ouest et à l'Est par plusieurs lignes de pyroxénites, dont certaines sont la continuation de celles de Sakaberoroho. Ces pyroxénites sont intercalées dans des quartzites et le mica se présente souvent en amas filonien et en filon au contact de ces deux roches. On voit un peu d'apatite et de calcite. Les tufs calcaires sont abondants, principalement sur une pyroxénite qui passe au Nord d'Ivary, près d'un ancien bouvier, tout couvert de cactus. Le prolongement de ces couches se retrouve à Ivary où des exploitations anciennes ont attaqué deux lignes passant à l'Ouest immédiat du village. L'apatite est rare, la calcite absente, mais on trouve par endroits des tufs calcaires. Toute cette région a été exploitée.

Au Sud de la rivière d'Hazofotsy, dans la région du village de même nom, les couches de parapyroxénites à phlogopite se multiplient.

Une coupe Ouest-Est montre la succession suivante :

0 m. Gneiss granitoïde se désagrégeant en monolithes cannelés.
400 m. Gneiss à lentille de pyroxénite.
500 m. Pyroxénite à spinelle et pyroxénite normale à phlogopite et calcite.
650 m. Gneiss et une couche de pyroxénite à phlogopite.
675 m. Gneiss.
700 m. Pyroxénite à spinelle et pyroxénite normale à phlogopite.
800 à 900 m. Complexe de gneiss et de pyroxénite.
950 m. Quartzite.
975 m. Pyroxénite à tuf calcaire.
1.100 m. Pyroxénite à tuf calcaire.
1.150 m. Grosse couche de pyroxénite exploitée, à grandes druses.

La plupart de ces lignes affleurent sur une grande longueur; au Sud du camp, un accident tectonique vient interrompre leur régularité. Toutes les couches ci-dessus sont orientées Nord-Sud, mais plus au Sud, en particulier à l'Ouest immédiat de la terminaison des collines de quartzites d'Aranary, on voit les bancs se diriger N. 50° E. A 400 mètres au Sud du signal Aranany-Sud, une couche

de pyroxénite à spinelle s'allonge suivant N. 30° E. Vers l'Est, la direction redevient Nord-Sud et on rencontre toute une série de pyroxénites à phlogopite avec des pyroxénites à spinelle et des tufs calcaires. Je signalerai principalement une belle couche de pyroxénite normale à filon de phlogopite à 150 mètres au Nord du bouvier Beronono et une autre à 200 mètres plus à l'Ouest qui montre de nombreux tufs calcaires.

Cette rapide énumération indique l'abondance des parapyroxénites dans la région d'Hazofotsy. Les anciens travaux, abandonnés depuis longtemps et qui sont, ou remplis d'éboulis ou inondés, ne peuvent fournir d'indications. Les spinelles sont fréquents et proviennent généralement des pyroxénites. Les cipolins à spinelle existent mais n'ont qu'un faible développement. On rencontre souvent en quantité des cristaux de sphène dans la latérite recouvrant la pyroxénite.

Le plus beau gisement d'Hazofotsy est fourni par une énorme druse d'environ 30 mètres de longueur, large de 6 à 15 mètres. Elle est inondée depuis longtemps et je n'ai pu connaître sa profondeur exacte. Les déblais montrent de très gros cristaux drusiques de pyroxène, un peu de calcite; l'apatite est rare, le sphène assez commun.

Un peu au Sud d'Hazofotsy, on arrive dans la région d'Itrongay. On suit jusque là des couches de pyroxénite recouvertes de tufs calcaires particulièrement développés. Ce sont de tels tufs qui ont été décrits par M. A. Lacroix (*Minéralogie, Madagascar,* tome III, p. 148). Je dois ajouter qu'ils sont uniquement localisés aux pyroxénites. Ils proviennent de la remise en mouvement par les eaux d'infiltration, puis de la précipitation à la surface de la calcite des druses. On rencontre assez fréquemment sur le sol, de beaux cristaux translucides de diopside vert. C'est dans cette région que se trouvent les célèbres pegmatites à orthose translucide jaune et à orthose limpide blanche.

Ankira

Le gisement d'Ankira se place à trois heure de marche à l'Ouest de Tsivory, au Sud de la rivière Andrantina. La région est constituée à l'Est par un gros massif de diorite, sur lequel repose une série de schistes cristallins de direction Nord-Sud, très redressés, qui renferme plusieurs bancs de parapyroxénites.

Deux couches de pyroxénite passent au village. La ligne Est est seule exploitée au Sud du village. Les travaux ont mis à jour des filons de phlogopite et des filons de spinelles.

Le remplissage de ces derniers est formé par des grosses masses de spinelle dépourvues de formes géométriques. J'ai vu des filons de 20 à 30 centimètres de puissance. On n'a pas rencontré de vraies druses, mais quelques petites cryptes à cristaux. La calcite et l'apatite sont absents. La pyroxénite est altérée assez profondément. On voit des filonnets de mica aux affleurements. Ces deux couches de pyroxénite se poursuivent sur une grande longueur. On les retrouve au Nord de la rivière avec des indices de mica.

A l'Est du village, on rencontre trois couches de pyroxénite normale et aussi des pyroxénites feldspathiques à wernérite qui ne montrent pas de mica. Vers l'Ouest, les couches de pyroxénites sont nombreuses, mais les affleurements sont bien souvent masqués par la latérite.

La région d'Ankira est sillonnée de dykes basaltiques qu'il faut mettre en rapport avec les éruptions de l'Androy. J'ai vu un de ces dykes, épais de quelques centimètres, traverser à l'emporte pièce un filon de phlogopite sans l'altérer aucunement.

Miary

A 95 kilomètres au Sud-Ouest de Tsivory, la région de Miary montre une beau développement de couches de pyroxénites riches en phlogopite. Le gisement au Sud du village a été très exploité. Les pyroxénites sont creusées de trous de toutes sortes qui se sont attachés principalement à suivre les filons. C'est dans ce gisement que l'on voit le mieux la manière d'être des filons pegmatoïdes de phlogopite, intrusifs dans les gneiss encaissant la pyroxénite. Je signalerai un bel exemple de ce mode de gisement dans la partie Sud de l'exploitation, où l'on rencontre une couche de pyroxénite intercalée dans des gneiss, le tout orienté suivant N. 45° E. Dans le gneiss, on voit une cassure N. 45° W., de huit mètres de long, remplie par un filon de phlogopite avec des épontes de pyroxénite épaisses de 5 à 20 centimètres. La puissance du filon varie de 0,70 à un mètre. Le gisement contient également de belles druses. La calcite est rare. Parmi les minéraux accessoires, il faut citer le sphène qui se rencontre en superbes cristaux

atteignant une quinzaine de centimètres de longueur. L'apatite existe en petite quantité.

Entre Mary et les collines situées au Nord-Ouest on rencontre quatre couches de pyroxénite qui n'ont pas été prospectées. Les pyroxénites ne sont pas associées à des cipolins.

Ambararatra

Ambararatra se trouve à 65 kilomètres à l'Est, légèrement Sud, de Tsivory. Il y a, auprès du village, six couches de pyroxénite.

La couche qui passe au Nord-Ouest est très irrégulière et forme parfois des lentilles enchevêtrées dans le gneiss encaissant. Il y a de nombreuses druses où l'on trouve une certaine quantité de calcite, de l'apatite et plus rarement des tourmalines noires. Les filons sont peu nombreux et très minces.

A l'Est du village, une autre couche de pyroxénite présente également des druses où, aux minéraux cités plus haut, s'ajoute du sphène.

On ne rencontre pas de cipolins au voisinage des pyroxénites.

Ambararatra constitue surtout un gisement de druses. Le gisement de Bevoay, situé à 20 kilomètres d'Ambararatra contient de très nombreuses couches de pyroxénite normale ou à spinelle. La phlogopite offre souvent la curieuse particularité de posséder des lamelles de calcédoine intercalées suivant les plans de clivage. Ces lamelles ont des épaisseurs variant de 0,5 à 4 et 5 millimètres.

Ampandrandava

Le gisement d'Ampandrandava est avec Benato un des plus importants de Madagascar. Il se trouve dans une vallée entre le massif du Tsitonganakanga et le mont Manankoliva, à 40 kilomètres à l'Ouest de Tsivory.

Les pyroxénites sont très abondantes dans toute la région. Les pentes montagneuses de la terminaison du Tsitonganakanga montrent de beaux affleurements de pyroxénites à très gros spinelles bleus. Ces roches ne semblent pas renfermer de mica, mais par contre, une couche de pyroxénite normale renferme, à Isoky, de beaux amas filoniens de mica.

C'est à l'Ouest de toutes ces pyroxénites que se trouve un

deuxième ensemble de plusieurs couches très rapprochées, s'allongeant sur plusieurs kilomètres, et que nous pouvons appeler le *complexe des pyroxénites d'Ampandrandava.*

A Ampandrandava, les couches centrales de ce complexe constituent une colline haute de près de cent mètres. Le pendage est voisin de la verticale. Les pyroxénites centrales sont surtout formées de pyroxénite wernéritiques, de pyroxénites feldspathiques à scapolite. La scapolite forme de gros cristaux qui atteignent souvent plusieurs centimètres de long. Les pyroxénites à spinelle sont extrêmement rares. Les roches encaissant cette zone centrale sont des gneiss à plagioclases renfermant souvent de la scapolite et de la biotite. Des plagioclasites surmicacées sont communes. Les lignes latérales des pyroxénites contiennent surtout des pyroxénites à spinelles auxquelles s'associent de rares lentilles de cipolins à spinelle.

L'exploitation est limitée à la zone centrale, seule productive. Un réseau de puits et de galeries rend le gisement bien visible et permet de se rendre compte de sa nature drusique. Ces druses dont la calcite a été enlevée par dissolution, à côté de grands prismes de mica et de rares résidus de calcite, renferment de nombreux minéraux accessoires. L'anhydrite avec des pseudo morphoses siliceuses est fréquent. L'apatite et le sphène existent en petites quantités. La prhenite est souvent abondante. On rencontre assez fréquemment de grosses masses d'asbeste qui doivent provenir d'une transformation de l'actinote des druses.

Le gisement d'Ampandrandava, convenablement exploité en profondeur, a toujours fourni de grosses quantités de mica où la majorité des plaques atteignait des grades élevés.

Mafilefy - Mikoboky

A 50 kilomètres au Sud d'Ampandrandava, les gisements de Mafilefy et de Mikoboky sont surtout intéressants par les minéraux accessoires que renferment leurs pyroxénites.

Mafilefy présente des pyroxénites normales avec druses et filons, mais les filons semblent dominer. Les druses renferment encore des résidus de calcite associée à de l'anhydrite. La calcite contient parfois de petites quantités de molybdénite et de longs prismes d'un minéral vert qui est, peut-être, un pyroxène décomposé. J'ai également trouvé un cristal que je pense être du zircon, mais que

j'ai égaré avant d'avoir pu le déterminer d'une manière précise.

Mikoboky est principalement un gisement de druses, qui offre la curieuse particularité de montrer de très beaux cristaux d'analcime tapissant les poches.

Mahatsintso

Le gisement de Mahatsintso présente un gros intérêt minéralogique. Les pyroxénites sont associées à des cipolins. La pyroxénite, souvent normale, est riche en druses remplies de *calcite à spinelle*. C'est le seul gisement que je connaisse qui montre cette association. La surface des druses est parfois uniquement tapissée de beaux cristaux d'un spinelle vert foncé. Les cipolins voisins renferment en abondance ce minéral avec des paillettes de phlogopite. Les pyroxénites de ce gisement ont fourni quelques druses à phlogopite peu importantes.

Kalembatitra

Le gisement de phlogopite de Kalembatitra, à l'Est de Betroka, offre un bel exemple de gisement latéritisé; nous sommes ici dans une région très montagneuse à pics élevés. Les principales pyroxénites de Kalembatitra passent sur le flanc d'une montagne. Elles sont profondément altérées et seulement visibles dans les parties où la latérite tend à glisser. Les pyroxénites se décomposent en écailles concentriques. Les roches encaissantes sont des gneiss grenatifères.

Certains travaux dans la latérite en place montrent la forme originelle des gisements qui appartiennent surtout au type filonien avec amas. Les filons de phlogopite sont intacts dans la latérite. Des trous d'une quinzaine de mètres n'ont pas atteint la roche inaltérée. La phlogopite est d'une couleur blonde très spéciale, qui résulte d'une certaine hydratation du mica.

Le gisement de Kalembatitra, et d'une manière générale, les bons gisements de latérite, fournissent beaucoup de mica. L'exploitation est très délicate à cause du danger des éboulements. Le mica, toujours un peu altéré par suite d'hydratation, est souvent impropre à la fabrication du splitting.

CINQUIÈME PARTIE

NOTES PALÉONTOLOGIQUES SUR LES PRINCIPAUX FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES TERRAINS ÉTUDIÉS

Ceci n'est pas une étude critique, mais des notes sur les fossiles les plus caractéristiques et les plus importants des formations étudiées. Je crois bon, par une iconographie sommaire, de donner une idée des faunes. Le développement que prennent actuellement les études stratigraphiques à Madagascar exige l'établissement de repères paléontologiques. Le présent chapitre n'a d'autre ambition que de fournir provisoirement quelques-uns de ces repères en attendant qu'une étude paléontologique plus complète les fixe définitivement.

⁂

FOSSILES PERMIENS

Cyclolobus (Krafftoceras) Kraffti DIENER.

Pl. V, fig. 3.

1903. C. DIENER. Permian fossils of central Himalayas. *Paleontologia Indica*, sér. XV, vol. I, part. 5, p. 165, pl. VI, fig. 9 a-c.

Un échantillon mutilé, mais montrant la suture, l'ombilic et presque la moitié du tour précédant la chambre d'habitation se



FIG. 11. — Cloison de *Cyclolobus Kraffti*

rapproche parfaitement de l'espèce de DIENER. La suture est identique. Lobe externe bifide; les autres, trifides. Ombilic réduit. Carène arrondie.

Niveau ordinaire : Partie supérieure de l'Anthracolithique de Spiti.

Gisement à Madagascar : Schistes argileux au Sud d'Ankitokazo (province de Diégo).

Cyclolobus Haydeni DIENER.

Pl. V, fig. 4.

1903. DIENER. Perm. foss. cent. Himalayas, p. 167, pl. VI, fig. 8 a-b.

Je rapporte à cette espèce un échantillon bien conservé, présentant des varices s'incurvant vers l'arrière au milieu des flancs. DIENER n'a pu figurer la suture qui, sur les parties visibles de ses échantillons, se montrait voisine de celle de *Cyclolobus Kraffti*.

Niveau ordinaire : Partie supérieure de l'Anthracolithique de Spiti.

Gisement à Madagascar : Schistes argileux au Sud d'Ankitokazo (province de Diégo).

Xenaspis carbonarius WAAGEN.

Pl. V, fig. 5.

1879. WAAGEN. Salt Range fossils. Productus limestone. *Paleont. Indica*, série XIII, I, p. 35, pl. II, fig. 2-5.

1926. IDA VAILLANT COUTURIER TREAT. Note sur le Permien marin de Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, t. 182, p. 1092.

L'échantillon que je possède, quoique en mauvais état, offre bien la forme générale des figures de WAAGEN. La suture est analogue.

Niveau ordinaire : Partie supérieure des calcaires à Productus.

Gisement à Madagascar : Schistes argileux au Sud d'Ankitokazo (province de Diégo).

⁂

FOSSILES TRIASIQUES

Flemingites cf. radiatus WAAGEN.

Pl. VI, fig. 3.

1895. WAAGEN. Salt Range Fossils. Fossils from the Ceratite formation. *Paleont. Indica*, part. I, p. 202, pl. XI et XVI, fig. 1 a, b, c.

La forme que je rapproche de l'espèce *radiatus* est une des plus communes des couches de Barabanja et de la base du Tsaramboho-

rano. J. COTTREAU a signalé l'analogie d'un *Flemingites* de ces couches avec le *F. compressus* WAAGEN. Comme forme générale et ornementation, mes échantillons sont voisins de cette dernière espèce. La suture est par contre très différente de celle du *F. compressus*. Le premier lobe n'est pas bifide. Mes exemplaires se rapprochent beaucoup plus du *F. radiatus*, tant par l'allure de la

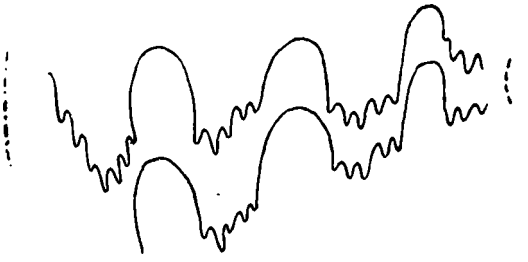


FIG. 12. — Cloison de *Flemingites* cf. *radiatus*

suture que par l'ornementation, avec des côtes bien visibles chez le jeune, par les stries parallèles à l'enroulement et aussi par le profil de la section qui est assez fortement aplatie.

Niveau : *F. radiatus* se trouve dans le Trias inférieur de l'Inde.

Gisement : Marnes de la base du Tsarambohorano (province de Diégo).

Aspidites cf. **ensanus** KRAFFT et DIENER.

Pl. VI, fig. 5.

1909. A. V. KRAFFT et C. DIENER. Lower Triassic Cephalopoda from Spiti. *Paleont. Indica*, série XV, vol. VI, mémoire n° 1, p. 56, pl. V, fig. 3, 7; pl. VI, fig. 1; pl. XIV, fig. 6.

Je rapproche de cette espèce deux bons fragments d'Ammonites à tours aplatis, à dernier tour fortement embrassant. Les flancs

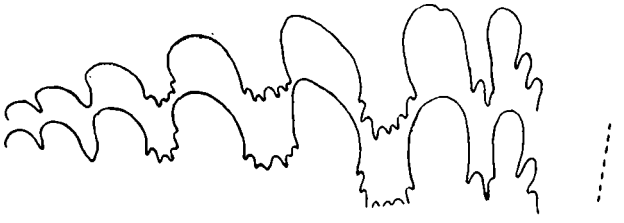


FIG. 13. — Cloison d'*Aspidites* cf. *ensanus*

très usés laissent deviner une ornementation par stries radiales. Région siphonale aplatie.

La suture de l'*A. Ensanus* est très variable. La suture du plus petit de mes échantillons est semblable à celle figurée par KRAFFT et DIENER, pl. V., fig. 6 c. Le lobe siphonal, assez large, est échancré au sommet. Les deux selles externes sont presque d'égale hauteur. La profondeur du second lobe latéral est sujette à de grandes variations. Il est beaucoup plus profond sur le plus gros de mes échantillons que sur le petit.

Niveau : Trias inférieur.

Gisement : Marnes de la base du Tsarambohorano (province de Diégo).

Meekoceras markhami DIENER.

Pl. VI, fig. 4.

1909. A. KRAFFT et C. DIENER. Lower triassic cephalopoda from Spiti, Malla Johar, and Byans, *Paleont. Indica*, série XV, vol. VI, mémoire n° 1, p. 20, pl. XI, fig. 1-5; pl. XIII, fig. 1-3; pl. XIII, fig. 1-5; pl. XIV, p. 45.

Je rapporte à cette espèce un débris d'Ammonite dont la forme générale et l'allure de la cloison sont semblables aux figures de KRAFFT et DIENER.

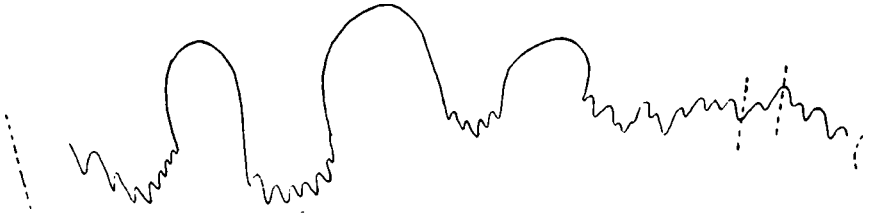


FIG. 14. — Cloison de *Meekoceras Markhami*

Niveau : Trias inférieur.

Gisement : Marnes de la base du Tsarambohorano (province de Diégo).

Pristisomus merlei PRIEM.

Pl. VI, fig. 1.

1924. F. PRIEM. Poissons fossiles de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. XIII, p. 115, pl. VI, fig. 4-5; pl. VIII, fig. 1-2.

Ce Poisson est un de ceux qui se rencontrent le plus fréquemment dans les schistes à nodules du Nord de Madagascar. Je figure ici une empreinte complète en très bon état de conservation, qui

montre beaucoup de détails invisibles sur les figures de PRIEM.

Niveau : Trias inférieur.

Gisements : Tous les schistes argileux de ce niveau dans le Nord de Madagascar.

Semionotus Labordei PRIEM.

Pl. VI, fig. 2.

1924. F. PRIEM. Poissons fossiles de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. XIII, p. 114, pl. V, fig. 4; pl. VI, fig. 1-3.

Cette forme est très commune dans les schistes à Poissons. Je reproduis un exemplaire très bien conservé.

Niveau : Trias inférieur.

Gisements : Tous les schistes argileux de ce niveau dans le Nord de Madagascar. Vallée de la Sakeny (province de Morondava).

Antrimpos sp.

J'ai recueilli dans des nodules deux empreintes appartenant dans le grand groupe des *Natantia* à la famille des Pénéidés. C'est la première fois qu'on signale des Décapodes dans une formation aussi ancienne de l'hémisphère austral. On peut les placer provisoirement dans le genre Antrimpos bien connu dans l'Oolithe d'Europe. Partout où on le connaît le genre *Antrimpos* se rencontredans des sédiments littoraux (Renseignements de M. J. PIVETEAU).

Niveau : Trias inférieur.

Gisement : Schistes argileux d'Ankitokazo (province de Diégo).

***

FOSSILES DU BATHONIEN AU KIMERIDGIEN

Phylloceras mediterraneum NEUMAYR.

Pl. IX, fig. 1, 1a; Pl. XI, fig. 3.

1871. NEUMAYR. Die Phylloceraten des Dogger und Malm., *Jahrb. geol. Reichsant.*, vol. XXI, fig. 2-5.

1910. P. LEMOINE. Ammonites jurassiques d'Analalava, *Ann. de Paléont.*, t. V et VI, p. 139, pl. 1, fig. 1.

Cette espèce qui va du Bajocien supérieur jusque dans le Tithonique est assez variable. Mes échantillons montrent sept varices

sur le dernier tour, en forme d'accents circonflexes, avec rebroussement très obtus, mais non arrondi. Le rebroussement se place près du milieu des flancs, mais vers la région externe. La région externe montre de petites côtes légèrement infléchies vers l'avant et s'effaçant vers le milieu des tours. La côte située immédiatement en avant des varices est plus développée. Mes exemplaires sont analogues à celui figuré par P. LEMOINE. Ils diffèrent un peu des formes de POPOVICI-HATZEG par l'incurvation moins arrondie des varices. Ce même caractère les différencie également de l'espèce bajocienne du Moghara figurée par H. DOUVILLÉ.

Niveau : Bajocien à Tithonique. A Madagascar se rencontre dans le Callovien et l'Oxfordien. L. BARRABÉ place cette espèce dans le Callovien de l'Ouest (Sitampiky).

Gisements : Calcaires oolithiques de la province de Betioky. Niveau inférieur de Maromandia (province d'Analalava). Callovien d'Ankidabe et du Sud de l'Iabohazo (bassin de Sitampiky).

Cadomites rectelobatus HAUER.

Pl. VII, fig. 6, 6 a.

1857. F. V. HAUER. Paleontologische Notizen, *Sitzungsberg Wien*, Bd. XXIV, s. 156.

1929. A. LANQUINE. Le Lias et le Jurassique inférieur des Chaînes Provençales, p. 317, pl. XII, fig. 3.

Je rapporte à cette espèce un échantillon unique de 24 millimètres de diamètre. Tours très déprimés, beaucoup plus larges que hauts. Les flancs, très inclinés sur l'ombilic, portent sur le dernier tour vingt-cinq côtes fines, mais bien accentuées, qui s'infléchisent légèrement vers l'avant en arrivant près de la région externe. Ces côtes se terminent par un fort tubercule placé sur la limite des régions internes et externes. De chaque tubercule partent deux ou trois côtes très légèrement dirigées vers l'avant et qui traversent la région siphonale sans interruption. Il y a parfois des côtes intercalaires sur la région externe.

Niveau : Bathonien supérieur. Je rappelle que c'est la présence de ce *Cadomites rectelobatus* qui me permet de rapporter au Bathonien l'ensemble des grès verts inférieurs de la province de Betioky et par suite d'attribuer au Bajocien les calcaires à Polypiers qui se trouvent au-dessous.

Gisement : Colline terminant la falaise d'Aonzy, au Sud-Ouest d'Anontsy (province de Betioky).

Macrocephalites macrocephalus SCHLOTH.

Pl. XI, fig. 1, 1a.

1910. P. LEMOINE. Ammonites jurassiques d'Analalava, *Ann. de Paléont.*, t. V, p. 165.

Une Ammonite fortement ombiliquée, à côtes nombreuses accentuées sur la région externe, s'amincissant vers l'ombilic, me paraît devoir être identifiée avec l'espèce *macrocephalus*. Cette forme a des côtes moins fines et moins nombreuses que dans la race *Noetlingi* de LEMOINE.

Niveau : Callovien.

Gisement : Calcaires oolithiques de Lagniro (province de Betioky).

Perisphinctes funatus OPPEL.

Pl. X, fig. 3.

1871. M. NEUMAYR. Die Cephalopodenfauna der oolithe von Balin Bei Krakau, *Abhand der Kais. Kön. Géol. Reichs*, t. V, p. 40, pl. XIV, fig. 1.

Cette Ammonite se rapproche beaucoup de *Perisphinctes funatus*. Ombilic large, fortes côtes ombilicales saillantes, légèrement infléchies vers l'avant, donnant naissance à un faisceau de fines côtes dont la centrale se dédouble au tiers externe. Toutes les côtes traversent la région externe sans interruption et en s'infléchissant légèrement vers l'avant. Deux varices par tour. Section des tours plus haute que large.

Niveau : Callovien.

Gisement : Calcaires détritiques de l'Ouest de Lagniro (province de Betioky).

Perisphinctes recuperoi GEMMELLARO.

Pl. X, fig. 1, 1 a.

1915. P. PETICLERC. Callovien des Deux-Sèvres, p. 77, pl. VIII, fig. 2.

Cette espèce commune dans l'Inde et en Europe se retrouve à Madagascar. Ombilic large. Tours peu recouvrants. Section subtrapézoïdale, plus large que haute. Région externe convexe. Côtes ombilicales très saillantes, presque radiales, donnant naissance à un vaisseau de quatre côtes fines, traversant la région siphonale sans interruption, mais en s'infléchissant légèrement vers l'avant.

Une à deux varices assez fortes par tour, infléchies vers l'avant. Cette espèce est sujette à quelques variations touchant la forme de la section qui est plus ou moins globuleuse.

Niveau : Callovien.

Gisement : Calcaires détriques de l'Ouest de Lagniro (province de Betioky). Oolithe d'Ankidabe (province de Maevetanana).

Phylloceras disputabile ZITTEL.

Pl. XI, fig. 2.

1925. L. F. SPATH. Jurassic cephalopoda from Madagascar. *Bulletins of American Paleontology*, vol. XI, n° 44, p. 146.

1928. E. Basse. Sur quelques fossiles des terrains secondaires de l'Ambongo (N.-O. de Madagascar). *Bull. Muséum Hist. Nat.*, n° 5, p. 394, 1928.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude stratigr. et pétr. pays Sakalava, p. 125, pl. VII, fig. 28.

Des *Phylloceras*, très abondants dans les calcaires oolithiques du Sud-Ouest, se rapportent à cette espèce. Ils présentent une surface ornée de côtes très fines s'infléchissant en avant dans la région externe. Le dernier tour présente au moins six varices. Les tours de mes exemplaires sont moins aplatis que ceux figurés par H. DOUVILLÉ et provenant du Bajocien du Moghara. Ils ont la section semi-ovale des *Ph. disputabile* figurés par POPOVICI-HATZEG du Bathonien-Callovien de Roumanie.

Niveau : Surtout Callovien à Madagascar.

Gisements: Calcaires oolithiques de la province de Betioky. Ankidabe (bassin de Sitampiky).

Phylloceras jaraense WAAGEN.

Pl. X, fig. 2, 2 a.

1910. P. LEMOINE. Amm. Jurassique sup. Analalava, *Ann. de Paléont.*, t. V, p. 5, pl. I, fig. 3.

Cette espèce, comune dans le Nord-Ouest de Madagascar, se retrouve dans le Sud-Ouest. Varices partant de l'ombilic pour s'infléchir en arrière, repartir en avant et disparaître vers le milieu des flancs. La région externe présente des bourrelets accusés seulement au passage de la région siphonale.

Niveau : Callovien.

Gisements : Lagniro, Lomaka, Sakondry (province de Bétioky), Analalava.

Perisphinctes biplicatus UHLIG.

Pl. XII, fig. 4, 3 a.

V. UHLIG. The fauna of the Spiti Shales, *Paleont. Indica*, série XV, vol. IV, p. 379, pl. LVII, fig. 1-3.

Je rapporte à cette espèce un *Perisphinctes* très abondant dans les calcaires glauconieux d'Antsalova; 45 à 50 côtes assez fines par tour, se dédoublant au tiers externe.

Niveau : Kimeridgien.

Gisements : Calcaires glauconieux d'Antsalova (province de Maintirano).

Perisphinctes denseplicatus WAAGEN.

Pl. XII, fig. 1, 1 a.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude strat. et pétr. pays Sakalave, p. 141, pl. VII, fig. 6.

L. BARRABÉ a étudié cette espèce sur de mauvais échantillons. Je représente ici un exemplaire dont le dernier tour est bien dégagé.

Niveau : Kimeridgien.

Gisements : Calcaires glauconieux d'Antsalova (province de Maintirano).

Hecticoceras Kobelli OPPEL.

Pl. XII, fig. 2.

1910. P. LEMOINE. Amm. Jurassique sup. Analalava, *Ann. de Paléont.*, t. V, p. 146, pl. IV, fig. 1-4.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude pays Sakalave, p. 140, pl. VII, fig. 1.

Cette espèce bien connue depuis la description de P. LEMOINE se retrouve dans la province de Maintirano.

Niveau : Kimeridgien.

Gisements : Calcaires glauconieux d'Antsalova (province de Maintirano), Maromandia (province d'Analalava).

Lissoceras (Haploceras) elimatum OPPEL.

Pl. XII, fig. 3, 3 a.

1868. *Ammonites elimatus* OPPEL; ZITTEL. Cephalopoden der Stramberger Schichten, vol. II, pt 1, p. 79, pl. XIII, fig. 1-7.

1924. *Haploceras deplanatum* (LEMOINE, *non* WAAGEN) SPATH. On the BLAKE Collection of Ammonites from Katch, India. *Paleont. Indica*, new series, vol. IX, n° 1, p. 22.

1924. *Haploceras elimatum* OPPEL; SPATH. Monogr. Hunterian Meseum, p. 160.
1925. *Haploceras elimatum* OPPEL; SPATH. Jurassic Ceph. from Madagascar. *Bull. American Paleont.*, n° 44, vol. 11, p. 153, pl. I, fig. 1 a-c.
1929. *Lissoceras* cf. *deplanatum* WAAGEN; L. BARRABÉ. Contr. étude pays Sakalava, p. 140, pl. VII, fig. 8.

Je figure ici un exemplaire assez bien conservé, dont la forme générale et la suture se rapprochent de l'espèce étudiée récemment par SPATH.

Niveau : Kimeridgien.

Gisements : Calcaires et grès glauconieux d'Antsalova (province de Maintirano). Maromandia (province d'Analalava).

Aptychus sp.

Pl. XII, fig. 5 et 6.

Je représente ici les deux formes les plus communes des *Aptychus* des calcaires glauconieux d'Antsalova.

Niveau : Kimeridgien.

Gisement : Calcaires glauconieux dans toute la région d'Antsalova.

Nautilus ennianus DACQUÉ.

1905. E. DACQUÉ. Jura des Somalilandes, p. 144, taf. XVII, fig. 5.

Nautile caractérisé par sa section trapézoïdale; sa région externe aplatie et déprimée en son milieu. Cloison incurvée sur les flancs et dans la région externe.

Niveau : Kimeridgien.

Gisement : Calcaires glauconieux de la région d'Antsalova (province de Maintirano). Associé à *Perisphinctes denseplicatus* WAAGEN.

Belemnites tanganensis FUTTERER.

Pl. XI, fig. 12, 12 a, 12 b.

1925. G. STEFANINI. Description of fossils from South Arabia and British Somaliland, p. 153, pl. XXVII, fig. 7-8.

Je rapporte à cette espèce des fragments provenant des marnes du Jurassique supérieur de la province de Maintirano. Aucun exemplaire ne montre la région alvéolaire. On voit néanmoins la

courbure du rostre, son aplatissement dans les parties médianes et postérieures, le sillon profond qui arrive jusqu'à la pointe.

Niveau : Kimeridgien.

Gisement : Marnes du Jurassique supérieur (niveau exact inconnu) en bordure de l'Antsingy (province de Maintirano).

Belemnites claviger WAAGEN.

Pl. XIII, fig. 5, 6, 8.

1927. L. E. SPATH. Revision of the Jurassic. Cephalopod fauna of Kachh., *Paleont. Indica,* vol. IX, Memoir n° 2.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude stratigr. et pétr. pays Sakalava, p. 142, pl. VII, fig. 2.

L. BARRABÉ a figuré récemment deux exemplaires de *B. Claviger*. Je reproduis ici plusieurs échantillons dont l'un (fig. 8), plus complet, est tout à fait analogue à celui de WAAGEN.

Les formes de Madagascar montrent bien l'allure quadrangulaire de la partie antérieure du rostre. WAAGEN voyait dans ce caractère une différence entre *B. claviger* et *B. pistilliformis* BLAINV. En effet, cette dernière dans la même région donne une coupe arrondie. Les formes malgaches de ces deux espèces se différencient surtout par l'allure de la pointe qui est arrondie dans *B. claviger* alors qu'elle est beaucoup plus aiguë dans *B. pistilliformis*.

Niveau : Kimeridgien.

Gisement : Marnes et calcaires glauconieux d'Antsalova (province de Maintirano).

Clypeus subulatus YOUNG et BIRD var.

Pl. VIII, fig. 2.

1908. J. COTTREAU. Paléontologie de Madagascar. Les Echinides, *Ann. de Paléont.*, t. III, p. 154, pl. XIV, fig. 3, 3a.

Cette espèce a été étudiée par J. COTTREAU. Je figure ici, à titre documentaire, un échantillon un peu mieux conservé.

Niveau : Callovien.

Gisement : Calcaires détritiques et oolithiques de la province de Betioky.

Pygurus depressus AG.

Pl. VIII, fig. 1, 1 a.

1908. J. COTTREAU. Les Echinides (*loc. cit.*), p. 153, pl. I, fig. 6, 6a.

C'est également à titre documentaire que je reproduis ici cet Echinide qui est un excellent fossile stratigraphique.

Niveau : Callovien.

Gisements : Calcaires détritiques de la province de Bétioky. Marnes de la lisière Ouest de la forêt d'Antsingy (province de Maintirano). Ankirihitra, sur les pentes du plateau calcaire de l'Ankara (province de Maevetanana). Sources de la Kapiloza (province de Soalala).

Clitopygus sp.

Pl. VIII, fig. 4.

Le manque de liaison entre le périprocte et l'apex me fait rattacher cet Echinide au genre *Clitopygus*. Mon échantillon est en mauvais état et ne peut-être déterminé spécifiquement. Il se rapproche un peu de l'*Echinobrissus* cf. *Burgondiæ* COTTEAU, figuré par J. COTTREAU (1908). Une forme assez analogue *Clypeus Hugi* AG. possède des pétales plus larges.

Niveau : Callovien à *Macrocephalites macrocephalus*.

Gisement : Ouest de Lagniro (province de Bétioky).

Asterocidaris cf. **granulosa** WRIGHT.

Pl. VIII, fig. 5, 5 a.

1880-1885. COTTEAU. Paléont. Franç. Terr. Jurassiques, t. X, 2e partie, p. 188, pl. 314, fig. 2-9.

Je rapproche de cette espèce un Echinide de 27×27×16 millim., dont l'état de conservation laisse à désirer. Il montre néanmoins les majeures polypores de la base, caractère essentiel du genre, qui semblent avoir au moins trois paires de pores. Les tubercules sont un peu plus espacés que dans le *granulosa*, les granules sont inégaux, et malheureusement presque toujours coupés.

Niveau : *Asterocidaris granulosa* est du Bathonien d'Europe. La forme malgache se trouve à un niveau plus élevé compris entre le Callovien et le Séquanien.

Gisement : Orée Ouest de la forêt d'Antsingy, au voisinage de la piste Tsiandro-Antsalova (province de Maintirano).

Pygurus Cottreaui nov. sp.

Pl. IX, fig. 2, 2 a.

Test ovalaire, très aplati, mesurant 70×76×22 millimètres.

Face supérieure renflée, subconique. Face inférieure sensiblement plane, mais marquée de renflements correspondant aux aires interambulacraires. Apex légèrement excentrique en avant. Le maximum de hauteur est en avant de l'apex. Sillon bien marqué à l'ambitus. Ambulacres formés de pores très inégaux, très serrés. Le pétale impair est légèrement plus étroit que les autres. Les pétales pairs sont très effilés vers l'apex. Péristome pentagonal, visible seulement sur un échantillon mal conservé, excentrique en avant. La naissance du périprocte est visible à l'arrière de la face intérieure.

Rapports et différences : Cette forme nouvelle diffère de *Pygurus depressus* AG. par son sillon avant beaucoup plus marqué, par ses pétales moins longs et plus effilés vers l'apex. Elle se rapproche davantage de *Pygurus Royeri* COTTEAU mais cette espèce, qui se trouve dans le Kimeridgien, a un sillon plus marqué et des pétales plus larges. On peut signaler encore quelques ressemblances avec l'*Echinopygus Blumenbachi* KOCK et DUNDER qui diffère surtout par son renflement avant. *Echinopygus Gervillensis* PÉR. et GAUTHIER a des ambulacres beaucoup plus larges.

Niveau : Callovien.

Gisement : Calcaires détritiques de Lagniro (province de Bétioky).

Pygaster umbrella AG.

Pl. VIII, fig. 3.

1908. J. COTTREAU. Paléontologie de Madagascar. Les Echinides, *Ann. de Paléont.*, t. III, p. 159, pl. II, fig. 5.

Ce *Pygaster* est tout à fait semblable à celui étudié par COTTREAU. Je figure ici un échantillon mieux conservé.

Niveau habituel à Madagascar : Surtout Callovien, mais semble monter dans l'Oxfordien.

Gisements : Sommet des calcaires détritiques et oolithiques de la province de Betioky, Marnes de la lisière Ouest de l'Antsingy (province de Maintirano).

Sphœrotiaris Vivaldii nov. sp.

Pl. XI, fig. 4, 4 a, 5, 6, 7.

Test de taille moyenne mesurant 34×25 millimètres, légèrement renflé en dessus, plat en dessous. Ambulacres flexueux, étroits, un peu renflés, s'élargissant vers le tiers supérieur des

flancs et conservant ensuite une largeur uniforme jusqu'à l'ambitus, portant deux rangées de tubercules surtout bien développés dans leurs parties inférieures; au sommet il n'y a plus qu'une seule rangée de petits tubercules. Zones porifères formées de pores ovales et inégaux, disposés par paires transverses, parfois très légèrement obliques. Aires interambulacraires pourvues de deux rangées de six à sept gros tubercules fortement crénelés et perforés. Les tubercules les plus forts se trouvent au milieu des flancs. Radioles claviformes, couverts de petits granules; pas de collerette, la tige commence tout de suite au-dessus d'un anneau crénelé.

M. J. LAMBERT a bien voulu me donner les indications suivantes sur cet Echinide :

« Les radioles ressemblent tout à fait à ceux du Jurassique « supérieur de la Tunisie rapportés par GAUTHIER à son *Hemici-* « *daris Zeguellense* et pour lesquels j'ai établi mon *Pseudoci-* « *daris Gauthieri.* Mais le test malgache trouvé avec eux n'est « pas celui d'un *Hemicidaris,* ni celui d'un *Pseudocidaris.* Ses « ambulacres ne sont exactement ni ceux d'un *Hemicidaris,* ni « ceux d'un *Hemidiadema;* ils se raprochent surtout de ceux de « *Sphœrotiaris* et sont intermédiaires entre ceux de la forme typi- « que de ce dernier et ceux d'*Hemidiadema,* mais encore plus « étroits au-dessus que chez la plupart des espèces du premier et « toutes celles du second. Cette étroitesse rappelle bien les ambu- « lacres d'*Hemicidaris crenularis* LMK, mais chez ce dernier les « semi-tubercules de la base sont plus contrastants.

« En raison de la forme des radioles, je pencherais plutôt à « en faire un *Sphœrotiaris q*u'un *Hemidiadema.* En tout cas, ce « test malgache est bien particulier. J. LAMBERT. »

Rapports et différences : C'est avec l'*Hypodiadema Zeguellense* GAUTHIER, du Kimeridgien de Tunisie, que cet Echinide présente le plus de ressemblance. Il en diffère par les ambulacres moins rétrécis et par l'aire ambulacraire qui, vers le sommet, ne porte plus qu'une rangée de tubercules.

Niveau : Mal précisé, mais compris entre le Callovien supérieur et le Lusitanien inférieur.

Gisement : Orée Ouest de la forêt d'Antsingy, en particulier à l'Est d'Antsalova (province de Maintirano).

Sphœrotiaris meandrina AG.

Pl. XI, fig. 8, 9, 10.

1908. J. COTTREAU. Echinides Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. III, p. 147, pl. I, fig. 4.

Signalés par L. LEMOINE dans le Nord, par COLCANAP dans le Sud-Ouest, j'ai retrouvé des radioles dans l'Ouest. Niveau : Bathonien en Europe. Dans l'Ouest malgache se trouve dans des couches post-callovienes montant peut-être jusqu'à la base du Lusitanien.

On remarquera, d'ailleurs, la légère différence entre les radioles du Nord (fig. 9 et 10) et le radiole de l'Ouest (fig. 8) qui ne proviennent peut être pas du même niveau.

Niveau : Mal précisé actuellement.

Gisements : Rive gauche du Rodo (province de Diégo). Lisière Ouest de la forêt d'Antsingy (province de Maintirano). Behantaka au sud d'Anontsy (province de Betioky).

Cidaris spinulosa ROEMER.

Pl. XI, fig. 11.

1875-1880. COTTEAU. Paléont. Française, Terrains Jurassiques., p. 37, pl. 149.

Les radioles, dont il est question ici, par leur forme allongée, d'allure grèle, avec des épines saillantes, acérées, disposées irrégulièrement, se rattachent parfaitement au *Cidaris spinulosa* du Bajocien de France et de Suisse. La tige est garnie, entre les épines, de rugosités granuleuses.

Niveau : Base des calcaires compacts à polypiers dont le niveau, mal déterminé, est compris entre le Lias supérieur et le Bajocien.

Gisement : Sud du Motondava (province de Bétioky).

Rhynchonella inconstans SOWERBY.

Pl. X, fig. 6, 7.

1821. SOWERBY. Min. Conch., vol. III, p. 137, pl. 277, fig. 3-4.

Cette Rhynchonelle possède une commissure tout à fait spéciale. Elle ne se différencie guère de *Rhynchonella pseudo-inconstans* KITCHIN.

Niveau : Callovien-Oxfordien.

Gisement : Calcaires oolithiques et détritiques de la province de Bétioky.

Terebratula cf. subsella LEYM.

Pl. IX, fig. 3, 3 a, 3 b.

1905. E. DACQUÉ. Jura des Somalilandes, *Beiträge zur Pal. und Geol. Oster. Ung.*, taf. I, fig. 5-6, p. 129, Band XVII.

Je rapproche de *Terebratula subsella* une Térébratule très abondante dans un niveau du Jurassique supérieur de la province de Bétioky. C'est certainement de cette espèce que mes échantillons sont les plus voisins.

Niveau : Kimeridgien.

Gisement : Marnes jaunes de l'Isovoky et du Ranomasy (province de Bétioky).

Heligmus Rollandi DOUV.

Pl. X, fig. 4, 4 a, 5.

1907. H. DOUVILLÉ. Etudes sur les Vulsellidés, *Ann. de Paléont.*, t. II, p. 9, 1907, pl. I (XV), fig. 1, 2, 3.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude stratigr. et pétr. pays Sakalava, p. 124, pl. VII, fig. 20.

Coquille ostréiforme dont une valve, bien dégagée à l'intérieur, montre nettement l'impression musculaire portée sur un cuilleron fortement saillant.

Niveau : Bathonien, Callovien. Se trouve dans le Jurassique de la province de Bétioky à la fois au sommet des grès verts inférieurs et à la base des calcaires détritiques.

Gisements : Ouest de Lagniro, Menarandroy, Lomaka (province de Bétioky). Ankidabe (Bassin de Sitampiky).

Anabacia orbulites LAMOUROUX (1).

Pl. VII, fig. 4, 5.

1821. LAMOUROUX. Exp. méth., p. 86, pl. 83, fig. 1, 3.

1860. M. EDWARDS. Hist. nat. des Coralliaires, t. III, p. 3.

1886. KOBY. Monogr. polyp. jur. Suisse, *Mém. Soc. Géol. suisse*, vol. XIII.

1900. J. W. GRÉGORY. *Paléont. Indica*, sér. IX, vol. II, part. II, p. 174, pl. II A to XXVII.

DIAGNOSE. — C'est un polypier simple. Alors que les auteurs précités et MICHELIN (Iconographie zoophytologique, p. 222) reconnaissent à cette espèce une grande variation dans la *forme* qui

(1) Note rédigée par M. ALLOITEAU.

peut être plano-convexe avec bord épais et arrondi, discoïde, hémisphérique avec face supérieure subconique et face intérieure subplane ou même subconcave, les échantillons de Madagascar accusent une grande constance; leur forme est toujours celle d'une lentille biconvexe, bien circulaire, dont le diamètre ne dépasse pas 18 millimètres.

Le *plateau* qui ne possède pas d'*épithèque* montre des côtes très fines, très serrées, légèrement sinueuses, rayonnantes et dichotomes; sur le bord calicinal on compte environ vingt côtes par trois millimètres.

La *face calicinale* présente, au centre, une petite *fossette* oblongue dont le grand axe ne dépasse jamais deux millimètres; elle est aussi très peu profonde.

Les *cloisons*, fines, serrées mais très larges et très nombreuses sont finement denticulées, ce qui fait que chez les échantillons usés elles paraissent discontinues, formées d'une succession de granulations subégales. Elles sont moins serrées cependant que les côtes : on n'en compte que 12 à 14 par trois millimètres sur le pourtour du calice, ce qui fait 160 à 180 cloisons pour un individu de 15 millimètres de diamètre.

Les cloisons des premiers cycles sont confluentes, elles se réunissent au centre de cinq en cinq; les autres se soudent à celles-ci par leur bord interne ce qui fait croire à une bifurcation. Toutes sont d'égale épaisseur.

MICROSTRUCTURE. — En section transversale, on observe de rares synapticules : les cloisons paraissent formées de granules subégaux; en réalité, ceux-ci représentent la section des têtes renflées des trabicules.

Une section longitudinale passant par la fossette calicinale accuse l'absence de columelle.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE. — En Europe: environs de Caen, de Bath, Dienndry, Hirson, Lorraine, Aube, Saint-Waast (Pas-de-Calais); Jura, Suisse.

En Asie : Jumara (Upper Putchum Beds).

En Afrique : Madagascar.

Partout dans ces différentes gisements, *Anabacia orbulites* semble localisé dans le Bathonien; en Lorraine c'est un fossile du Bathonien moyen.

REMARQUES. — Ce polypier est remarquable par la fixité de sa forme à Madagascar, alors que, partout ailleurs il est sujet à d'as-

sez grandes variations; partout aussi il est localisé dans le Bathonien, c'est donc un bon fossile stratigraphique.

Niveau : Bathonien.

Gisement : Très abondant dans les grès verts inférieurs de la province de Betioky, ce fossile forme un excellent repère stratigraphique.

Amphiastrea Lanquinei ALLOITEAU [1].

Pl. VII, fig. 3, 3 a, 3 b.

Le genre a été créé en 1858 par ETALLON (Etudes paléontologiques sur le Haut Jura. *Mémoires de la Société d'émulation du département du Doubs*, vol. III, 1858, p. 100 et 101).

Le polypier composé est lamellaire, mais cette lame s'élève dans un plan vertical.

Les calices soudés par les murailles sont nettement séparés et présentent un contour polygonal plus ou moins irrégulier. La multiplication paraît se faire à la fois par bourgeonnement intercalicinal et par fissiparité.

Les cloisons, ainsi que l'indique Etallon, sont très inégales, ce qui détermine l'excentricité de la fossette calicinale. La cloison médiane, bien isolée des autres, n'est pas plus épaisse. On observe une ramification des cloisons, surtout des plus grandes. En examinant la surface calicinale on n'aperçoit pas de columelle. Cependant, l'observation d'une coupe transversale permet de reconnaître l'existence d'une columelle rudimentaire. La fossilisation de l'échantillon ne permet pas d'observer la division en branches basaltiformes. Les murailles sont épaisses, compactes.

Les calices peu profonds ont un diamètre de 5 à 7 millimètres pour les plus grands polypiérites. Les cloisons sont assez épaisses; on en compte de 30 à 36 par calice.

Rapports et différences. — Le fort vertical de la lame, la disposition et le nombre des cloisons l'éloignent de toutes les espèces connues.

Niveau : Calcaires compacts à polypiers.

Gisement : Motondava (province de Bétioky).

(1) Note rédigée par M. ALLOITEAU.

Comoseris Jacobi ALLOITEAU (1).

Pl. VII, fig. 1, 1 a, 2.

Pour la synonymie, on peut se reporter à l'étude de J. W. GREGORY (*Paleontologia Indica*, Ser. IX, vol. II, Part. II, The Corals, Pl. II A to XXVII, pp. 154-155).

Le genre créé par d'ORBIGNY dans sa Note sur des polypiers fossiles, p. 12, 1849, a pour type *C. meandrinoïdes* MICHELIN 1843 (*Iconographie zooph.*, p. 100, pl. XXII, fig. 3) de la collection MOREAU.

L'échantillon est un polypier composé dont la surface calicinale est nettement convexe et dont le plateau a la forme d'un tronc de cône très évasé. Ce plateau est finement et régulièrement strié par des côtes fines, égales, atténuées par l'usure. Une partie de sa surface, protégée par pn revêtement de sable, montre ces côtes bien développées et sans trace d'épithèque.

Les calices groupés dans des vallées peu profondes ont leurs rayons septo-costaux confluents; les collines qui les séparent sont longues, plus ou moins flexueuses et bien accusées. Le diamètre des calices varie de 5 à 8 millimètres, le nombre de cloisons est environ de trente. Chaque calice, vu extérieurement, paraît posséder une columelle papilleuse, mais une coupe transversale montre que cet organe n'existe pas; seulement les cloisons se soudent par leur bord interne ce qui, superficiellemnt, fait croire à la présence d'une columelle.

Les espaces intercloisonnaires sont divisés par des synapticules. Je n'ai pu observer la structure trabiculaire telle que la décrit KOBY, mais la coupe transversale montre bien le renflement de quelques trabicules avec un prolongement synapticulaire.

Rapports et différences. — Par sa forme spéciale, *C. Jacobi* se rapprocherait de *C. Jumarense irregularis* (*loc. cit.*, pp. 158-159, pl. XIX, fig. 9 à 15), mais il s'en éloigne par ses dimensions plus fortes. Les calices ont un plus grand diamètre et un plus grand nombre de cloisons. Le plateau commun n'est pas recouvert d'une épithèque.

Hauteur du polypier.....	45 mm.
Diamètre.....	70 mm.
Distance des centres calicinaux.....	4 à 9 mm. 1/2.
Largeur des vallées centrales.....	4 à 9 mm.

(1) Note rédigée par M. ALLOITEAU.

Largeur des vallées périphériques....	5 à 19 mm.
Nombre de cloisons.....	24 à 36
Nombre de rayons sur les collines....	16 par 5 mm.

Niveau : Calcaires compacts à polypiers.
Gisement : Collines du Motondava (province de Bétioky).

***

FOSSILES DU TITHONIQUE AU VALANGINIEN

Belemnites subfusiformis RASPAIL.

Pl. XIV, fig. 2, 2 a.

1920. E. v. BULOW. Fossilium Catalogus, p. 154.

Je rapporte à cette espèce des Belemnites à rostre allongé, légèrement renflé dans la partie postérieure, s'amincissant dans la région alvéolaire, à pointe aiguë. Il existe un court sillon limité à la région alvéolaire. Aucun de mes échantillons ne montre la partie antérieure du rostre.

Les formes malgaches présentent une certaine variation dans la forme générale du rostre. Il existe toute une série de passages entre un type A à sillon assez long, rostre plus épais dans le tiers postérieur et un type B à sillon plus court et à rostre plus fusiforme se terminant par une pointe aiguë.

Niveau : Tithonique-Valanginien inférieur.
Gisement : Marnes d'Andrafiavelo.

Belemnites (Belemnopsis) pistilliformis BLAINV.

Pl. XV, fig. 4, 4 a; Pl. XIC, fig. 1, 1 a; Pl. XIII, fig. 9.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude stratigr. et pétr. pays Sakalava, p. 168, pl. VIII, fig. 10-11.

Ce sont là des Bélemnites à rostre allongé, à section ronde ou faiblement ovale. Le rostre présente un épaississement vers le tiers postérieur. La pointe est effilée. La partie antérieure s'amincit graduellement jusqu'à la région subalvéolaire. Le sillon ventral, très court, ne dépasse pas cette dernière région. Il est généralement absent sur la plupart des exemplaires par suite de la fragilité du rostre à cet endroit. Ces formes comprennent des variétés épaisses (pl. XIV, fig. 1, 1a), des variétés globuleuses (pl. XIII, fig. 9) et des variétés effilées (pl. XV, fig. 4, 4a).

Niveau : Tithonique, Néocomien.

Gisement : Marnes d'Andrafiavelo et d'Antsalova (province de Maintirano).

Belemnites (Belemnopsis) pistilliformis BLAINV.
var. **Perrieri** nov.
Pl. XV, fig. 5, 5 a, 2, 2 a, 3, 3 a.

Rostre présentant les caractères généraux de *B. pistilliformis*, mais possèdant un aplatissement très marqué dans sa partie postérieure. Il existe des formes épaisses (fig. 5, 5a) et des formes effilées (fig. 2, 2a, 3, 3a).

Niveau : Hauterivien.

Gisement : Grès verts supérieurs de Lagniro (province de Betioky).

Belemnites (Hibolites) cf. jaculum PHILL.
Pl. XV, fig. 1, 1 a.

1920. E. v. BULOW. Fossilium Catalogus, p. 144.

Les Belemnites que je rapproche de cette espèce sont très communes dans les grès verts hauteriviens de la province de Betioky. Elles montrent un rostre fusiforme, allongé, renflé dans le tiers inférieur et dans la région alvéolaire, s'amincissant dans la région subalvéolaire. Un sillon ventral profond occupe à peu près la moitié de la longueur du rostre. Alvéole longue. Section faiblement ovale.

Niveau : Hauterivien.

Gisement : Grès vert du Menarandroy (province de Betioky). Cette espèce a été signalée par Mlle MORAND dans les couches d'Andranosamontana.

Duvalia dilatata BLAINVILLE.
Pl. XV, fig. 6, 6 a.

1920. E. v. BULOW. Fossilium Catalogus, p. 169.

Forme très aplatie à sillon dorsal court, et alvéole large.

Niveau : Hauterivien.

Gisement : Grès verts supérieurs de Lagniro (province de Betioky).

Duvalia cf. dilatata BLAINV.
Pl. XIII, fig. 7, 7 a ; Pl. XIV, fig. 3, 3 a.

Je rapproche de *D. dilatata* deux séries d'échantillons.

a) Rostre moyennement aplati, à pointe obtuse légèrement excentrique (Pl. XIII, fig. 7, 7a et coupe *a* fig. 15). Ces échantillons dans lesquels la région alvéolaire occupe un peu moins du tiers de la longueur du rostre ne montrent aucune trace de sillon.

b) Rostre très aplati à pointe excentrique (*b* fig. 15). La région alvéolaire est peu développée. L'angle alvéolaire est plus faible que dans la forme précédente. Pas de sillon.

Niveau : Valanginien inférieur.

Gisement : Marnes d'Andrafiavelo (province de Maintirano).

Duvalia cf. **Emerici** RASPAIL.

Pl. XIV, fig. 5, 5 a.

1920. E. v. BULOW. Fossilium Catalogus, p. 170.

Je possède 3 échantillons de petite taille qui paraissent bien se rapporter à *Duvalia Emerici,* par l'aplatissement du rostre, l'excentricité de la pointe et par la courbure du côté dorsal dans la partie antérieure. Ces échantillons ne montrent pas la région alvéolaire.

Niveau : Valanginien inférieur.

Gisement : Marnes d'Andrafiavelo.

Duvalia lata BLAINV. var. **Guillantona** nov.

Pl. XIV, fig. 6, 7, 8.

1920. E. v. BULOW. Fossilium Catalogus, p. 173.

Je rapporte à l'espèce *lata* plusieurs échantillons présentant beaucoup des caractéristiques du type : rostre assez court, comprimé, coupe subovale avec épaississement du côté dorsal, sillon basilaire étroit et profond s'étendant sur une grande partie de la longueur du rostre. La courbure des côtés dorsaux et ventraux, diffèrent néanmoins par la grandeur de la cavité alvéolaire et par l'amincissement de la région ventrale près du sillon.

Par la grandeur de la cavité alvéolaire qui s'approche très près de même que la position de la pointe, présente certaines variations. Des exemplaires à pointe très excentrique du côté ventral font penser à quelques formes de *Duvalia ensifer* OPPEL, ils en de la pointe, par la longueur assez réduite du sillon, ces formes constituent une variété distincte du vrai type.

Niveau : Tithonique. Néocomien.

Gisement : Marnes d'Andrafiavelo (province de Maintirano).

Duvalia lata Blainv.

Pl. XV, fig. 7, 7 a.

1920. E. v. Bulow. Fossilium Catalogus, p. 173.

Cette forme constitue le terme extrême d'une série de *Duvalia*, plus ou moins aplaties qui arrivent parfois à présenter une section losangique. Je la rapporte encore à l'espèce *lata*.

Niveau : Hauterivien.

Gisement : Grès verts supérieurs du Menarandroy (province de Betioky).

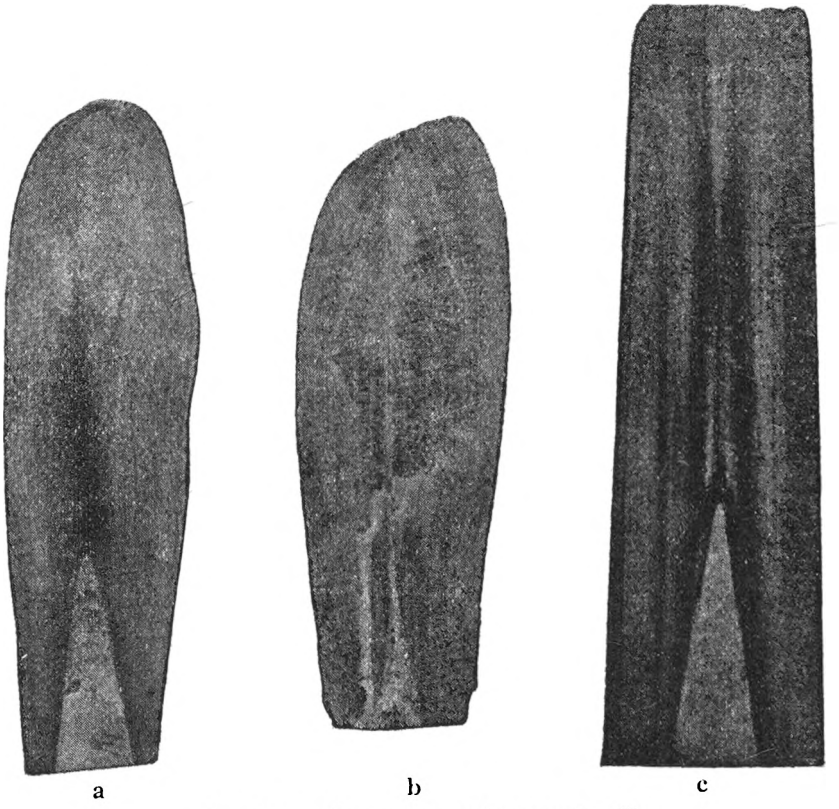


Fig. 15. — Coupes grandeur naturelle
a. *Duvalia* cf. *dilatata*.
b. *Duvalia* cf. *dilatata*.
c. *Belemnites Madagascariensis*.

Duvalia sakalava nov. sp.

Pl. XIV, fig. 9 à 14.

Rostre aplati, de forme lancéolée, à pointe excentrique. Les faces latérales portent une nervure médiane commençant auprès de la pointe et se terminant dans la région antérieure où le rostre s'amincit considérablement. La figure 13 de la planche XIV montre la présence d'une petite collerette près de la région alvéolaire.

Alvéole inconnue. Le bord du grand côté est fortement convexe. Chez les formes jeunes, le rostre est assez globuleux dans sa partie postérieure. Chez les formes adultes, il s'aplatit davantage tandis que les nervures des faces latérales ont une tendance à s'effacer et même à disparaître.

Rapports et différences. — L'effacement des nervures latérales chez les formes adultes est un caractère de *Duvalia dilatata* BLAINV. Les échantillons étudiés ici se séparent nettement de *D. dilatata* par l'amincissement considérable de la partie antérieure du rostre. Ils se distinguent par ce même détail de *Duvalia silesiaca* UHLIG.

Niveau : Tithonique. Valangien inférieur.

Gisement : Marnes d'Andrafiavelo.

Pseudobelus Lemoinei nov. sp.

Pl. XIV, fig. 3, 4 a.

Rostre moyennement allongé, assez fortement aplati, à coupe subquadrilatère dans la région antérieure, devenant ovale dans la région postérieure. La région antérieure, déprimée, montre une alvéole assez grande. Trois sillons : Deux s'allongent sur les faces latérales depuis la région alvéolaire jusqu'à la pointe qu'ils n'atteignent pas; le troisième, court, mais profond, se trouve sur la face ventrale, dans la région alvéolaire, et se termine par deux lignes faiblement divergentes.

Rapports et différences. — Cette forme diffère de *P. bipartitus* RASPAIL par le moindre allongement du rostre, par son plus grand aplatissement et par la faible longueur du sillon ventral. Elle se sépare de *P. Rodoi* LEMOINE par la section du rostre.

Niveau : Tithonique. Valangien inférieur.

Gisement : Marnes d'Andrafiavelo.

Belemnites Madagascariensis nov. sp.

Pl. XIII, fig. 4.

Rostre de grande taille, à section circulaire, s'effilant régulièrement depuis la région antérieure où le diamètre est maximum, jusqu'à la pointe qui est assez fine. Un sillon large et profond s'étend depuis la partie antérieure jusqu'auprès de la pointe. Alvéole occupant environ le quart de la longueur du rostre. (Voir la coupe *c*, fig. 15).

Rapports et différences. — Cette forme est voisine de *Belemnites conicus* BLAINV. Elle en diffère par l'amincissement progressif du rostre sans pointe cônique et par les bords du sillon qui ne sont pas tranchants et à pic, mais assez arrondis.

Belemnites Africanus TATE a un sillon moins long qui ne s'approche pas autant de la pointe. En outre, son rostre n'est pas régulièrement effilé.

Niveau : Tithonique. Valangien inférieur.

Gisement : Marnes d'Andrafiavelo (province de Maintirano).

Serpula sp.

Pl. XV, fig. 8, 9.

Les deux formes que je représente abondent dans les grès verts supérieurs de la province de Betioky.

Niveau : Hauterivien à *Duvalia dilatata.*

Gisements : Toutes les couches de ce niveau dans la province de Betioky.

***

AMMONITES VALANGINIENNES

Hoplites Michaelis UHLIG.

Pl. XIII, fig. 1.

1901. V. UHLIG. Cephalopoden fauna der Teschener und Grodischter Schichten, p. 35, pl. VII, fig. 1-4.

Cette forme est la plus fréquente dans les calcaires glauconieux d'Andrafiavelo. Je n'ai pas trouvé d'échantillons complets détachables mais surtout des empreintes. Enroulement assez lâche. Ombilic très large, bordé d'une rangée de tubercules ombilicaux saillants donnant naissance à deux côtes radiales dont l'antérieure se bifurque un peu après le milieu des flancs. Entre les tubercules ombilicaux se place une côte intercalaire atteignant l'ombilic, bifurquée ou non. Parfois, mais non toujours, un petit tubercule se place à la bifurcation de celles des côtes qui sont reliées à un tubercule ombilical.

Niveau : Valanginien.

Gisement : Calcaires glauconieux à 3 kilomètres au Nord d'Andrafiavelo.

Holcostephanus (Spiticeras) Mojsvari Uhlig.

Pl. XIII, fig. 2.

1903. V. Uhlig. The fauna of the Spiti Shales, *Paleont. Indica*, sér. XV, vol. IV, p. 110, pl. XVII, fig. 1.

Un fragment enchassé dans un bloc calcaire se rapporte à cette espèce. Tours à section arrondie. Ombilic large. Sur le tiers du tour conservé on voit de 9 à 10 tubercules ombilicaux allongés radialement, donnant naissance à 3 côtes dirigées vers l'avant. Une côte intercalaire n'atteignant pas l'ombilic s'allonge sur les flancs externes et se dirige entre les tubercules. Les côtes peu saillantes traversent la région ventrale sans s'interrompre.

Niveau : Valanginien.

Gisement : Calcaire glauconieux à 3 kilomètres au Nord d'Andrafiavelo.

Lytoceras aff. subfimbriatum D'Orb.

Pl. XIII, fig. 3.

Cette Ammonite, représentée par un fragment, appartient cer-

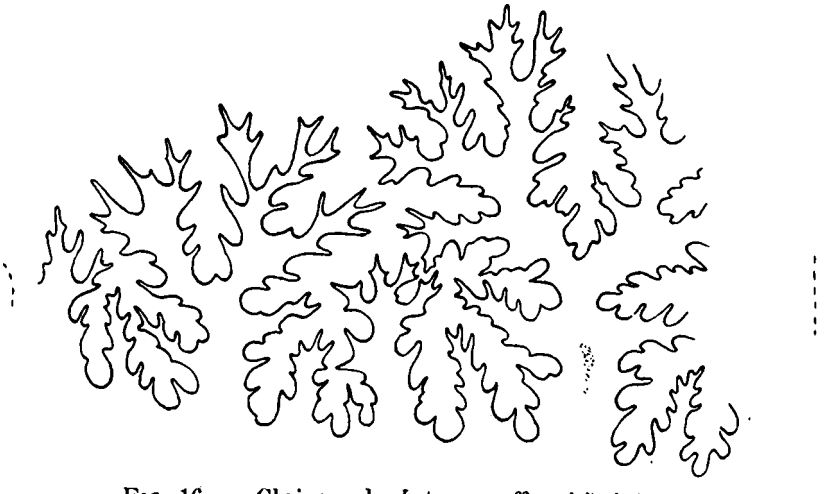


Fig. 16. — Cloison de *Lytoceras* aff. *subfimbriatum*

tainement au groupe des *subfimbriatum*, tant par son ornementation que par sa cloison.

Niveau : Valanginien.

Gisement : Calcaire glauconieux à 3 kilomètres au Nord d'Andrafiavelo.

***

FOSSILES ALBIENS

Mortoniceras (Inflaticeras) inflatum Sow.

Pl. XVI, fig. 1, 1 a.

1907. P. Lemoine. Céphalopodes de Diégo, *Ann. de Paléontologie*, t. II, p. 40, pl. IX, fig. 8-10.

Cette forme est assez analogue à la variété *aequatorealis* de Kossmat. Elle possède des côtes plus fines que l'espèce *inflata* normale. Les tubercules ombilicaux sont très saillants. La section du tour est subcarrée.

Niveau : Albien supérieur.

Gisements : Base de la falaise d'Aonzy (province de Betioky). Partie Sud de la montagne des Français (province de Diégo).

Douvilleiceras mamillare Schlotheim var.

Pl. XVI, fig. 2, 2 a, 2 b.

1860. Pictet et Campiche. Terr. Crétacé de Sainte-Croix, p. 207.

Cette espèce bien connue se rencontre à la base des grès du Crétacé moyen. L'exemplaire figuré ici se rapporte à une variété. La forme typique est fréquente.

Niveau : Albien.

Gisement : Falaise d'Aonzy, Ranonda (province de Betioky).

⁂

FOSSILES CÉNOMANIENS

Desmoceras (Latidorsella) latidorsatum Michelin.

Pl. XVI, fig. 3, 3 a.

1925. C. Diener. Fossilium Catalogus, p. 125.
1928. M. Collignon. Céph. pyr. Diégo-Suarez, *Ann. Paléont. Pal. Mad.*, t. XVII et XVIII, p. 21, pl. II, fig. 4-5.

Espèce bien caractérisée par son ouverture plus large que haute. L'exemplaire figuré ici se rapproche du type *b* de Kossmat, à tours aplatis sur les flancs. Varices légèrement obliques au départ de l'ombilic, s'infléchissant fortement vers l'avant au passage de la région siphonale où elles forment un rebroussement arrondi.

J'ai retrouvé cette espèce dans la faune pyriteuse de Maha-

kenda : les échantillons sont généralement lisses, mais quelques-uns montrent des traces de varices.

Niveau : *Latidorsella latidorsatum* n'est pas caractéristique d'un niveau, mais à Madagascar elle est surtout abondante au Cénomanien.

Gisement : Falaise d'Aonzy, Mahakenda (province de Betioky), Diégo-Suarès, Betaitra, Mt. Raynaud (province de Diégo).

Desmoceras (Puzosia) planulata SOWERBY.

Pl. XVII, fig. 6, 6 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 123.

Je ne possède que de petits exemplaires de cette espèce. Ils sont bien caractérisés par leur section aplatie, et l'abrupt du bord ombilical. Six ou sept varices partent presque perpendiculairement de l'ombilic pour s'infléchir fortement vers l'avant et former un rebroussement assez aigu sur la région siphonale. Cette région porte des stries infléchies vers l'avant et parallèles aux varices.

Niveau : Cette espèce se rencontre dans le Cénomanien et dans le Turonien. Les formes turoniennes atteignent des tailles géantes.

Gisements : Falaise d'Aonzy (province de Betioky). Nord-Ouest de Bekopaka (province de Maintirano). Mont Raynaud (province de Diégo).

Tetragonites Timotheanum MAYOR.

Pl. XVII, fig. 7, 7 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 55.

Ombilic large, tour sub-carré. Varices tangentes à l'ombilic, s'infléchissant légèrement vers l'arrière un peu après le milieu des flancs, traversant la région ventrale perpendiculairement au plan médian mais en se recourbant très légèrement vers l'arrière au passage de la région siphonale.

Gisements : Falaise d'Aonzy (province de Betioky).

Phylloceras velledae MICHELIN.

Pl. XVII, fig. 2, 2 a.

1906. M. BOULE, P. LEMOINE, A. THÉVENIN. Céph. Crét. Diégo, *Ann. de Paléont.*, t. II, p. 7, pl. I, fig. 6 a-c, 10 et 11.

1907. L. PERVINQUIÈRE. Et. Paléont. Tunis, p. 52.

1929. M. COLLIGNON. Cénomanien pyriteux de Diégo, *Ann. de Paléont.*, t. XVII, p. 142, pl. I, fig. 1-1 a.

Abondante dans le Cénomanien du Nord sous forme calcaire ou pyriteuse, cette espèce se retrouve dans le Cénomanien du Sud-Ouest associée à des *Acanthoceras*.

Gisements : Antsandoky, falaise d'Aonzy (province de Betioky).

Mammites Boulei COLLIGNON.

Pl. XVII, fig. 9.

1929. M. COLLIGNON. Céph. pyriteux Diégo, *Ann. de Paléont.*, t. XVIII, p. 16, pl. IV, fig. 6.

Cette espèce est tout à fait semblable à la forme décrite et figurée par M. COLLIGNON. Les tours sont épais et à section sub-rectangulaire. Ornementation identique. La cloison peu visible montre néanmoins le découpage caractéristique de la première selle.

Gisement : Mahakenda (province de Betiohy).

Acanthoceras (Mantelliceras) Martimpreyi COQUAND.

Pl. XVII, fig. 3, 5, 5 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 169.
1928. COLLIGNON. Céph. pyr. Diégo, p. 34, pl. III, fig. 4-5.

Plusieurs exemplaires calcaires et pyriteux sont identiques à ceux figurés par COLLIGNON. Le nombre des côtes est assez variable. Le mieux conservé de mes échantillons montre 21 côtes sur trois quart de tour (fig. 3). Siphon large et saillant.

Gisements : Falaise d'Aonzy, Mahakenda (province de Betioky).

Turrilites costatus LAMARCK.

Pl. XVI, fig. 4.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 81.
1928. M. COLLIGNON. Céph. pyr. Diégo, p. 59, pl. VI, fig. 2.

Le Cénomanien de Ranonda m'a fourni plusieurs exemplaires de Turrilites dont aucun n'est exactement semblable aux autres, mais qui se rapprochent tous de l'espèce *costatus* LMK. PERVINQUIÈRE a remarqué des choses analogues en Tunisie.

Gisements : Falaise d'Aonzy, Antsandoky et Ranonda (province de Betioky).

Forbesiceras obtectum SHARPE.

Pl. XVII, fig. 1, 2 a, 4.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 181.
1928. M. COLLIGTNON. Céph. pyr. Diégo, p. 27, pl. II, fig. 13.

Cette espèce, considérée comme rarissime, paraît assez fréquente à Madagascar. Je possède deux échantillons pyriteux (fig. 4) de 15 à 18 millimètres de diamètre absolument identiques à la figure 9 de la planche V de PERVINQUIÈRE (1903). L'ombilic est très réduit. Les flancs, assez usés, ne permettent pas de les comparer à l'exemplaire figuré par M. COLLIGNON.

J'ai recueilli, en outre, quelques spécimens calcaires (fig. 1,1a) dont le mieux conservé a un diamètre de 56 millimètres. La section est ovale lancéolée; tronquée au pourtour. La région ventrale possède une fine carène. La limite des flancs et de la région ventrale est ornée de tubercules allongés dans le sens de l'enroulement. Ces tubercules sont un peu plus gros que ceux de l'exemplaire de 106 millimètres figuré par PERVINQUIÈRE (fig. 11, 1903). L'ornementation, visible seulement sur les bords externes, est identique à celle de la forme tunisienne.

Gisements : Falaise d'Aonzy, Antsandoky, Mahakenda (province de Betioky). Diégo.

Scaphites aequalis-obliquus SOWERBY.

Pl. XVII, fig. 12, 12 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 195.
1928. M. COLLIGNON. Céph. pyr. Diégo, p. 49, pl. V, fig. 1-6.

La faune pyriteuse de Mahakenda renferme quelques exemplaires de cette espèce qui est l'une des plus communes du Cénomanien pyriteux du Nord de l'île.

Gisements : Mahakenda (province de Betioky). Diégo, Betaitra, Mont Raynaud (province de Diégo).

Belemnites ultimus D'ORB.

Pl. XVII, fig. 8, 8 a.

1906. P. LEMOINE. Céphalopodes de Diégo-Suarez, *Ann. de Paléont.*, t. I, p. 5, pl. I, fig. 1-3.

Cette Bélemnite possède une section légèrement carrée dans la partie supérieure du rostre. Sillon assez court et peu profond.

Gisements : Falaise d'Aonzy (province de Betioky). Marnes de la Betaitra et du champ de tir de Diégo (province de Diégo).

Exogyra columba LMK.

Pl. XVII, fig. 10, 11.

1910. *Paleontologia Universalis,* IIIe série, fiches 190, 191, 192.

1912. L. PERVINQUIÈRE. Et. Paléont. Tunis, t. II, p. 180.

Les échantillons malgaches se rapportent à la petite forme et sont généralement lisses.

Gisement : Colline de l'Antsandoky, falaise d'Aonzy (province de Betioky).

Serpula ootatoorensis STOLICZKA.

Pl. XVII, fig. 13, 14.

1873. STOLICZKA. Cretaceous fauna of Southern India, *Paleont. Indica,* vol. IV, p. 64, pl. XII, fig. 9-10.

Ces serpules, connues depuis longtemps à Madagascar et déjà citées par E. HAUG et P. LEMOINE, sont très abondantes dans le Cénomanien du Nord et aussi dans l'Albien supérieur à *Inflaticeras.*

Gisements : Toutes les couches de cet âge à Diégo et dans la montagne des Français (province de Diégo).

Pyrina tunisiensis PÉRON et GAUTHIER.

Pl. XVI, fig. 5.

1908. J. COTTREAU. *Ann. de Paléont.,* t. III, p. 164, pl. III, fig. 4.

Cette espèce a déjà été étudiée par J. COTTREAU. Je figure ici un échantillon dont l'état de conservation est meilleur.

Gisements : Falaises d'Aonzy, Antsandoky (province de Betioky).

Epiaster Henrici PÉRON et GAUTHIER.

Pl. XVII, fig. 9, 9 a.

1878. PÉRON et GAUTHIER. Ech. foss. de l'Algérie, t. I, p. 95, pl. II, fig. 1-4.

J. COTTREAU a étudié, en 1908, un *Epiaster* cf. *Henrici* en mauvais état de conservation. Je rapporte à l'espèce de PÉRON et GAUTHIER un petit Echinide à test cordiforme, de forme polygonale, très rétréci à la partie postérieure qui est tronquée verticalement. Cette partie postérieure est surélevée. La plus grande largeur est en avant du sommet. Face inférieure à peu près plane. Face supérieure arrondie, régulièrement déclive. Apex central. Appareil apical assez indistinct. Ambulacres pétaloïdes. Les ambulacres pairs antérieurs sont plus longs que les postérieurs. Ambulacre

impair excavé dans un sillon peu profond qui échancre légèrement le bord antérieur et se prolonge jusqu'au péristome. Zones porifères formées de pores ovales, légèrement obliques. Péristome masqué. Périprocte situé très haut.

Néanmoins, il y a quelques différences entre mes échantillons et les formes tunisiennes d'*E. Henrici*. Les exemplaires de petite taille sont semblables mais il n'y a pas à Madagascar les formes d'assez grandes tailles. Les exemplaires malgaches sont plus renflés en arrière, le sillon antérieur est un peu plus large. Les pores de l'ambulacre impair sont plus petits, plus nombreux, plus rapprochés. Sur le *Henrici* de Tunisie les granules se serrent et sont presque l'annonce d'un fasciole; l'échantillon malgache ne montre rien d'analogue.

Gisement : Antsandoky (province de Betioky).

Modiola typica FORBES.

1871. STOLICZKA. Cretaceous fauna of Southern Indica, *Pal. Indica*, vol. III, p. 377, pl. XXIII, fig. 12-13.

Espèce semblable à la figure de STOLICZKA, avec les mêmes stries d'accroissement.

Niveau : Dans l'Inde, cette espèce se trouve dans le Valudayur. A Madagascar, je l'ai recueillie dans des couches sans Ammonites correspondant au Cénomanien ou au Turonien. Accompagne *Protocardium hillanum*.

Gisement : Base du Sangonakanga (province de Betioky).

***

FOSSILES TURONIENS

Mammites conciliatus STOLICZKA.

Pl. XVII, fig. 1, 1 a, 2.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 174.

Cette espèce existe à la fois dans l'Ouest et dans le Sud-Ouest de Madagascar. Je représente ici une forme normale (fig. 1, 1a) et un moule interne (fig. 2).

Enroulement assez lâche, donnant un ombilic moyen à parois presque verticales. Tours épais, à section pentagonale, dont la largeur égale sensiblement la hauteur. Sept tubercules ombili-

caux très saillants dont chacun donne naissance à une côte sur laquelle se trouve un très fort tubercule situé à la limite du bord ventral, et un autre tubercule, plus petit, placé près de la zone siphonale où la côte s'interrompt. Petites côtes intercalaires portant un tubercule à la limite de la région ventrale, s'incurvant vers l'avant en ce lieu et se terminant par un autre tubercule près de la zone siphonale. Chez le jeune, les côtes intercalaires se divisent dans la région ventrale et se terminent par un tubercule.

Gisements : Falaise d'Aonzy dans la province de Betioky. Sud d'Animokotra et Nord-Ouest de Bekopaka dans la province de Maintirano.

Neoptychites cephalotus COURTILLER.

Pl. XIX, fig. 1, 2, 2 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 102.
1926. E. BASSE. Amm. du S.-O. Madagascar.

Espèce commune à l'Ouest et au Sud-Ouest de Madagascar. Les échantillons figurés ici proviennent de la province de Maintirano. Ce sont des formes adultes lisses. L'une d'elles montre parfaitement chez le jeune l'accentuation sur la région ventrale d'un bourrelet encadré par deux sillons (fig. 6.).

Gisements: Falaise d'Aonzy dans la province de Betioky et Nord-Ouest de Bekopaka dans la province de Maintirano.

Neoptychites xetriformis PERVINQUIÈRE.

Pl. XVIII, fig. 4, 4 a.

1907. PERVINQUIÈRE. Paléont. Tunis., I, Céph., p. 398, pl. XXVII, fig. 5-7.
1920. TAUBENHAUS. Zeitschr. Deutsch. Palaestina, Ver. XLIII, Taf. V, fig. 4.

J'ai recueilli un exemplaire de cette espèce, tout à fait semblable à celui représenté par les figures 5a et 5b de PERVINQUIÈRE.

Niveau : Turonien inférieur.

Gisement : Piste d'Antsalova à Bekopaka; à une heure et demie de marche au Sud d'Animokotra (province de Maintirano).

Fagesia superstes KOSSMAT.

Pl. XVIII, fig. 3, 3 a, 3 b.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 182.
1926. E. BASSE. Amm. du S.-O. de Madagascar.

Cette espèce est la plus commune des formes turoniennes mal-

gaches. On la connaît dans le Sud-Ouest et dans l'Ouest. Une étude ultérieure fera connaître ses variations. L'individu figuré ici provient du Sud d'Animokotra (province de Maintirano) ; il présente une forme générale arrondie. Les tours sont larges et très surbaissés. L'ombilic, large et profond, montre des parois verticales. Des tubercules, au nombre d'une dizaine, bordent l'ombilic et donnent naissance à une paire de côtes qui se courbent légèrement vers l'avant au passage de la région siphonale. Les formes âgées perdent leurs côtes.

Gisement : Falaise d'Aonzy dans la province de Betioky et région Nord-Ouest de Bekopaka dans la province de Maintirano.

Inoceramus labiatus Schlotheim.

1912. L. Pervinquière. Et. Paléont. Tunis., p. 114.
1928. R. Heinz. Oberkreide, Inoceramen Süd, Amerikas, *Mitt. Min. Geol. Staatsinstitut*, heft X, p. 61.

Cette espèce bien connue se rencontre en abondance dans le Turonien de l'Ouest et du Sud-Ouest de Madagascar où elle semble se localiser à la partie inférieure de l'étage. Associée à *Neoptychites cephalotus*, *Fagesia superstes*.

Niveau : Turonien inférieur.

Gisements : Sud Animokotra, Iankara, environs de Bekopaka (province de Maintirano), falaise d'Aonzy, Manasora sur Onilahy (province de Betioky).

Inoceramus Andersoni Etheridge.

1904. R. Etheridge. Cretaceous fossils of Natal, p. 73, pl. II, fig. 7-10.
1928. R. Heinz. Das Inoceramen-Profil der Oberen Kreide Luneburgs, *Jahresb. d. Nieders. geol. Ver.*, taf. III.

Je rappelle que c'est cette espèce qui m'a permis de rapporter au Turonien supérieur le sommet de la série des grès et marnes intermédiaires de la région d'Antsalova et par suite de rattacher les grès supérieurs au Coniacien.

Niveau : Turonien supérieur.

Gisement : Colline de grès grossiers verdâtres à 6 km. au Sud de Beraketa (piste d'Antsalova à Bekopaka, province de Maintirano).

***

FOSSILES CONIACIENS

Barroisiceras Haberfellneri DE GROSSOUVRE.

Pl. XX, fig. 1, 1 a.

1907. P. LEMOINE. Céphalopodes de Diégo. *Ann. de Paléont.*, t. II, p. 23, pl. XI, fig. 3-4.
1926. E. BASSE. Faunes d'Ammonites du S.-O. de Madagascar.

Cette forme est très abondante dans le Sud-Ouest et dans le Nord de Madagascar. Elle présente de nombreuses variations qui seront étudiées ultérieurement. La forme la plus commune montre une section trapézoïdale où la plus grande épaisseur est au voisinage de l'ombilic. Les exemplaires adultes présentent sept à huit gros tubercules ombilicaux, allongés radialement et d'où partent deux côtes se terminant sur la région externe par des tubercules transverses bien développés. De chacun de ces tubercules part une côte dirigée vers l'avant qui va aboutir à un tubercule transverse très saillant, situé sur la région siphonale.

Gisements : Nord des falaises d'Aonzy, base du Sangonakanga, Manasora à l'Ouest de Tongobory (province de Betioky). Montagne des Français dans la province de Diégo.

***

FOSSILES SENONIENS

Mortoniceras texanum ROEMER.

Pl. XX, fig. 2, 2 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 148.

Espèce classique, bien caractérisée, par la forme et la position de ses cinq rangées de tubercules. Abondante à Madagascar où elle atteint souvent de grandes tailles. Je n'ai pu recueillir d'exemplaire adulte entier. Je figure ici un fragment.

Niveau : Santonien inférieur. Caractérise la zone inférieure du Sénonien inférieur de la province de Maintirano.

Gisements : Au dessus des coulées basaltiques sur la piste de Bekopaka à Trangahy, Ouest d'Andranovorikolo, Menabe (province de Maintirano).

Hauericeras gardeni BAILY.

Pl. XX, fig. 3.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 95.

Cette espèce est commune à Madagascar. Elle est bien caractérisée par sa forme très aplatie à ombilic très large. Sillons très inclinés vers l'arrière au départ de l'ombilic, se recourbant vers l'avant dans la région externe. Carène tranchante.

Niveau : Santonien moyen. Caractérise la zone moyenne du Sénonien inférieur de la province de Maintirano.

Gisements : Est de Mitraïky, Nord de Trangahy, Ouest d'Andranovorikolo, Menabe (province de Maintirano).

Schloenbachia (Pseudo-Schloenbachia) umbulazi BAILY.

Pl. XXII, fig. 2.

1921. V. HOEPEN. Cretaceous Cephalopoda from Pondoland, *Annals of the Transvaal Museum*, vol. VIII, p. 35.

1929. L. BARRABÉ. Et. stratigr. et pétr. rég. méd. pays Sakalava, p. 181, pl. IX, fig. 15.

Cette espèce est excessivement variable. VAN HOEPEN a étudié environ 230 spécimens qu'il range dans trois variétés. J'ai retrouvé à Madagascar une forme qui se rapproche beaucoup de la variété *spinifera*. D'autres exemplaires présentent des variations qu'une étude ultérieure fera connaître.

Niveau : Santonien supérieur ou Campanien inférieur. Caractérise la zone supérieure du Sénonien inférieur de la province de Maintirano.

Gisements : Connus dans toute la partie Sud de la province de Maintirano.

Schloenbachia (Pseudo-Schloenbachia) papillata SPATH.

Pl. XXII, fig. 1, 1 a.

1921. L. E. SPATH. On Upper Cretaceous Ammonoidea from Pondoland, *Annals of the Durban Museum*, vol. III, part. 2, p. 43, pl. VI, fig. 2.

L'échantillon étudié ici est voisin de l'exemplaire assez médiocrement conservé figuré par SPATH. Il se différencie de *Schloenbachia Umbulazi* par un ombilic plus large et par une ornementation plus accentuée. Il diffère légèrement de la forme *papillata* par le nomble plus grand des tubercules ombilicaux (10 par tour). A cha-

que tubercule ombilical correspondent trois tubercules sur la région externe. Deux de ces trois tubercules externes sont reliés au tubercule ombilical par deux côtes; du troisième tubercule externe part une côte intercalaire qui n'atteint pas l'ombilic.

Niveau : Santonien supérieur au Campanien inférieur.

Gisements : Est de Mitraiky; Nord de Trangahy, Ouest d'Andranovorikolo (province de Maintirano).

Mortoniceras Delawarense MORTON.

Pl. XXI, fig. 1, 1 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 145.

Cette espèce bien connue se reconnaît facilement par sa section, subcarrée chez le jeune, devenant rectangulaire chez l'adulte. L'ombilic est bordé d'une vingtaine de tubercules d'où partent des côtes (une par tubercule) légèrement infléchies vers l'avant. Au milieu des flancs, chaque côte porte un tubercule très saillant chez le jeune, d'où partent deux côtes se terminant dans la région externe par des tubercules allongés dans le sens de l'enroulement. Large carène, lisse chez l'adulte.

Niveau : Campanien moyen. Caractérise la base du Sénonien supérieur de la province de Maintirano.

Gisements : Andrakaraka, Nord de Trangahy, Menabe (province de Maintirano).

Hoplites vari SCHLUTER.

Pl. XXI, fig. 5, 5 a, 9.

1894. DE GROSSOUVRE. Les Ammonites de la craie supérieure, p. 118, pl. VIII, fig. 3; pl. IX, fig. 2-3.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude stratigr. et pétr. pays Sakalava, p. 181, pl. IX, fig. 11-13.

Cette espèce se distingue par sa forme assez aplatie à ombilic large. Côtes bien marquées, très surélevées dans la région ombilicale, s'infléchissant deux fois sur les flancs, en arrière puis en avant. Au point d'inflexion interne, les côtes portent un tubercule transverse. Un tubercule, également transverse, termine chaque côte près de la zone siphonale. Se rencontre à l'état calcaire et à l'état pyriteux.

Niveau : Campanien supérieur. Partie moyenne de l'horizon d'Andrakaraka.

Gisements : Andrakaraka, Nord de Trangahy, Est de Mitraiky (province de Maintirano).

Pachydiscus gollevillensis D'ORBIGNY.

Pl. XXVI, fig. 4, 4 a.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 116.

Forme très abondante dans l'Ouest de Madagascar. Les formes adultes ont une section semi-ovalaire, beaucoup plus haute que large. Flancs peu convexes. La partie interne des flancs est sensiblement lisse tandis que la partie externe montre des côtes dirigées vers l'avant et qui sont surtout nettes sur le bord externe. Ombilic à parois verticales.

Niveau : Maestrichtien supérieur. Caractérise les niveaux supérieurs du Sénonien dans tout l'Ouest de Madagascar.

Gisements : Craie d'Andrafiavelo (province de Maintirano); région du bas Onilahy (province de Tuléar).

Baculites vagina FORBES.

Pl. XXVI, fig. 12, 13.

1925. C. DIENER. Fossilium Catalogus, p. 63.

Espèce bien caractérisée par sa section pentagonale. Bord siphonal plat, entouré d'une rangée de tubercules en forme de croissants, dont les branches sont dirigées vers l'avant. Il existe des spécimens plus ou moins lisses.

Niveau : Maestrichtien supérieur. Caractérise l'horizon le plus élevé du Sénonien supérieur dans tout Madagascar.

Gisements : Craie d'Andrafiavelo, Trangahy (province de Maintirano).

Baculites Bassei nov. sp.

Pl. XXII, fig. 8, 8 a.

L'échantillon type est constitué par un fragment de 6 cm. de long, haut de 16 millimètres et large de 11 millimètres. Section ovale. Le bord siphonal est orné d'une rangée de gros tubercules se prolongeant par une côte fortement dirigée vers l'avant et s'atténuant légèrement sur la région externe. Entre les gros tubercules se place un petit tubercule très oblique, situé un peu en dessous du gros tubercule, mais au milieu du flanc. Il donne naissance à une petite côte intercalaire assez accusée sur la région ventrale.

Rapports et différences : Cette espèce est voisine de *Baculites vagina* FORBES. Elle en diffère par sa section, par sa région siphonale convexe et par la présence du petit tubercule et de la côte intercalaire. *Baculites Bassei* se rapproche également de *Baculites sulcatus* BAILY figurée par VAN HOEPEN, mais s'en sépare par ses côtes qui s'élancent davantage vers l'avant.



FIG. 17. — Cloison de *Baculites Bassei*

Niveau : Maestrichtien inférieur. Campanien supérieur (horizon d'Andrakaraka).

Gisements : Est de Mitraiky, Nord de Trangahy (province de Maintirano).

Baculites Bailyi WOODS.

Pl. XXI, fig. 6, 7.

1855. BAILY. *Baculites sulcatus*. South African fossils, *Q. J. G. S.*, t. XI, p. 457, pl. XI, fig. 5 a-b (non 5 c).
1906. WOODS. *Baculites Bailyi*. Cret. Foss. Pondoland, *Ann. South. Afr. Museum*, t. IV, p. 341, pl. XLIV, fig. 5.
1921. VAN HOEPEN. Cret. Ceph. fr. Pondoland, p. 18, pl. III, fig. 9-10.
1921. SPATH. Cret. Ceph. fr. Zululand, *South. Afr. Museum*, t. XII, p. 261.

Ces Baculites sont très abondantes dans des couches gréseuses situées à mi-hauteur du Mont Carré. Elles sont semblables aux figures des auteurs ci-dessus. Je n'ai pu recueillir que des exemplaires pyriteux qui offrent tous les passages depuis des formes ornées de côtes fines jusqu'à des formes lisses. La cloison est analogue à celle de la figure 5 de WOODS.

Niveau : Santonien.

Gisements : Couches situées à mi-hauteur du mont Carré (province de Diégo). Marnes de Tsianaloky (province de Maintirano).

Phylloceras Woodsi VAN HOEPEN.

Pl. XXI, fig. 2, 2 a.

1921. VAN HOEPEN. Cret. Ceph. fr. Pondoland, *Ann. of Transvaal Museum*, p. 3, pl. II, fig. 1-6.

1929. L. BARRABÉ. Contr. étude pays Sakalava, p. 180, pl. IX, fig. 7.

Très commune dans les marnes de Tsianaloky, cette espèce possède de petites varices ombilicales très caractéristiques.

Niveau : Santonien inférieur, équivalent des couches à *Mortoniceras texanum* ROEMER.

Gisement : Marnes de Tsianaloky (province de Maintirano).

Gaudryceras varagurense KOSSMAT.

Pl. XXI, fig. 4.

1895. KOSSMAT. Südind. Kreideform, *Beitr. Pal. Ost.*, t. IX, p. 122, taf. XVIII, fig. 2; taf. XVII, fig. 9.
1929. L. BARRABÉ. Contr. étude pays Sakalava, p. 180, pl. IX, fig. 16.

Cette espèce est très abondante dans les calcaires sub-crayeux et les marnes de Tsianaloky. Les échantillons, toujours pyriteux, montrent bien les côtes très fines avec de faibles varices espacées, le tout présentant une inflexion falculiforme bien caractéristique.

Niveau : Santonien.

Gisements : Marnes de Tsianaloky (échantillons pyriteux). Grès à l'Ouest d'Andranovorikolo (Province de Maintirano).

Tetragonites nuperus VAN HOEPEN.

Pl. XXI, fig. 3, 3 a.

1921. VAN HOEPEN. Cret. Ceph. fr. Pondoland, *Ann. of Transvaal Museum*, p. 13, pl. III, fig. 3-4.

Tours nombreux, légèrement plus larges que hauts. Il n'y a pas de démarcation entre la surface externe et les flancs. Ombilic large. Six varices quittent tangentiellement l'ombilic pour s'infléchir légèrement vers l'arrière en arrivant dans la région ventrale. Cloison assez semblable à celle de *Tetragonites Cala*. La selle externe est la plus large. Le lobe externe est légèrement plus haut que le premier lobe latéral.

Cette espèce se différencie facilement de *Tetragonites Cala* par les varices qui, chez *Cala*, quittent l'ombilic à peu près perpendiculairement.

Niveau : Campanien supérieur. Maestrichtien inférieur.

Gisements : Nord de Trangahy, Est de Mitraiky (province de Maintirano).

Tetragonites cf. virgulatus VAN HOEPEN.

Pl. XXI, fig. 8, 8 a.

1921. VAN HOEPEN. Cret. Ceph. fr. Pondoland, *Ann. of Transvaal Museum*, p. 11, pl. III, fig. 1-2.

Tours plus larges que hauts. La plus grande épaisseur est un peu au-dessous du milieu des flancs. Le dernier tour ne montre aucune démarcation entre la surface externe et les flancs. Ornementation formée de très fines stries radiales, plus accentuées dans la région ombilicale, diminuant sur les flancs et disparaissant dans la région externe. Suture peu visible, dont les parties conservées sont assez analogues à la figure de VAN HOEPEN.

Niveau : Campanien supérieur. Maestrichtien inférieur.

Gisement : Tondrolo (province de Maintirano).

Turrilites (Bostrychoceras) polyplocus ROEMER.

1907. P. LEMOINE. Céph. de Diégo-Suarez, *Ann. de Paléont.*, t. II, p. 61, pl. XIV, fig. 1, 1 a et 2.

Je tiens à préciser les positions stratigraphiques de cette forme. Dans la montagne des Français, à la base Sud-Est du Mont-Carré, j'ai ramassé plusieurs exemplaires tout à fait semblables à ceux figurés par P. LEMOINE, associés à *Placenticeras syrtale* MORTON et à *Placenticeras Whitfieldi* HYATT, dans un niveau gréseux situé au-dessus des couches à *Barroisiceras Haberfellneri*. Ce niveau gréseux correspond donc à un horizon du Santonien qu'il est impossible de préciser actuellement.

D'autre part, j'ai recueilli dans le Turonien fossilifère du Sud d'Animokotra (province de Maintirano) une forme très voisine. On sait qu'il existe une variété *saxonius* SCHLÜTER dans le Turonien d'Europe.

Hercoglossa danica SCHLOTHEIM.

1925. H. SCHOELLER. Calc. pisolithique de Vigny, *Bull. Soc. Géol. Fr.* (IV), t. XXV, p. 589, pl. XXV.

1930. E. BASSE. Monographie paléontologique, prov. Maintirano, pl. I, fig. 15 (Mémoire à l'impression).

Je tiens à insister sur ce nautile. J'ai ramassé un exemplaire unique dans le calcaire crayeux d'Andrafiavelo où il se trouve associé à des Ammonites : *Bostrychoceras Schloenbachi, Baculites vagina, Pachydiscus gollevillensis,* indiquant un âge indubitable-

ment maestrichtien. J'aurais peut-être hésité à faire descendre dans cet étage ce nautile, considéré jusqu'ici comme caractéristique du Danien, si un fait nouveau ne m'eût confirmé dans cette idée. En effet, au cours d'excursions de la Sorbonne, dirigées l'une, par M. le professeur LUTEAUD, l'autre, par M. le professeur JACOB, à la carrière du calcaire dit pisolithique de Vigny, dans le bassin de Paris, nous avons pu voir que le calcaire qui renferme *Hercoglosa danica* est recouvert par de la craie où il a été trouvé des Belemnitelles et un fragment d'Echinide assez mal conservé qui m'a paru être un *Ananchytes*. Là, comme à Madagascar, *l'Hercoglossa danica* appartient au Maestrichtien.

Niveau à Madagascar : Calcaire crayeux d'Andrafiavelo (Maestrichtien supérieur).

Gisement : Petite vallée à l'Ouest immédiat d'Andrafiavelo.

Cidaris Mahafalensis nov. sp.

Pl. XXII, fig. 5.

Je propose de donner ce nom à des radioles très abondants dans le Sénonien supérieur du pays Mahafaly (Sud-Ouest de Madagascar) où ils forment un excellent fossile repère. Longueur pouvant atteindre 50 à 55 millimètres avec un diamètre de 8 millimètres dans la partie la plus renflée qui se trouve vers la base au quart de la longueur. Ornementation très accentuée, consistant en treize rangées longitudinales de tubercules ovales assez serrés; pas de collerette, les tubercules commencent tout de suite après l'anneau, en même temps que la tige s'élargit et devient granuleuse.

Rapports et différences : Ces radioles se rapprochent de celles de *Cidaris filamentosa* AG., mais s'en distinguent par l'allure des tubercules. *Cidaris Hagenowi* DESOR est aussi une forme voisine qui diffère par sa terminaison très élargie. Les ressemblances sont assez grandes avec le *Cidaris Forchammeri* DESOR du Calcaire pisolithique, mais cette forme possède une collerette bien distincte.

Niveau : Base de la transgression du Sénonien supérieur (Campanien).

Gisements : Grès recouvrant les coulées basaltiques dans toute la partie Nord de la province de Betioky.

Cidaris cf. sceptrifera MANTELLI.

Pl. XXII, fig. 6.

1862. COTTEAU. Paléont. Franç. Terrains Crétacés, t. XII, p. 251, pl. 1058.

Je rapproche de *Cidaris sceptrifera* MANT. des radioles assez abondants dans les grès d'Andrakaraka.

Niveau : Campanien supérieur, Maestrichtien inférieur.

Gisements : Grès d'Andrakaraka, en particulier dans la région sud de la Mangomba (province de Maintirano).

Echinocorys tenuituberculatus LEYMERIE.

Var. **Madagascariensis** nov.

Pl. XXV, fig. 1, 1 a, 1 b.

1851. LEYMERIE. Mém. sur un nouveau type pyrénéen, *M. S. G. F.*, 2e série, t. IV, p. 199, pl. II, fig. 5.

1909. LAMBERT et THIERRY. Essai de nomenclature raisonnée des Echinides, p. 418.

Test de grande taille : 80×72×63 millimètres, arrondi vers le haut, à flancs cylindriques. Face supérieure haute, à apex presque central. Carène postérieure apparente depuis l'apex jusqu'au périprocte. Ambulacres assez étroits, composés d'environ 50 paires de pores serrées vers le haut, s'espaçant largement dans le bas, et se continuant jusqu'à la limite de la face inférieure. Péristome bien développé, s'ouvrant dans une dépression assez éloignée du bord. Périprocte ovale situé à l'extrémité du plastron qui forme une saillie. Plastron étroit. Tubercules peu développés. Apex étroit et allongé.

Cette espèce diffère d'*Echinocorys ovatus* par sa forme plus gibbeuse et par ses ambulacres plus longs. Elle se sépare par ce dernier caractère d'*Echinocorys gibbus* tandis qu'elle s'en rapproche par sa forme générale. *Echinocorys Lamberti* a des ambulacres aussi allongés, mais les pores sont beaucoup plus rapprochés.

C'est surtout avec *Echinocorys tenuituberculatus* du Maestrichtien des Pyrénées que les analogies sont les plus grandes. Les ambulacres sont identiques, mais l'allure plus gibbeuse du test m'amène à considérer l'espèce malgache comme une variété.

Niveau : Maestrichtien inférieur.

Gisement : Est de Mitraiky (Province de Maintirano).

Stigmatopygus Lamberti nov. sp.

Pl. XXIII, fig. 1 à 8.

Test clypeiforme, renflé en dessus, plat en dessous. Un individu moyen mesure 57×60×26 millimètres. Apex central. Appareil apical indistinct. Ambulacres pétaloïdes. Les ambulacres pairs ont sensiblement la même longueur. L'ambulacre impair est plus long. Pores internes ronds ou très légèrement ovales. Pores externes très allongés et obliques. La face inférieure plane montre le péristome non central, mais placé légèrement en avant du centre, avec des floscelles bien développés. Le périprocte périforme, situé assez haut, est enfoncé dans un sillon étroit et profond qui forme la partie supérieure d'une cavité très déprimée, arrondie dans le bas, occupant la moitié de la face postérieure. Tubercules très petits à la face supérieure, plus gros à la face inférieure.

Cette espèce présente d'assez grandes variations. Je distinguerai une forme *a* caractérisée par une plus grande hauteur et une forme *b* plus aplatie. Il existe d'ailleurs des formes intermédiaires.

Rapports et différences : Cette espèce nouvelle est tout à fait différente des espèces connues dont le nombre est très restreint.

Niveau : Campanien supérieur.

Gisements : Grès d'Andrakaraka, dans toute la région d'Andrafiavelo (province de Maintirano).

Lefortia (Procassidulus) Barrabei nov. sp.

Pl. XXIV, fig. 4, 4 a, 5.

1929. L. Barrabé. *Cassidulus Oldhammi.* Contr. étude pays Sakalava, p. 180, pl. IX, fig. 3.

Par sa forme circulaire et son périprocte submarginal, étroit, sans sillon, à fleur de test, ces Echinides se rattachent au sous-genre *Lefortia* Cossmann.

Test de petite taille mesurant 22×20×14 millimètres, face supérieure surélevée, face inférieure plane. Apex légèrement excentré en avant et placé au point de surélévation maximum. Ambulacres pairs courts; les antérieurs un peu plus longs et plus larges que les postérieurs. L'ambulacre impair est le plus allongé. Zones porifères assez larges, formées de pores subégaux réunis par un sillon. Appareil apical peu développé, trapézoïde, montrant quatre pores génitaux dont les postérieurs sont plus écartés. Pores oscellaires peu visibles. La madréporite est placée sensiblement au milieu de l'appareil.

Péristome excentrique en avant, à fleur de test, entouré de cinq bourrelets un peu saillants.

Le périprocte est placé très bas sur la face postérieure. Il est assez allongé, étroit, à fleur de test. Son extrémité supérieure est séparée des ambulacres par une distance de 12 à 13 millimètres. Le test montre une très légère dépression, allongée sur quelques millimètres, entre l'apex et le sommet du périprocte.

Tubercules très petits à la face supérieure, un peu plus gros à la face inférieure.

Rapports et différences : Par sa forme générale notre échantillon se rapproche de *Cassidulus Oldhammi* STOL., mais s'en sépare par la longueur plus faible du périprocte qui est situé très bas au dessous des pétales alors que, chez *Oldhammi,* il remonte très haut.

Cassidulus Emys a une forme différente.

Lefortia Griesbachi NOETLING a des pétales plus étroits et un petit périprocte.

Niveau : Partie inférieure du Sénonien supérieur, vraisemblablement Campanien.

Gisement : Nord de Trangaky (province de Maintirano).

Hemiaster Madagascariensis COTTREAU.

1922. J. COTTREAU. Fossiles crétacés de la côte orientale, *Ann. de Paléont.*, t. XI, p. 118, pl. II, fig. 1-8.

Cette espèce a été étudiée minutieusement par J. COTTREAU. Elle forme un des fossiles les plus caractéristiques du Crétacé terminal de Madagascar.

Niveau : Maestrichtien supérieur. Associé à *Pachydiscus gollevillensis* d'ORB., *Bostrychoceras Schloenbachi* NOWAK et *Hercoglossa danica* SCHL.

Gisements : Côte orientale, provinces de Vatomandry et de Mamanjary. Province de Tuléar. Province de Maintirano (abondant dans la craie d'Andrafiavelo).

Hemiaster sp.

Pl. XXIV, fig. 7, 7 a.

Je suis très embarrassé pour classer cet Echinide. Le meilleur de mes exemplaires est à l'état de moule interne comportant par place des débris de test. Test aplati mesurant 35×33×19 millimè-

tres. On ne voit pas de fasciole, mais alors que *Micraster nutrix* COTTREAU possède une face postérieure très rostrée, notre échantillon montre cette face tronquée verticalement. *Nutrix* possède une légère proue à l'extrémité du plastron qui ne se retrouve pas ici.

Il s'agit peut-être là d'une espèce nouvelle, mais je crois bon d'attendre la récolte d'échantillons mieux conservés.

Niveau : Maestrichtien supérieur.

Gisement : Craie d'Andrafiavelo (province de Maintirano).

Hemiaster sp.

Pl. XXIV, fig. 6, 6 a.

Cet Echinide correspond vraisemblablement à une forme nouvelle mais son test étant mutilé en plusieurs endroits, je crois préférable, avant de lui donner un nom, d'attendre la récolte d'autres échantillons.

Test mesurant 44×41×30 millimètres. Apex très légèrement excentré en arrière. Le maximum de hauteur est en arrière de l'apex. Pétales très inégaux profondément enfoncés. Ambulacre impair excavé dans un sillon étroit dont la profondeur diminue du pourtour à l'ambitus pour s'amoindrir encore vers le péristome. Ambulacres pairs postérieurs plus courts que les antérieurs. Pores ovales, légèrement allongés, séparés par un granule. Appareil apical indistinct.

Face postérieure subverticale portant le périprocte à sa partie supérieure. Face inférieure plane montrant des tubercules moins nombreux, mais un peu plus gros qu'à la face supérieure. Pas de fasciole.

Rapports et différences : Cet Echinide présente des rapports à la fois avec le *Micraster nutrix* COTTREAU et avec l'*Hemiaster* sp. de la craie d'Andrafiavelo. L'absence de fasciole le sépare du *nutrix*. Le mauvais état de l'*Hemiaster* sp. d'Andrafiavelo empêche les comparaisons précises; mais de plus, chose très importante, ces Echinides n'appartiennent pas au même niveau.

Niveau : Horizon d'Andrakaraka, Campanien et Maestrichtien inférieur.

Gisements : Nord de Trangaky, Est de Mitraiky, Ouest de Mokotibe (province de Maintirano).

Epiaster nobilis Stol.

Pl. XXV, fig. 3; Pl. XXIV, fig. 8.

1874. Stolickza. *Epiaster nobilis.* Cretaceous rocks South. India, *Paleont. Indica,* t. IV, p. 22.

1908. Cottreau. *Micraster* cf. *turonensis* in Cottreau. Echinides de Madagascar, *Ann. de Paléont.,* t. III, p. 168, pl. III, fig. 6, 6 a.

1929. L. Barrabé. *Epiaster nobilis* Stol. in L. Barrabé. Contr. étude pays Sakalava, p. 179, pl. IX, fig. 2.

Cette espèce se trouve dans le Sénonien supérieur de l'Ouest de Madagascar sous deux formes légèrement différentes. L'exemplaire figuré ici (pl. fig.) se rapporte parfaitement à la figure de Stolickza. C'est une forme identique, mais en meilleur état de conservation que l'échantillon reproduit par L. Barrabé. On peut indiquer néanmoins que le sillon de l'ambulacre impair est moins marqué que dans le type indien. Dans ce dernier les pores de l'ambulacre impair sont un peu moins serrés. Dans les formes malgaches, le sillon, à peine indiqué au pourtour, s'accentue à l'ambitus. Une variété très voisine montre des pétales un peu plus enfoncés où les pores sont un peu moins allongés que dans la forme figurée ici.

En général, les pores sont conjugués dans le même sillon, mais certains exemplaires ont des pores non conjugués séparés par un petit renflement. Je n'ai pas un assez grand nombre d'exemplaires pour voir si ce caractère peut amener à distinguer des variétés.

Je rapporte à l'espèce *nobilis* un Echinide décrit par J. Lambert (*in* Cottreau 1908) sous le nom de *Micraster* cf. *Turonensis* Bayle, qui ne semble pas posséder de fasciole, dont l'aspect est tout à fait semblable au *nobilis* et qui, de plus, provient de la même région.

Niveau : Base du Sénonien supérieur, vraisemblablement Campanien à *Hoplites Vari.*

Gisements : Nord de Trangahy, Ouest de Mokotibe, Tsiazohena (province de Maintirano).

Mecaster (Hemiaster) cristatus Stol.

Pl. XXII, fig. 9, 9 a, 9 b.

1873. Stoliczka. Cretaceous fauna of Southern India, *Paleont. Indica,* p. 17, pl. 3, fig. 2-5.

Cet Echinide est semblable à la forme indienne de l'Arrialoor figurée par Stoliczka. Test ovalaire mesurant 28×24×16, face

supérieure bombée avec pétales pairs très enfoncés. Ambulacre impair excavé dans un sillon profond se prolongeant jusqu'à l'ambitus et s'éteignant au péristome. Partie postérieure rétrécie se terminant par une face subverticale portant à son sommet le périprocte.

Niveau : Campanien supérieur, Maestrichtien inférieur.

Gisement : Toute la bande de ce niveau comprise entre le Manambolo et le Manambao (province de Maintirano).

Homeoaster Ardouini LAMBERT.

Pl. XXIV, fig. 1, 2.

1908. J. COTTREAU. Echinides de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. III, p. 178, pl. V, fig. 2-2 a.

Les Echinides de la montagne des Français sont généralement écrasés. En particulier, l'*H. Ardouini*, décrit par J. COTTREAU est assez déformé. Je figure ici un échantillon en parfait état dont l'apex est central (fig. 2) et un autre légèrement écrasé où l'apex a été déplacé vers l'avant.

Niveau : Maestrichtien inférieur.

Gisement : Montagne des Français (province de Diégo).

Guettaria Rocardi COTTEAU.

Pl. XXIV, fig. 3.

1908. J. COTTREAU. Echinides de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. III, p. 177, pl. V, fig. 1.

Cette espèce est certainement la plus abondante des marnes à Echinides de la Montagne des Français. Je figure ici un échantillon fort bien conservé.

Niveau : Maestrichtien inférieur.

Gisement : Montagne des Français (province de Diégo).

Seunaster Gauthieri LAMBERT.

Pl. XXV, fig. 2, 2 a.

1908. J. COTTREAU. Echinides de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. III, p. 178, fig. 17.

Je figure à titre documentaire un superbe échantillon. Très commune dans les marnes à Echinides du Nord, cette espèce est beaucoup plus rare dans l'Ouest.

Seunaster Gauthieri est souvent associé à *Lampadaster Grandidieri* COTTEAU et lorsque les exemplaires sont déformés, ainsi qu'il

arrive fréquemment, il est difficile de les séparer. Je rappelle que *Lampadaster Grandidieri* atteint une taille beaucoup plus grande que le *Gauthieri* et que, dans le premier, les pores sont moins allongés et plus espacés que dans le second. En outre, mais ce caractère est rarement visible par suite des déformations, le périprocte du *Grandidieri* est sur la face marginale, tandis que celui du *Gauthieri* est sur la face latérale.

Niveau : Maestrichtien inférieur.

Gisements : Marnes à Echinides de la montagne des Français (province de Diégo). Grès de l'Est de Mitraiky (province de Maintirano).

Inoceramus (Böehmiceramus) regularis D'ORB.

1912. L. PERVINQUIÈRE. Et. Paléont. Tunis., p. 117.
1922. J. COTTREAU. Fossiles crétacés côte orientale, *Ann. de Paléont.*, t. XI, p. 140, pl. III, fig. 6.
1929. L. BARRABÉ. *Inoceramus Cripsi* in Contr. ét. pays Sakalave, pl. IX, fig. 4.

J. COTTREAU a montré que les Inocérames malgaches dont il est question ici sont identiques à l'espèce indienne figurée par STOLICZKA sous le nom d'*Inoceramus Crispsianus*. Des raisons de priorité obligent à adopter le nom de *regularis*.

Inoceramus regularis est une espèce très variable, mais la forme figurée par J. COTTREAU ne paraît pas être caractéristique d'un niveau. On la trouve à la fois dans l'horizon d'Andrakaraka et dans le calcaire crayeux d'Andrafiavelo. Les formes de petite taille sont surtout fréquentes dans ce dernier niveau.

Niveau : Campanien et Maestrichtien.

Gisements : Régions d'Andrafiavelo et de Mitraiky (province de Maintirano). Côte orientale (province de Vatomandry et de Mananjary).

Böehmiceramus (Endocostea) impressus D'ORB.

1843. D'ORBIGNY. Paléont. Franç. Terr. Crétacés, t. III, p. 515, pl. 409.
1929. L. BARRABÉ. Contr. étude pays Sakalava, pl. IX, fig. 5.

Bien caractérisée par le sillon profond qui entaille les valves, cette espèce se rencontre à la fois dans l'horizon d'Andrakaraka et dans le calcaire crayeux d'Andrafiavelo.

Niveau : Campanien et Maestrichtien.

Gisements : Régions d'Andrafiavelo et de Mitraiky (province de Maintirano).

Ostrea laciniata NILSSON.

Pl. XXVI, fig. 5.

1846. D'ORBIGNY. Paléont. Franç. Terrains Crétacés, p. 739, pl. 486, fig. 1-3.

Je rapporte à cette espèce une huître abondante dans le Sénonien supérieur de la région du bas Onilahy. Valve inférieure caractéristique.

Niveau : Campanien supérieur. Arrialoor de l'Inde.

Gisements : Calcaires du Nord-Ouest de l'Eliva (province de Betioky).

Pycnodonta vesicularis LAMARCK.

Pl. XXVI, fig. 1.

1906. M. BOULE et THÉVENIN. Fossiles de la côte orientale de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. I, p. 7, pl. II, fig. 3.

Espèce classique, exclusivement localisée dans le Sénonien terminal à Madagascar.

Niveau : Maestrichtien supérieur.

Gisements : Bas-Onilahy, Itafika (province de Betioky). Craie de Trangahy-Andrafiavelo (province de Maintirano). Côte orientale (province de Vatomandy et de Mananjary).

Alectryonia ungulata SCHLOTEIM.

Pl. XXII, fig. 7.

1906. BOULE et THEVENIN. Fossiles côte orientale de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. I, p. 6, pl. I, fig. 5.

Espèce bien connue, très commune à Madagascar.

Niveau : Campanien supérieur, Maestrichtien inférieur (horizon d'Andrakaraka).

Gisements : Grès calcaires et calcaires du Nord-Ouest de l'Eliva (province de Betioky). Est de Mitraiky, Nord de Trangahy, Andrakaraka (province de Maintirano). Côte orientale (province de Vatomandry et de Mananajary).

Volutilithes fanivelonensis BOULE et THÉVENIN.

Pl. XXVI, fig. 2.

1906. BOULE et THÉVENIN. Fossiles côte orientale de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. I, p. 45, pl. II, fig. 1.

Ce *Volutilithes* est identique à celui de Fanivelona, quoique sa taille soit plus grande. Les tours de la spire sont élevés; l'angle spiral est d'environ 50°.

Niveau : Maestrichtien.

Gisements : Sangonakanga (province de Betioky). Marohitra (province de Mananjary).

Mesalia fasciata LAMARCK.

Pl. XXVI, fig. 7.

1929. H. DOUVILLÉ. Les couches à *Cardita Beaumonti, Paleont. Indica*, New Serie, vol. X, Mémoire n° 3, p. 16, pl. IV, fig. 1-4.

Les formes malgaches sont analogues à celles du Béloutchistan. Elles montrent trois cordons saillants sur les tours.

Niveau : Sénonien terminal.

Gisement : Ouest d'Edjeda (province de Betioky).

Bellardia vicina DOUVILLÉ.

Pl. XXVI, fig. 6.

1929. H. DOUVILLÉ. Les couches à *Cardita Beaumonti*, p. 53, pl. IX, fig. 7.

H. DOUVILLÉ a créé récemment cette espèce sur deux fragments des couches à *Cardita Beaumonti* du Sind. J'ai trouvé de nombreux exemplaires de cette forme dans les calcaires marneux d'Edjeda. Spire régulièrement conique, premiers tours lisses avec des lignes d'accroissement obliques. Grosses côtes obliques sur le dernier tour, s'arrêtant brusquement en arrière en laissant une bande lisse.

Niveau : Sénonien terminal.

Gisement : Ouest d'Edjeda (province de Betioky).

Haustator cf. **congregatus** DOUVILLÉ.

Pl. XXVI, fig. 11.

1929. H. DOUVILLÉ. Les couches à *Cardita Beaumonti*, p. 57, pl. IX, fig. 14-15.

Je rapproche de cette espèce de nombreux fragments caracté-

risés par leurs cordons spiraux fins qui, vers l'avant, forment un bourrelet saillant. Le milieu des tours est légèrement déprimé.

Niveau : Sénonien terminal.

Gisement : Ouest d'Edjeda (province de Betioky).

Volutocorbis indica DOUVILLÉ.

Pl. XXVI, fig. 10.

1929. H. DOUVILLÉ. Les couches à *Cardita Beaumonti*, p. 42, pl. VIII, fig. 15-19.

Espèce ornée de dix-huit côtes axiales, rapprochées, épaisses, découpées par de nombreux sillons spiraux.

Niveau : Sénonien terminal.

Gisement : Ouest d'Edjeda (province de Betioky).

Lyria cf. turgidula DESHAYES.

Pl. XXVI, fig. 8, 9.

1929. H. DOUVILLÉ. Mollusques fossiles, in *Mission scientifique en Perse*, par J. de MORGAN, t. III, partie IV, p. 291, pl. XL, fig. 11-14.

Je n'ai recueilli qu'un seul échantillon suffisamment bien conservé, tout à fait semblable aux figures d'H. DOUVILLÉ. Côtes longitudinales arrondies.

Niveau : Sénonien terminal.

Gisement : Ouest d'Edjeda (province de Betioky).

Lepidorbitoides socialis LEYMERIE.

Pl. XXVI, fig. 3.

1922. J. COTTREAU. Fossiles crétacés de la côte orientale, *Ann. de Paléont.*, t. XI, p. 115, pl. I, fig. 10.

Espèce généralement de petite taille ayant un diamètre moyen de 4 à 5 millimètres. Connue depuis longtemps sur la côte orientale d'où elle a été décrite par J. COTTREAU, elle a été retrouvée dans le Sud-Ouest par J. PIVETEAU. Je l'ai rencontrée en plusieurs endroits dans cette dernière région.

Niveau : Base du Sénonien supérieur malgache, dans des argiles situées immédiatement au-dessus des couches à radioles de *Cidaris mahafalensis*.

Gisements : Côte orientale (provinces de Vatomandry et de Mananjary). Route de Tongobory (province de Betioky).

Conocyathus Besairiei ALLOITEAU (1).

Pl. XXII, fig. 3, 3 a, 4.

Le genre a été créé par d'ORBIGNY (Note sur les Polypiers fossiles, f. 5, 1849) pour un polypier de la famille des Turnolidés.

Jusqu'ici il n'existait, à ma connaissance, qu'une seule espèce du genre, le *C. sulcatus* du Miocène des environs de Mayence.

L'échantillon de Madagascar est un polypier simple, trochoïde et sans trace d'adhérence, mais recouvert d'une forte épithèque. Le calice est circulaire. Les cloisons sont peu épaisses mais larges et portent des granulations latérales dont il m'a été impossible d'étudier la disposition. Elles sont inégales de deux en deux. Les grandes cloisons sont légèrement débordantes, arquées vers le centre du calice et forment seules des côtes épaisses et développées seulement sur le bord calicinal; les petites cloisons ne donnent pas de côtes.

La columelle paraît absente; cependant, sur une section longitudinale d'un échantillon mal préparé, j'ai cru reconnaître la présence de cet organe. Si la récolte d'autre échantillons permet de meilleures préparations, il y aura peut-être lieu de revenir sur la désignation générique.

La présence d'une couronne de palis est indiscutable et ceux-ci, lamelliformes, sont situés devant les cloisons du pénultième cycle.

Hauteur du polypier : 21 millimètres.

Diamètre du calice : 26 millimètres.

Nombre de cloisons : 92 (46 grandes et autant de petites).

Rapports et différences : *C. Besairiei* diffère nettement de *C. sulcatus* par la forme et le nombre des cloisons et aussi par le nombre des côtes et des palis.

Niveau : Campanien.

Gisements : Est de Mitraiky, Nord de Trangahy (province de Maintirano).

*
**

(1) Note rédigée par M. ALLOITEAU.

FOSSILES TERTIAIRES

Alveolina elliptica SOWERBY.

Pl. XXVII, fig. 3.

1925. NUTALL. Two species of Eocene Foraminifera from India, *Annals and Mag. of Nat. Hist.*, Ser. 9, XVI, p. 378, pl. XX, fig. 1-5.

Cette alvéoline, associée à *Flosculina subpyrenaica*, à *Nummulites stamineus* et à *N. atacicus* abonde dans les marnes et calcaires de l'Eocène du Sud-Ouest.

Niveau : Lutétien.

Gisements : Calcaires de la route de Tongobory, base du mont Tsitonga (province de Betioky). R. DOUVILLÉ a signalé cette espèce dans les calcaires nummulitiques de la province de Diégo.

Nummulites atacicus LEYMERIE.

Pl. XXVII, fig. 4 à 12.

1906. *Nummulites Biarritzensis* D'ARCHIAC *in* R. DOUVILLÉ. Sur quelques gisements nummulitiques de Madagascar, *Ann. de Paléont.*, t. I, p. 65, pl. I, fig. 1-2, 68, 13, 15.

1925. *Nummulites atacicus* LEYM. *in* NUTTAL. Stratigraphie of the Laki series of India. *Quat. Journal Geolog. Soc.*, t. LXXXI, p. 444, pl. XXV, fig. 1-6.

Ces Nummulites sont très voisines de *N. atacicus*, par l'aspect de la surface et de la coupe équatoriale. On voit sur un exemplaire 12 tours sur un rayon de 6,75 millimètres. D'ARCHIAC (1853, *Monographie des Nummulites*) donne pour *N. Biarritzensis* (= *N. Atacicus*) 12 tours pour un rayon de 6 millimètres.

La surface montre des filets cloisonnaires flexueux ou même méandriformes. La coupe équatoriale est remarquable par l'épaisseur de la lame spirale, qui est presque égale à la hauteur des chambres. Les cloisons sont assez droites, peu inclinées; les chambres sont variables, leur hauteur est égale à leur largeur ou est un peu plus grande. Dans le quart du huitième tour, on doit compter 11 cloisons d'après DE LA HARPE. Or, ici, nous avons de 9 à 11 cloisons.

R. DOUVILLÉ a figuré des échantillons provenant du Nord de Madagascar qui, quoique voisins, sont légèrement différents. Les coupes équatoriales montrent des cloisons courbées à leur partie supérieure, les chambres sont plus basses, leur hauteur étant presque toujours inférieure à leur largeur.

Niveau : Mauvais fossile de niveau, se trouve à la fois dans l'Eocène inférieur et moyen.

Gisements : Toute la bande marneuse près de la base des calcaires éocènes du Sud-Ouest, en particulier route de Tongobory aux environs d'Itafika, base du Mont Ianakatsamby (province de Betioky).

Echinolampas sp.

Pl. XXVII, fig. 2.

Je rapporte au genre *Echinolampas* un Echinide en mauvais état de conservation dont les cassures du test masquent le périprocte. La zone antérieure, beaucoup plus courte que la postérieure, indique bien que l'on a affaire à ce genre et non au genre *Echinantus*.

Test mesurant 40×35×23 millimètres. Apex excentrique en avant. Le maximum de hauteur est en arrière de l'apex. Les ambulacres peu larges sont très légèrement inégaux.

Rapports et différences : *Echinolampas goujoni* COTTEAU, de l'Eocène de Tunisie a des ambulacres plus larges. *E. globulus* LAUBE d'Egypte est plus allongé. La forme malgache se rapproche un peu de *E. sulcatus* POMEL de l'Oligocène de Tunisie, mais cette dernière espèce est plus allongée. Les formes indiennes ne présentent pas de rapports avec notre espèce. C'est surtout l'*E. subcylindricus* DESOR qui présente le plus de ressemblance.

Niveau : Eocène moyen, niveau supérieur des couches à *Nummulites atacicus*.

Gisement : Partie moyenne du mont Tsitonga (province de Betioky).

Ostrea pelecydion FISCHER.

Pl. XXVII, fig. 1, 1 a.

1871. FISCHER. Sur l'existence du terrain tertiaire inférieur à Madagascar, *C. R. Ac. Sc.*, t. LXXIII, p. 1392.

Cette espèce créée par FISCHER n'avait pas été figurée.

Niveau : Marnes miocènes à *Cyphus arenarius*.

Gisements : Toutes les marnes de ce niveau dans le Sud-Ouest et le Sud.

SIXIÈME PARTIE

TRAVAUX GÉODÉSIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

Dès le début de l'occupation française à Madagascar, le Service géographique de l'Armée a entrepris une triangulation générale de l'île qui s'est poursuivie jusqu'en 1914. Cette triangulation formée d'un réseau de plusieurs chaînes couvrait, en Premier ordre, à peu près toute l'île, mais sa précision laissait à désirer en plusieurs points. D'autre part, beaucoup de signaux, mal entretenus, avaient disparu. L'extension de la colonisation amena le Service géographique à reprendre de nouvelles chaînes et, depuis 1920, une seconde triangulation de Premier ordre a été entreprise.

L'ancienne triangulation donnait les points géodésiques en coordonnées géographiques. La nouvelle, emploie un système plus commode de coordonnées rectangulaires.

Dans les régions que j'ai étudiées, je ne disposais comme document topographique que de la carte de reconnaissance au 1.500.000e, beaucoup trop erronée pour servir de base aux levés géologiques.

Ayant à faire des cartes géologiques, j'avais à choisir entre deux méthodes : d'une part, lever mes cartes suivant les procédés d'itinéraires ou, d'autre part, effectuer des levés réguliers à la planchette, en m'appuyant sur un canevas géodésique.

Le levé d'itinéraire, *si l'on veut faire une carte assez précise*, est à mon avis bien difficilement applicable au travail géologique de détail. On ne peut, en effet, consulter sa montre en même temps que casser des roches ou chercher des fossiles. De plus, la carte obtenue doit être suffisamment exacte pour pouvoir y trouver immédiatement les éléments nécessaires à la demande d'un permis de recherches minières.

J'ai préféré prendre la deuxième méthode et effectuer des levés réguliers. J'ai dû, pour cela, faire des triangulations de complétage en m'appuyant sur les chaînes géodésiques de premier ordre.

J'ai utilisé le concours d'un géomètre indigène pour les mesures des tours d'horizons, mais j'ai calculé moi-même les coordonnées.

Le canevas une fois fait, j'ai tracé mes contours à la planchette par les procédés ordinaires des levés à échelle moyenne, relève-

ments et intersections. Dans les cas d'anomalies magnétiques, fréquentes au voisinage des basaltes, j'ai employé surtout le procédé de relèvement du problème de la carte en me servant de papier calque.

*
**

TRIANGULATION DE RECONNAISSANCE DANS LA REGION SAKAMENA-SAKOA

Cette triangulation a été effectuée pour servir aux levés des contours géologiques de feuilles F. 59 (Sakamena) et G. 59 (Sakoa). Elle s'appuie sur la base de premier ordre Vohibory-Vohipotsy (ancienne triangulation du Service géographique : Capitaine TIXIER, 1901) et sur certains côtés d'une triangulation faite en 1919, par M. HOFFMANN dans la région de Benenitra.

Certains points d'importance secondaire ont été calculés en négligeant la correction de réduction au centre de la station. Dans le tableau des coordonnées, les points obtenus avec des triangles dont les trois angles ont été mesurés, et avec, s'il y a lieu, correction de réduction au centre, sont marqués d'un astérisque.

Observations. — En principe, station sur tous les points. Une double série d'azimestats avec un théodolite donnant la minute sexagésimale.

Erreurs de fermeture des triangles. — Inférieures à 4 minutes sexagésimales.

Fermeture en longueur. — Le calcul du côté Vohipotsy-Vohibazaha, en partant de la base de premier ordre Vohipotsy-Vohibory, par l'intermédiaire du Beteny et de l'Irangotsy, a donné 28620 mètres. La triangulation de premier ordre donne 28.650 mètres. La différence est de trente mètres, ce qui correspond sensiblement au 1/1.000[e] de la distance.

Calcul des coordonnées. — Les coordonnées rectangulaires sont rapportées à l'origine Vohibory. Les orientements sont déduits les uns des autres par simple addition des angles des triangles. Orientement initial : gisement Vohibory-Vohipotsy.

(1) Des rapports sur cette triangulation et sur les suivantes, comportant les tours d'horizons et la marche des calculs, ont été déposés au Service Géographique de l'Armée à Tananarive.

TABLEAU DES COORDONNEES RAPPORTEES A L'ORIGINE VOHIBORY

13	Hatakaliotsy	W 9899,8	N 3225,5	Triangulation Hoffmann 1919
18	Maroana	E 7980,8	S 18442,2	
19	Vohipotsy	W 19412,3	S 31094,2	
57	Beteny	W 3994,8	S 151323,	
59	Ouest d'Ambatomiarina *bis*.	W 11388,7	S 4168,7	
62	Ambindavato Ouest	W 14071	S 12708	
63	Menataindambo *	E 4952	S 27239	
64	Lanosy *	E 1046	S 21907	
65	Mandabe Sud *	W 4634	S 28241	
66	Marolombo *	W 7494	S 31096	
67	Vohimariry Nord *	W 6417	S 25870	
68	Betsioky *	W 9971	S 17009	
69	Vohipiso *	W 16500	S 17749	
71	Irangotsy *	W 25204	S 20721	
73	Anteneny *	W 34807	S 14650	
74	Andranopiso *	W 32583	S 17477	
75	Andranonkira *	W 30833	S 9552	
76	Ouest Vohipanana *	W 25762	S 1517	
77	Anjahandroa *	W 41247	S 29767	
78	Ambatokapika *	W 43008	S 25987	
79	Moteny *	W 39315	S 22354	
80	Vohitsaoly *	W 50612	S 15530	
81	Vohimalio *	W 54385	S 29052	
83	Vohibazaha *	W 47574	S 36350	
87	Tsiombitrimo	W 38977	N 1462	
88	Tainamboaratsy	W 45350	S 4002	
89	Point A	W 21734	S 19662	
94	Antohabato	E 12075	S 35142	
104	Eliva	W 51695	S 38018	

*
**

QUELQUES POINTS DE COMPLÉTAGE DANS LA RÉGION DE BETIOKY

Cette triangulation a été effectuée pour servir aux levés géologiques de la feuille E. 59 (Betioky). Elle s'appuie sur la nouvelle triangulation en coordonnées rectangulaires du Service Géographique, dont une chaîne est arrivée, à la fin de 1927, dans la région de Betioky, et sur certains côtés de ma triangulation Sakamena-Sakoa, dont j'ai recalculé les valeurs.

Observations. — Cercle azimutal donnant la demi-minute sexagésimale. Une double série d'azimestats. Pour le calcul du point Sangonakanga trois doubles séries.

Calcul des triangles. — Les points de premier ordre utilisés sont: Tainamboaratsy, Ianakatsamby, Ankaintana, Ambatolahy, Vohibazaha. Le point principal ayant servi au canevas des levés du Menarandroy est le *Sangonakanga,* calculé avec la base Tainamboaratsy-Ianakatsamby, station aux trois points, trois doubles séries, réduction au centre. Erreur de fermeture + 0' 04". Pas d'autres vérifications, le signal d'Ambatolahy n'ayant pu être visé.

Le point principal de la zone Ouest est le Bereseka, calculé par relèvement sur Ankaintana-Ambatolahy-Ianakatsamby, et vérifié par une quatrième visée sur Tsitonga. Différence sur le côté Andranolahy-Bereseka : 3 mètres

Ranonda, calculé sur base Tainamboaratsy-Sangonakanga, avec station en ces deux points.

Vohimalio, calculé sur base Vohibazaha-Eliva, avec station au Vohibazaha et au Vohimalio.

Betioky, calculé sur base Tainamboaratsy-Ivohibe, avec station au Tainamboaratsy et à Betioky.

Vohitsaoly, calculé sur base Vohibazaha-Irangotsy, avec station aux trois points. Vérifié par triangle Tainamboaratsy-Irangotsy-Vohitsaoly. La différence sur le côté Vohitsaoly-Irangotsy est de trois mètres.

Calcul des coordonnées. — Coordonnées rectangulaires simples sur les axes du nouveau système.

TABLEAU DES COORDONNEES

	X	Y	Altitude	Observations
Tainamboaratsy. . .	268.450,58	201 003,24	405	1er Ord. Armée
Andranolahy.	286 523,57	170 314,36		»
Ankaintana.	267 549,95	147 649,33		»
Ianakatsamby.	262 133,57	176 172,60		»
Vohibazaha.	236 116,10	199 085,21	451	»
Ivohibe.	286 855,30	188 336,90		3e Ord. Armée
Eliva.	234 420,50	194 982,00	396	»
Sangonakanga. . . .	280 190	179 813		
Bereseka.	264 738	156 218		
Ranonda.	266 882	181 720		

Vohimalio.	243 025	191 882
Betioky.	265 218	189 555
Vohitsaoly.	256 893	195 854

*
**

TRIANGULATION DE LA REGION D'ANDRAFIAVELO

Cette triangulation a été effectuée pour servir de base aux levés des contours géologiques de la feuille d'Andrafiavelo, et aussi, pour permettre de poser des périmètres de recherches pour pétrole. Elle s'appuie sur les côtés des triangles des points de premier ordre de la nouvelle triangulation Ampiketraha-Ambohipisaka-Andranovorikolo-Ambohibe Ouest.

L'établissement de cette triangulation a été mené de manière à retarder le moins possible le travail géologique, tout en assurant aux levés une exactitude suffisante.

La région la plus importante de la feuille est la zone d'Andrafiavelo. Dans l'impossibilité où je me suis trouvé d'y amener rapidement quelques triangles, j'ai dû mesurer une base à la lunette alidade stadimétrique, et j'ai commencé à tracer mes contours sur un canevas bâti au théodolite sur cette base. Cette base mesurée a ensuite servi de vérification.

Il m'a été impossible d'amener l'enchaînement des triangles dans la région Sud d'Andrafiavelo. J'ai mesuré là une autre base; mais je n'ai pour cette partie aucune vérification. Le travail à la planchette ne m'a pas révélé d'erreurs appréciables.

Pour permettre des rectifications ultérieures, j'aurais désiré prendre, comme sommets de mon canevas, les points reconnus pour le complétage du Service Géographique et où des signaux ont été construits. Cela ne m'a pas toujours été possible.

Observations. — Une série d'azimestats (cercle à droite et cercle à gauche).

Calcul des triangles. — Bases de départ. Points de premier ordre : Ambohipisaka, Ampiketraha, Ambohibe-Ouest, Andronovorikolo.

Les points Dune-Blanche et Angingorabe n'ont pu être utilisés.

Erreurs de fermeture des triangles. — Généralement inférieurs à

deux minutes sexagésimales, au moins pour la zone Andrafiavelo-Bemoky.

Fermeture en longueur. — Une partie de la triangulation a été vérifiée par une mesure de base.

Longueur mesurée.....	3.399 mètres.
Longueur calculée.....	3.403 mètres.
Différence.....	4 mètres.

La mesure de cette base, faite à la lunette alidale stadimétrique présente une certaine incertitude, mais donne néanmoins un ordre de grandeur de l'erreur commise.

Coordonnées. — Coordonnées rectangulaires rapportées au nouveau système.

En résumé, la précision de cette triangulation laisse beaucoup à désirer. Je la crois cependant suffisante pour les levées des contours géologiques sur une carte au 1/100.000^{e}. A une échelle plus grande, et pour les levés de détail, elle serait insuffisante.

TABLEAU DES COORDONNEES

Ambohibe.....	932 933	171 197	1er Ord. Armée
Andranovorikolo.....	948 767	169 471	»
Ambohipisaka.....	939 313	190 667	»
Dune Blanche.....	929 850	146 444	»
Angingorabe.....	942 096	149 119	»
Ampiketraha.....	911 672	202 158	»
Anjia.....	920 510	193 079	2e Ord. Armée
Ankilimanarivo I.....	922 244	164 319	
Ankilimanarivo II.....	925 175	166 048	
Tongobory.....	918 918	162 103	
Andolobetroka.....	917 633	160 539	
Ambatolahy.....	928 812	165 057	
Betaboara.....	937 262	172 134	
Colline H.....	915 903	162 808	
Gros-Sakoa.....	915 893	165 676	
W. Ankilitoka.....	907 567	157 937	
Analaranga.....	930 178	156 329	
S. W. Bemoky.....	942 109	169 868	
S. W. Antamotamo.....	902 459	161 762	

***

TRIANGULATION DE RECONNAISSANCE DANS LA RÉGION DE BETROKA A BEKILY

Observations. — Une double série d'azimestats avec un cercle donnant les trente secondes sexagésimales.

Bases de départ :

Côtés Anarambola-Morariva.....	log. 4.86628
Côtés Moraviva-Ivohipolaka (Contrefort)...	log. 4.17321
Côtés Anarambola-Ivohipolaka (Contrefort).	log. 4.94297

des anciennes triangulations Dumezil (1898) et Lallemand (1898) du Service Géographique.

Calculs des triangles. — En général, les triangles n'ont que deux angles mesurés. Bien qu'ils aient souvent des côtés de plus de 50 kilomètres, l'excès sphérique a été négligé, car, par suite de la forme allongée des triangles et de leur superficie réduite, cet excès est très notablement inférieur à la précision des mesures.

Les points marqués de deux astérisques sur le tableau des coordonnées comportent le maximum de précision. Ce sont :

Vohitrongo Nord. — Côté Morariva-Vohitrongongo Nord, dans les triangles :

Morariva.....	27.059 m.	Morariva.....	27.046 m.
Vohitrongongo. . . .		Vohitrongongo. . . .	
Anarambola.....		Anarambola.....	

soit une différence de 13 mètres.

Lambosy. — Erreur de fermeture du triangle :

Lambosy.....	46"
Anarambola.....	
Morariva.....	

Andriamatoy. — Côté Morariva-Andriamatoy dans triangles :

Morariva.....	60.013 m.	Morariva.....	59.993 m.
Andriamatoy.....		Lambosy.....	
Anarambola.....		Andriamatoy.....	

soit une différence de 20 mètres.

Les points marqués d'un seul astérisque sont établis avec moins de précision. On a négligé la correction de réduction au centre du signal. Ils possèdent néanmoins des vérifications.

Les points situés au Sud de l'Anarambola, ne comportent pas de vérifications. Ils sont calculés à partir de la base Anarambola-Ivohipolaka par l'intermédiaire du côté Anarambola-Manakoliva.

Coordonnées. — Les coordonnées rectangulaires sont rapportées à l'origine Anarambola; les orientements sont déduits les uns des autres par simple addition des angles des triangles.

Cette triangulation établie très rapidement peut néanmoins servir de première base pour des travaux topographiques. Il suffirait d'ailleurs de faire intervenir un tour d'horizon du Tsitonganakanga pour lui donner les vérifications qui lui manquent.

TABLEAU DES COORDONNEES RECTANGULAIRES RAPPORTEES A L'ANARAMBOLA

Vohitrongogo **	E 25651	N 82592	
Lambosy **	E 7106	N 81502	
Aranany Sud *	W 3926	N 38127	
Aranany Nord *	W 2470	N 48715	
Andriamatoy **	W 10713	N 31070	
Morariva.	E 41494	N 60665	1er Ord. Armée
Ivohipolaka.	E 45369	N 75045	3e Ord. Armée
Ivohiby **	W 27575	N 54236	
Manakoliva.	E 2315	S 22883	
Soamanonga.	W 16041	S 16856	
Vohipary.	W 9076	S 87819	
Mafilefy.	E 2555	S 78710	
Nanalo.	W 24727	S 66562	

CONCLUSIONS

L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES SUR LA GÉOLOGIE DES TERRAINS SÉDIMENTAIRES DE MADAGASCAR

Dans ce chapitre, j'essaie de situer les résultats de mes travaux dans le cadre général de la stratigraphie de Madagascar, ce qui m'amène à exposer en quelques pages l'état actuel de nos connaissances.

Les dépliants que l'on trouvera dans les hors-textes synthétisent mes observations. Le premier d'entre-eux intitulé « *Les variations latérales du Karroo malgache* » résume tout ce que l'on sait sur ce grand système. Les coupes des deux autres indiquent les grandes lignes de la stratigraphie du Sud-Ouest et de l'Ouest.

*
**

STRATIGRAPHIE

LE KARROO

J'ai longuement étudié le Karroo dans plusieurs chapitres de ce livre. Il est donc inutile d'y revenir ici (1). Je rappellerai seulement que ce système prend son plein développement dans le Sud-Ouest où il se divise en trois groupes : Sakoa, Sakamena, Isalo. Le sommet du groupe de la Sakoa et plusieurs niveaux du groupe de la Sakamena correspondent à des couches marines intercalées dans des formations à plantes. Dans le Nord de l'Ile, le groupe de la Sakamena est représenté par des dépôts marins à Poissons et à Ammonites.

De toutes les formations sédimentaires malgaches, c'est le Karroo qui possède la plus grande importance au point de vue économique. Le groupe de la Sakoa renferme un magnifique bassin charbonnier; le groupe de l'Isalo est par endroits fortement imprégné de bitume.

(1) L. Barrabé a donné, page 77 de son mémoire, *op. cit.*, une corrélation des formations permo-triasiques du Gondwana. Je signale qu'une erreur s'est glissée dans la première colonne de son tableau relative au Sud-Ouest de Madagascar : Les *gangamopteris* n'existent, ni dans les grès de l'Eliva et de Ranohira, ni dans la série rouge inférieure.

LE LIAS

Non indentifié dans le Sud-Ouest où son existence est possible, le Lias est connu d'une manière assez douteuse dans la province de Morondava. On attribue au Lias supérieur la base des calcaires du Bemaraha dans l'Ouest. C'est surtout dans la province de Maevetanana, aux environs de Sitampiky, qu'est représenté le Lias supérieur fossilifère à *Bouleiceras nitescens* et *Spiriferina*. Nous ne savons rien sur l'extension du Lias dans la région Nord de la Betsiboka, mais on retrouve ces formations dans la province de Nossy-Be où elles montrent des niveaux marins à *Harpoceras* et *Spiriferina* avec des intercalations de couches à plantes. Enfin, dans l'extrême Nord, des *Spiriferina* ont été signalées à la base de la série calcaire surmontant les grès du Karroo.

LE JURASSIQUE MOYEN

Le Jurassique moyen, essentiellement calcaire, se poursuit dans tout l'Ouest de Madagascar jusqu'à la pointe Nord-Est de l'île. Il est pauvre en Ammonites et sa stratigraphie de détail reste encore à établir. Dans le Sud-Ouest, le seul bon fossile stratigraphique est le *Cadomites rectelobatus*, d'âge Bathonien supérieur que j'ai trouvé tout à fait au sommet de l'ensemble calcaire du Jurassique moyen. Le Jurassique moyen du Sud-Ouest comprend un niveau lacustre à bois fossile qui passe vraisemblablement aux couches à Dinosauriens du Nord de l'Onilahy. On ne sait rien sur les formations comprises entre le Fiherenana et le Manambolo. La stratigraphie du Bemaraha est encore à faire; on y connaît néanmoins quelques fossiles mais peu caractéristiques. Dans la région de Sitampiky, on a reconnu depuis longtemps l'existence d'un Bajocien laguno-marin avec reptiles à la base, surmonté de couches marines à *Sonninia decora*. Dans la région d'Analalava, le Jurassique moyen, mal connu, renferme des couches à Dinosauriens intercalées dans des calcaires. Ce sous-système est signalé dans le Nord d'après les travaux de P. Lemoine, mais les divisions manquent.

Le Jurassique moyen est un des terrains les moins connus de Madagascar. Il n'a pas encore fait l'objet d'études suffisamment détaillées. Sa nature très compacte empêche de dégager les rares fossiles, mais certaines couches marneuses fossilifères rencon-

trées sporadiquement et fournissant surtout des Echinides permettront d'effectuer des coupures.

DU CALLOVIEN AU KIMERIDGIEN

Ces étages sont bien connus dans le Sud-Ouest. Dans la région de Betioky, je n'ai guère pu montrer que le beau développement de la faune callovienne à *Macrocephalites macrocephalus, Phylloceras, Pygurus depressus*, etc... E. BASSE, d'après les récoltes de COLCANAP provenant du Nord de l'Onilahy, a signalé de belles faunes d'*Aspidoceras* se répartissant dans l'Oxfordien, le Lusitanien et le Kimeridgien.

Après la lacune habituelle de nos connaissances correspondant à la région comprise entre le Fiherenana et le Manambolo, où l'on ne connaît encore qu'un Kimeridgien douteux au Sud de la Tsiribihina, nous retrouvons la première partie du Jurassique supérieur dans la province de Maintirano avec un Callovien à *Pygurus* et à *Peltoceras* signalé par L. BARRABÉ. J'ai trouvé là des couches à Echinides dont l'âge reste mal défini, mais dont certaines montent dans le Lusitanien. Le Kimeridgien présente une belle faune découverte par MOUNEYRE et BARON, mieux connue depuis les explorations de L. BERTRAND, L. JOLEAUD, L. BARRABÉ et comprenant *Perisphinctes denseplicatus, Lissoceras elimatum, Hecticoceras Kobelli*. Plus au Nord, L. BARRABÉ a montré l'existence dans la région de Sitampiky de deux zones dans le Callovien (*Macrocephalites* et *Reineckeia*) et de l'Oxfordien à *Peltoceras*. Le Lusitanien et le Kimeridgen n'ont pas fourni de fossiles.

Au Nord de la Betsiboka, certains étages ont été signalés sporadiquement (Oxfordien à Ankirihitra, Kimeridgien à Ambaliha). C'est surtout dans la région d'Analalava que tout l'ensemble du Callovien au Kimeridgien est bien connu d'après les travaux paléontologiques de P. LEMOINE, mais la distinction des niveaux sur le terrain reste à faire.

LE TITHONIQUE ET NÉOCOMIEN

Je suis conduit à grouper ces étages, généralement transgressifs, dont la stratigraphie de détail, faute de fossiles caractéristiques, n'est pas encore bien claire.

Dans le Sud-Ouest, le Tithonique et le Valanginien manquent.

L'Hauterivien, sous forme de grès à *Duvalia dilatata* est visible dans la province de Betioky.

Dans la province de Maintirano, j'ai pu rattacher la série marneuse connue sous le nom de marnes à *Duvalia* au Tithonique et à la base du Valanginien. Une division en zones de ces marnes est certainement possible et c'est dans ce but que j'ai étudié et décrit les faunes de Belemnites. J'ai montré de plus l'existence de calcaires valanginiens à *Hoplites Michaelis* et *Holcostephanus mojsvari.*

Vers Sitampiky, le Tithonique non fossilifère existe.

Dans la province de Maevetanana, COLCANAP a recueilli à Ankarano une superbe faune à *Hoplites* cf. *Malbosi, Holcostephanus Atherstoni, Astieria,* non encore étudiée mais rattachée provisoirement au Berriasien. Dans la même région, GIRAUD a ramassé des fossiles qu'il rapporte au Barrémien. Enfin, dans la vallée de l'Ankarano une faune à *Neocomites neocomiensis* a été attribuée par L. BARRABÉ au sommet du Valanginien ou à l'Hauterivien. L'étude détaillée de ces gisements, où abondent les Ammonites, ne pourra manquer d'apporter d'utiles précisions à la connaissance de ces formations; elle permettra peut-être aussi de résoudre le problème de l'âge des *Uitenhage Series* de l'Afrique australe. Près de Port-Radama, dans la province d'Analalava, on connaît des couches à *Duvalia silesiaca* dont l'âge exact est indéterminé. Enfin dans le Nord, P. LEMOINE a signalé *Hoplites Andreœi* du Tithonique près d'Ampombiantombo, puis des marnes à *Duvalia* et *Holcostephanus* (Valanginien?) dans la vallée du Rodo.

LA PARTIE MOYENNE DU CRÉTACÉ

Les grandes coulées volcaniques qui jouent un rôle très important dans la géologie de Madagascar forment une excellente coupure. Elles se trouvent à la partie supérieure d'un complexe gréseux comprenant parfois l'Aptien, l'Albien, le Cénomanien, le Turonien et le Coniacien. C'est cet ensemble que j'appelle la partie moyenne du Crétacé. Dans le Sud-Ouest, l'Aptien n'est connu qu'au Nord de l'Onilahy, mais sa faune n'est pas encore étudiée. L'Albien est représenté par *Douvilleiceras mamillare, Mortoniceras inflatum,* le Cénomanien, par de nombreux *Acanthoceras, Forbesiceras obtectum, Scaphites œqualis-obliquus, Turrilites costatus,* le Turonien par *Fagesia superstes, Neoptychites cepha-*

lotus, Inoceramus labiatus, le Coniacien, par *Barroisiceras Haberfellneri, Inoceramus madagascariensis.*

Dans la province de Maintirano, la seule région fossilifère se trouve au Sud d'Antsalova. L. BARRABÉ reconnaît de l'Aptien à la base (*Cheloniceras*). L'Albien existe certainement mais jusqu'à présent n'a pas fourni de fossiles. J'ai montré l'existence du Cénomanien à *Forbesiceras Largilliertianum* et *Alectryonia carinata,* du Turonien inférieur avec une belle faune à *Fagesia superstes, Neoptychites cephalotus, Inoceramus labiatus,* etc., du Turonien supérieur à *Inoceramus Andersoni* et enfin du Coniacien représenté par des grès azoïques.

Dans la région de Sitampiky, le complexe gréseux comprend, d'après L. BARRABÉ, les couches d'Ambarimadinga avec, à la base, de l'Aptien à *Parahoplites Deshayesi* surmonté d'un Albien à *Douvilleiceras mamillare.* Les terrains qui font suite, et où jusqu'ici il n'a pas été trouvé de fossiles, montent vraisemblablement encore jusqu'au Coniacien.

Dans la région d'Analalava, près de Port Radama, l'Aptien à *Schloenbachia* est connu, de même qu'une faune du Crétacé moyen à *Phylloceras Velledæ, Lytoceras Sacya, Puzosia planulata.*

La région Nord a montré à P. LEMOINE des marnes aptiennes à *Parahoplites Deshayesi,* de l'Albien gréseux à *Mortoniceras inflatum* (l'Albien inférieur existe peut-être mais n'est pas visible), puis une série gréseuse avec du Cénomanien à *Acanthoceras* dont M. COLLIGNON vient de faire connaître une belle faune pyriteuse à *Scaphites æqualis-obliquus.* Les grès se poursuivent avec du Turonien à *Prionotropis Alluaudi, Pachydiscus rotalinus* et du Coniacien à *Barroisiceras Haberfellneri. Peroniceras subtricarinatum.* Les coulées volcaniques antésantoniennes n'existent pas au sommet de l'ensemble.

LE SANTONIEN

Dans le Sud-Ouest, le Santonien manque. Le Menabe a fourni *Mortoniceras texanum* et *Hauericeras Gardeni.* Dans la province de Maintirano, j'ai montré l'existence de trois zones d'Ammonites : *Mortoniceras texanum, Hauericeras Gardeni, Schloenbachia umbulazi.*

Dans la région de Majunga, le Sénonien inférieur, que je rap-

porte au Santonien (1), puisqu'il recouvre les coulées volcaniques, renferme des Dinosauriens : *Megalosaurus, Titanosaurus* et des dents de *Stegosaurus*.

Le Santonien affleure dans le Nord. Il était connu depuis les travaux de P. LEMOINE. J'ai montré (2) la présence de plusieurs niveaux fossilifères. L'un d'entre eux renferme une faune pyriteuse semblable à celle des marnes de Tsianaloky équivalent de la zone à *Mortoniceras texanum*. La présence de *Placenticeras syrtale* implique l'existence du Santonien supérieur.

LE SÉNONIEN SUPÉRIEUR

Le Sénonien supérieur est transgressif partout où il affleure. Dans l'Ouest, j'ai pu fixer exactement l'âge de cette transgression qui débute avec la Zone à *Mortoniceras Delawarense* du Campanien moyen.

Un des points des plus intéressants de mes recherches a été de montrer l'existence de deux niveaux. Le niveau inférieur, que je propose d'appeler *niveau d'Andrakaraka*, caractérisé surtout par *Alectryonia ungulata*, va du Campanien moyen jusqu'au Maestrichtien inférieur. Le niveau supérieur ou *niveau d'Andrafiavelo* renferme *Hemiaster madagascariensis, Pycnodonta vesicularis* et correspond au Maestrichtien supérieur.

Dans le Sud, le niveau d'Andrakaraka non fossilifère est surmonté par le Maestrichtien supérieur à *Bellardia vicina*. Dans le Sud-Ouest, le niveau inférieur correspondant à des grès à *Cidaris mahafalensis, Alectryonia ungulata* est recouvert par des calcaires à *Hemiaster madagascariensis*.

Le niveau d'Andrakaraka existe au Menabé où il renferme *Mortoniceras Delawarense, Pachydiscus Twenianus*.

C'est dans la province de Maintirano que j'ai pris le type des deux niveaux. Les couches d'Andrakaraka renferment *Mortoniceras Delawarense* à la base, puis *Hoplites Vari* (Campanien) et *Pachydiscus gollevillensis* (Maestrichtien inférieur) ; on y trouve en outre de nombreux Echinides : *Seunaster Gauthieri, Hemiaster Jacobi, Hemiaster cristatus*. Les couches d'Andrafiavelo contien-

(1) Ces couches étaient jusqu'à présent considérées comme turoniennes.
(2) H. BESAIRIE. Contribution à l'étude stratigraphique de la Montagne des Français (Nord de Madagascar). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 60, 1930.

nent *Hemiaster madagascariensis, Pycnodonta vesicularis, Baculites vagina.*

Dans la région de Majunga, les deux niveaux existent dans les récoltes de H. PERRIER DE LA BATHIE et de L. BARRABÉ. Le premier de ces auteurs a montré la continuation du Sénonien supérieur jusqu'à la Mahajamba.

Dans le Nord, le niveau d'Andrakaraka correspond surtout aux couches à Echinides de la Montagne des Français renfermant *Seunaster Gauthieri, Hemiaster Jacobi.* Je considère le conglomérat à fossiles roulés d'Ambatomiarina qui se trouve immédiatement au-dessous des couches à Echinides comme l'équivalent du conglomérat d'Andrakaraka. C'est là la base de la grande transgression du Sénonien supérieur. Le niveau d'Andrafiavelo est représenté par des couches sans fossiles.

Enfin, sur plusieurs points de la côte orientale, les deux niveaux du Sénonien supérieur sont connus mais n'ont pas été séparés sur le terrain.

L'ÉOCÈNE

Dans tout Madagascar une lacune correspond à l'Eocène inférieur. Certains grès sans fossiles de la province de Maintirano situés au-dessus de calcaires à *Hercoglossa danica* représentent peut être les couches de passage du Secondaire au Tertiaire ou l'extrême base de ce dernier.

L'Eocène moyen est bien développé dans le Sud-Ouest où il est caractérisé surtout par *Nummulites stamineus* et *N. atacicus.* Dans la province de Maintirano, il correspond aux calcaires à Biloculines du bas-Manambao. On connaît également l'Eocène moyen à Nummulites au Nord de la baie de la Mahajamba, à Maromomy, Nosy lava, Port Radama.

Dans le Nord, P. LEMOINE a indiqué l'existence de Nummulites dans des calcaires appartenant à ce sous-système; comme dans le Sud on trouve encore *N. atacicus.*

L'OLIGOCÈNE ET LE MIOCÈNE

L'Oligocène n'est connu que dans l'extrême Nord où P. LEMOINE a trouvé des Lépidocyclines du Stampien. Partout ailleurs une importante lacune se place entre les calcaires éocènes dont

nous ne savons pas dater la partie supérieure et les formations transgressives du Miocène.

Dans le Sud et le Sud-Ouest, le Miocène est représenté par des calcaires et des marnes à *Ostrea pelecydion, Cyphus arenarius, Lepidocyclina*. J'ai montré l'extension de ces couches qui constituent la plus grande partie du plateau calcaire.

Le Miocène doit se prolonger tout le long de la côte Ouest où il est généralement masqué par des sables récents et actuels. On le connaît à Besalampy et aux environs de Majunga où il a donné de belles faunes étudiées par M. COLLIGNON et J. COTTREAU.

Enfin, dans l'extrême Nord, P. LEMOINE a signalé des couches à Lepidocyclines représentant l'Aquitanien et le Burdigalien.

LES FORMATIONS RÉCENTES

Dans le Sud, les formations récentes correspondent à des grès et à des calcaires renfermant des espèces vivant encore actuellement et où s'intercalent des argiles à ossements d'hippopotames et de lémuriens. Ces Vertébrés sont également connus en un grand nombre de points de l'île et jusque dans l'intérieur des hauts plateaux.

Les formations récentes les plus communes sont des sables, sans doute d'origine éolienne, qui recouvrent une grande partie des régions côtières mais qui, faute de fossiles, ne peuvent être datés exactement.

On doit à H. PERRIER DE LA BATHIE la très intéressante découverte d'une transgression marine récente qui a déposé des huîtres appartenant à des espèces vivant encore actuellement jusqu'à 70 kilomètres à l'intérieur des terres dans la région de Majunga.

Des formations récentes existent encore sur les hauts plateaux cristallins : elles constituent, en particulier, le bassin lacustre d'Ambatolampy.

***

PALÉOGÉOGRAPHIE

Il serait prématuré de vouloir indiquer les grandes lignes de la paléogéographie malgache. Nous ne savons pas grand chose sur beaucoup de régions et l'interpolation de résultats acquis dans des points éloignés conduirait à des erreurs.

Mes explorations m'ont amené à préciser davantage certaines

affinités entre les faunes malgaches et celles des pays lointains.

A l'époque de l'Oolithe moyen, les affinités indiennes sont grandes. On sait depuis longtemps qu'au Jurassique terminal et au début du Néocomien, Madagascar se reliait à la province méditerranéenne caractérisée par l'abondance des *Duvalia*. Au Crétacé moyen les analogies indiennes persistent, mais, surtout au Cénomanien, des échanges se manifestent avec l'Afrique du Nord. Les belles faunes turoniennes que j'ai récoltées accentuent les affinités avec cette dernière région. Au Crétacé supérieur les formes indiennes prédominent, mais des faunes spéciales se localisent dans le canal de Mozambique, en particulier pendant l'époque de la forte régression Santonienne. Au moment de la grande transgression du Sénonien supérieur les échanges s'effectuent avec des régions plus lointaines, en particulier avec l'Europe (*Echinocorys tenui-tuberculatus*) et aussi avec l'Amérique du Sud (*Pachydiscus* aff. *Quiriquinae, Hoplitoplacenticeras plasticus*).

L'Eocène témoigne d'affinités indiennes (*Nummulites stamineus*, la faunule d'Echinides du Sud-Ouest) et aussi méditerranéennes.

⁂

GÉOLOGIE APPLIQUÉE

Le résultat le plus important de mes recherches a été la découverte d'affleurements de charbon sur une longueur de 60 kilomètres. Ces affleurements, reliant le bassin du Ianapera à celui de la Sakoa, permettent de parler d'un très important bassin charbonnier, absolument continu dans le Sud-Ouest de Madagascar, et dont les réserves probables ne sont pas loin d'atteindre vingt milliards de tonnes (calculées jusqu'à 1.800 mètres de profondeur). Je rappelle qu'au point de vue de la qualité du charbon, nos connaissances se limitent à la région de la Sakoa. Cette dernière n'occupant que le tiers environ du bassin, il est possible que la partie restante ménage d'heureuses surprises, tant au point de vue pouvoir calorifique, qu'au point de vue teneur en cendres ou aptitude à la cokéfaction.

En ce qui concerne la question du pétrole, mes travaux se sont appliqués surtout à l'étude détaillée de l'anticlinal d'Andrafiavelo. Cette région est maintenant suffisamment connue pour y placer

des sondages. Il n'appartiendra qu'au trépan de nous fixer définitivement sur la richesse de cette partie du sous-sol malgache.

L'étude des gisements de phlogopite m'a permis de montrer leur allure pegmatoïde très dispersée, et m'a amené à prévoir la nécessité de localiser les exploitations sur un petit nombre de gisements parfaitement outillés.

J'ai peu étudié les gîtes des schistes cristallins, néanmoins j'ai reconnu l'existence du manganèse dans une forme de gisement qui n'était pas encore connue à Madagascar. J'ai également montré le développement des serpentines à amiante dans le Sud-Ouest.

Mes longues tournées en brousse m'ont conduit à voir des choses bien diverses, et je ne puis que regretter le peu d'extension de la prospection régulière. Si l'on excepte les gisements de graphite, dont la reconnaissance a été très poussée, et quelques gisements d'or, les autres produits que le sous-sol malgache est susceptible de renfermer ont suscité bien peu d'efforts. Il faudrait bien un jour s'occuper de la recherche du diamant qui, dans le Centre et le Sud-Afrique, se révèle chaque année en des régions diverses. La cassitérite devrait également tenter les prospecteurs. La découverte récente de la sheelite, identifiée par Mlle Y. BRIÈRE, ouvre des voies nouvelles.

Les travaux de prospection sont coûteux et ne peuvent être l'apanage que des grosses sociétés. Je crois qu'une prospection régulière, partant de l'étude des alluvions et remontant les réseaux hydrographiques, pourrait donner des résultats.

EXPLICATIONS DES PLANCHES HORS-TEXTE

FRONTISPICE

Escarpement des argiles rouges supérieures à la base de l'Isalo.
Les gorges du Manambolo dans les calcaires du Jurassique moyen.

PLANCHE I

Les variations latérales du Karroo malgache.

PLANCHE II

Coupes dans le Sud-Ouest de Madagascar.
Carte du bassin charbonnier.

PLANCHE III

Coupes dans l'Ouest de Madagascar.
Carte schématique de la province de Maintirano.

PLANCHE IV

1. Tillite dans les Schistes noirs et conglomérats de la rivière Sahavasy (province de Betioky).
2. Amas de prismes de phlogopite à Benato.
3. Parapyroxénite des gisements de phlogopite d'Hazofotsy. — Nicols croisés, grossissement 10.
4. Le coupage de la phlogopite à Benato.

PLANCHE V

1. Calcaire à polypiers du Ianapera. — Les polypiers apparaissent en relief sur une plaque calcaire. — G. N.
2. Calcaire à polypiers du Ianapera. — Coupe grossie deux fois.
3. *Cyclolobus Kraffti* DIENER. — Permien supérieur d'Ankitokazo. — G. N. × 2/3.
4. *Cyclolobus Haydeni* DIENER. — Permien supérieur d'Ankitokazo. — G. N.
5. *Xenaspis carbonarius* WAAGEN. — Permien supérieur d'Ankitokazo. — G. N.

PLANCHE VI

1. *Pristisomus Merlei* PRIEM. — Trias inférieur de Kinganio. — G. N.
2. *Semionotus Labordei* PRIEM. — Trias inférieur de Kinganio. — G. N.
3. *Flemingites* cf. *radiatus* WAAGEN. — Trias inférieur du Nord de Barabanja. — G. N. × 2/3.
4. *Meekoceras Markhami* DIENER. — Trias inférieur du Nord de Barabanja. — G. N. × 2/3.
5. *Aspidites* cf. *Ensanus* KRAFFT et DIENER. — Trias inférieur du Nord de Barabanja. — G. N. × 2/3.

PLANCHE VII

1, 1 a. *Comoseris Jacobi* ALLOITEAU. — Calcaires compacts du Jurassique moyen du Motondava. — G. N.
2. *Id.* — Coupe grossie deux fois.
3, 3 a. *Amphiastrea Lanquinei* ALLOITEAU. — Calcaires compacts du Jurassique moyen du Motondava. — G. N.
3 b. *Id.* — Coupe grossie deux fois.
4, 5. *Anabacia orbulites* LAMOUROUX. — Bathonien. — Grès verts inférieurs de la province de Betioky. — G. N.
6, 6 a. *Cadomites rectelobatus* HAUER. — Bathonien supérieur. — Sommet des grès verts inférieurs de la province de Betioky. — G. N.

PLANCHE VIII

1, 1 a. *Pygurus depressus* AG. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.
2. *Clypeus subulatus* YOUNG et BIRD. — Callovien de la Lomaka. — G. N.
3. *Pygaster umbrella* AG. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.
4. *Clitopygus sp.* — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — Face supérieure. — G. N.
5, 5 a. *Asterocidaris* cf. *granulosa* WRIGHT. — Oxfordien (?). — Lisière Ouest de la forêt d'Antsingy. — G. N.

PLANCHE IX

1, 1 a. *Phylloceras meditterraneum* NEUMAYR. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.
2, 2 a. *Pygurus Cottreaui* nov. sp. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.
3, 3 a, 3 b. *Terebratula* cf. *subsella* LEYMERIE. — Oxfordien à Kimeridgien (?) des marnes jaunes de la province de Betioky. — G. N.

PLANCHE X

1, 1 a. *Perisphinctes recuperoi* GEMM. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.
2, 2 a. *Phylloceras jaraense* WAAGEN. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.
3. *Perisphinctes funatus* OPPEL. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.
3, 4 a. *Heligmus Rollandi* DOUV. — Bathonien supérieur du Menarandroy. — G. N.
5. *Id.* — Callovien de l'Ouest de Lagniro.
6, 7. *Rhynchonella inconstans* SOW. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.
8. *Clitopygus sp.* — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — Face postérieure. — G. N.

PLANCHE XI

1, 1 a. *Macrocephalites macrocephalus* SCHLOT. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.
2. *Phylloceras disputabile* ZITTEL. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.
3. *Phylloceras meditterraneum* NEUMAYR. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.
4, 4 a. *Sphaerotiaris Vivaldii nov. sp.* — Oxfordien ou Lusitanien inférieur de la lisière Ouest de l'Antsingy. — G. N.
5, 6, 7. *Id.* — Radioles. — G. N.
8. *Sphœrotiaris meandrina* AG. — Oxfordien ou Lusitanien inférieur de la lisière Ouest de l'Antsingy. — G. N.

9, 10. *Id.* — Vallée du Rodo. — Niveau indéterminé. — G. N.
11. *Cidaris spinulosa* ROEMER. — Bajocien ou Lias supérieur de la base du Motondava. — G. N.
12, 12 a, 12 b. *Belemnites tanganensis* FUTT. — Marnes du Jurassique supérieur en bordure de l'Antsingy. — G. N.

PLANCHE XII

1, 1 a. *Perisphinctes denseplicatus* WAAGEN. — Calcaires glauconieux kimeridgiens d'Antsalova. — G. N.
2. *Hecticoceras Kobelli* OPPEL. — Même gisement. — G. N.
3, 3 a. *Lissoceras elimatum* OPPEL. — Même gisement. — G. N.
4, 4 a. *Perisphinctes biplicatus* UHLIG. — Même gisement. — G. N.
5. *Aptychus sp.* — Même gisement. — G. N.
6. *Id.* — Même gisement. — G. N.

PLANCHE XIII

1. *Hoplites Michaelis* UHLIG. — Valanginien d'Andrafiavelo. — G. N. × 1/2.
2. *Holcostephanus mojsvari* UHLIG. — Même gisement. — G. N.
3. *Lytoceras* aff. *subfimbriatum* D'ORB. — Même gisement. — G. N. × 1/2.
4. *Belemnites madagascariensis* nov. sp. — Marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.
5. *Belemnites claviger* WAAGEN. — Kimeridgien d'Antsalova. — G. N.
6. *Id.* — Même gisement. — G. N.
7, 7 a. *Duvalia* cf. *dilatata* BLAINV. — Marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.
8. *Belemnites claviger* WAAGEN. — Kimeridgien d'Antsalova. — G. N.
9. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. — Forme globuleuse des marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.

PLANCHE XIV

1, 1 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. — Forme épaisse des marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.
2, 2 a. *Belemnites subfusiformis* RASPAIL. — Même gisement. — G. N.
3, 3 a. *Duvalia* cf. *dilatata* BLAINV. — Même gisement. — G. N.
4, 4 a. *Pseudobelus Lemoinei* nov. sp. — Même gisement. — G. N.
5, 5 a. *Duvalia* cf. *Emerici* RASPAIL. — Même gisement. — G. N.
6. *Duvalia lata* BLAINV. var. *Guillantona* nov. — Même gisement. — Coupe longitudinale. — G. N.
7. *Id.* — G. N.
8. *Id.* — Coupe dans la région alvéolaire. — G. N.
9 à 14. *Duvalia sakalava* nov. sp. — Même gisement.
15. *Id.* — Coupe dans la région postérieure. — G. N.
16. *Id.* — Coupe dans la région antérieure. — G. N.

PLANCHE XV

1, 1 a. *Belemnites* cf. *jaculum* PHILL. — Grès hauteriviens de Lagniro. — G. N.
2, 2 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. var. *Perrieri* nov. — Forme effilée. — Même gisement. — G. N.
3, 3 a. *Id.* — Même gisement. — G. N.
4, 4 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. — Même gisement. — G. N.
5, 5 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. var. *Perrieri* nov. — Forme épaisse. — Même gisement. — G. N.

6, 6 a. *Duvalia dilatata.* — Même gisement. — G. N.
7, 7 a. *Duvalia lata.* — Forme à coupe losangique. — Même gisement. — G. N.
8. *Serpula sp.* — Même gisement. — G. N.
9. *Id.* — Même gisement. — G. N.

PLANCHE XVI

1, 1 a. *Mortoniceras inflatum* Sow. — Albien de la falaise d'Aonzy, niveau supérieur. — G. N. × 2/3.
2, 2 a, 2 b. *Douvilleiceras mamillare* Schlot. var. — Albien de la falaise d'Aonzy, niveau inférieur. — G. N.
3, 3 a. *Latidorsella latidorsatum* Michelin. — Cénomanien de la falaise d'Aonzy. — G. N.
4. *Turrilites costatus* Lmk. — Cénomanien de l'Antsandoky. — G. N.
5. *Pyrina tunisiensis* Péron et Gauthier. — Même gisement. — Face supérieure. — G. N.
6. *Strophodus* cf. *reticulatus* Ag. — Même gisement. — G. N.

PLANCHE XVII

1, 1 a. *Forbesiceras obtectum* Sharpe. — Cénomanien de l'Antsandoky. — G. N.
2, 2 a. *Phylloceras velledæ* Michelin. — Même gisement. — G. N.
3. *Acanthoceras Martimpreyi* Coq. — Cénomanien pyriteux de Mahakenda. — G. N.
4. *Forbesiceras obtectum* Sharpe. — Même gisement. — G. N.
5, 5 a. *Mammites Boulei* Collignon. — Même gisement. — G. N.
6, 6 a. *Puzosia planulata* Sow. — Cénomanien de l'Antsandoky. — G. N.
7, 7 a. *Tetragonites timotheanum* Mayor. — Même gisement. — G. N.
8, 8 a. *Belemnites ultimus* d'Orb. — Même gisement. — G. N.
9, 9 a. *Epiaster* cf. *Henrici* Péron et Gauthier. — Même gisement. — Grossi deux fois.
10. *Exogyra columba* Lmk. — Même gisement. — G. N.
11. *Id.* — Même gisement. — G. N.
12, 12 a. *Scaphites æqualis-obliquus* Sow. — Cénomanien pyriteux de Mahakenda. — G. N.
13, 14. *Serpula ootatoorensis* Stol. — Cénomanien de Diégo. — G. N.

PLANCHE XVIII

1, 1 a. *Mammites conciliatus* Stol. — Turonien inférieur du Sud d'Animokotra. — G. N. × 2/3.
2. *Id.* — Même gisement. — G. N. × 2/3.
4, 4 a. *Neoptychites xetriformis* Perv. — Même gisement. — G. N.

PLANCHE XIX

1. *Neoptychites cephalotus* Court. — Turonien inférieur du Sud d'Animokotra. — G. N. × 1/2.
2. *Id.* — Même gisement. — G. N.
3, 3 a. *Hemiaster sp.* — Même gisement. — G. N.

PLANCHE XX

1, 1 a. *Barroisiceras Haberfellneri* de Gross. — Coniacien de Manasora sur Onilahy. — G. N.
2, 2 a. *Mortoniceras Texanum* Roemer. — Santonien de l'Est de Mitraïky. — G. N. × 2/3.
3. *Hauericeras Gardeni* Baily. — Santonien du Manambolo. — G. N. × 1/2.

PLANCHE XXI

1, 1 a. *Mortoniceras Delawarense* MORTON. — Campanien de l'Est de Mitraïky. — G. N. × 2/3.
2, 2 a. *Phylloceras Woodsi* VAN HOEPEN. — Santonien de Tsianaloky. — G. N.
3, 3 a. *Tetragonites nuperus* VAN HOEPEN. — Santonien de l'Est de Mitraïky. — G. N.
4. *Gaudryceras varagurense* KOSSM. — Santonien de Tsianaloky. — G. N.
5, 5 a. *Hoplites Vari* SCHLÜTER. — Campanien du Nord de Trangahy. — G. N.
6, 7. *Baculites Baily* WOODS. — Santonien de la montagne des Français. — G. N.
8, 8 a. *Tetragonites* cf. *virgulatus* VAN HOEPEN. — Santonien de l'Est de Mitraïky. — G. N.
9. *Hoplites Vari* SCHLÜTER. — Campanien du Nord de Trangahy. — G. N.

PLANCHE XXII

1, 1 a. *Schloenbachia papillata* SPATH. — Santonien du Manambolo. — G. N.
2. *Schloenbachia Umbulazi* BAILY. — Santonien supérieur (?) de l'Ouest d'Andranovorikolo.
3, 3 a. *Conocyathus Besairiei* ALLOITEAU. — Campanien d'Andrafiavelo. — G. N.
4. *Id.* — Coupe G. N.
5. *Cidaris Mahafalensis* nov. sp. — Base du Sénonien supérieur de la province de Betioky. — G. N.
6. *Cidaris* cf. *sceptrifera* MANT. — Campanien d'Andrakaraka. — G. N.
7. *Alectryonia ungulata* SCHL. — Campanien du Nord-Ouest de l'Eliva. G. N.
8, 8 a. *Baculites Bassei* nov. sp. — Horizon d'Andrakaraka (Campanien supérieur ou Maestrichtien inférieur) au Nord de Trangahy. — G. N.

PLANCHE XXIII

1. *Stigmatopygus Lamberti* nov. sp. — Campanien d'Andrafiavelo. — Face supérieure. — G. N.
2. *Id.* — Forme moyenne vue de profil. — G. N.
3. *Id.* — Forme aplatie vue de profil. — G. N.
4. *Id.* — Forme élevée vue de profil. — G. N.
5. *Id.* — Forme surélevée vue de profil. — G. N.
6. *Id.* — Forme aplatie; vue de la région antérieure. — G. N.
7. *Id.* — Forme élevée; vue de la région postérieure montrant la position du périprocte. — G. N.
8. *Id.* — Vue de la face inférieure. — G. N.
9, 9 a, 9 b. *Mecaster cristatus* STOL. — Campanien d'Andrafiavelo. — G. N.

PLANCHE XXIV

1. *Homeoaster Ardouini* LAMBERT. — Maestrichtien inférieur de la montagne des Français. — Exemplaire légèrement déformé. — G. N.
2. *Id.* — Exemplaire normal. — G. N.
3. *Guettaria Roccardi* COTTREAU. — Même gisement. — G. N.
4, 4 a. *Lefortia Barrabei* nov. sp. — Campanien du Nord de Trangahy. — Grossi deux fois.
5. *Id.* — Vue de la face inférieure. — G. N.
6, 6 a. *Hemiaster sp.* — Niveau d'Andrakaraka (base du Sénonien supérieur) à l'Ouest de Mokotibe. — G. N.
7, 7 a. *Hemiaster sp.* — Niveau de la craie d'Andrafiavelo (Maestrichtien supérieur) à Andrafiavelo. — G. N.
8. *Epiaster nobilis* STOL. — Campanien du Nord de Trangahy. — Vue de profil. — G. N.

PLANCHE XXV

1, 1 a, 1 b. *Echinocorys tenuituberculatus* LEYM. var. *madagascariensis* nov. — Maestrichtien inférieur de l'Est de Mitraïky. — G. N. × 2/3.
2, 2 a. *Seunaster Gauthieri* LAMBERT. — Maestrichtien inférieur de la montagne des Français. — G. N. × 2/3.
3. *Epiaster nobilis* STOL. — Campanien de l'Est de Mitraïky. — G. N.

PLANCHE XXVI

1. *Pycnodonta vesicularis* LMK. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N. × 2/3.
2. *Volutilithes fanivelonensis* BOULE et THÉV. — Campanien du Sangonakanga. — G. N. × 1/2.
3. *Lepidorbitoïdes socialis* LEYM. — Sénonien supérieur de l'Onilahy. — Coupe grossie deux fois.
4, 4 a. *Pachydiscus gollevillensis* DE GROSS. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N.
5. *Ostrea laciniata* D'ORB. — Base du Sénonien supérieur du Nord-Ouest de l'Eliva. — G. N. × 1/2.
6. *Bellardia vicina* DOUV. — Maestrichtien de l'Ouest d'Edjeda. — G. N.
7. *Mesalia fasciata* LMK. — Même gisement. — G. N.
8, 9. *Lyria* cf. *turgidula* DESH. — Même gisement. — G. N.
10. *Volutocorbis indica* DOUV. — Même gisement. — G. N.
11. *Haustator* cf. *congregatus* DOUV. — Même gisement. — G. N.
12. *Hemiaster madagascariensis* COTTREAU. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N.
13, 14. *Baculites vagina* FORBES. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N.

PLANCHE XXVII

1, 1 a. *Ostrea pelecydion* FISCHER. — Miocène du plateau calcaire du Sud-Ouest. — G. N.
2. *Echinolampas sp.* — Eocène moyen du mont Tsitonga. — G. N.
3. *Alveolina elliptica* SOW. — Marnes à Echinides du Lutétien d'Ifanata. — Coupe grossie deux fois.
4 à 12. *Nummulites atacicus* LEYM. — Eocène moyen de la base du mont Ianakatsamby. — G. N.
13. Calcaire à Milioles du bas Manambao. — Eocène moyen. — Coupe grossie quatre fois.
14. *Clavator Grandidieri* CR. et FISCH. — Grès récents d'Andrahomana. — G. N.

LISTE ALPHABÉTIQUE DES FOSSILES ÉTUDIÉS[1]

Acanthoceras Martimpreyi Coq. 213
Alectryonia ungulata Schl. 234
Alveolina elliptica Sow. 238
Amphiastrea Lanquinei Alloit. 202
Anabacia orbulites Lmx. 200
Antrimpos sp. 189
Aptychus sp. 194
Aspidites cf. *ensanus* Krafft et Diener. 187
Asterocidaris cf. *granulosa* Wright. 196
Baculites Bailyi Woods. 223
— *Bassei* nov. sp. 222
— *vagina* Forbes. 222
Barroisiceras Haberfellneri de Gross. 219
Belemnites claviger Waag. 195
— *jaculum* Phill. 205
— *madagascariensis* nov. sp. 208
— *pistilliformis* Blainv. 204
— *pistilliformis* Blainv. var. *Perrieri* nov. 205
— *subfusiformis* Raspail. 204
— *tanganensis* Futt. 194
— *ultimus* d'Orb. 214
Bellardia vicina Douv. 235
Böehmiceramus impressus d'Orb. 233
Cadomites rectelobatus Hauer. 190
Cidaris mahafalensis nov. sp. 226
— *sceptrifera* Mant. 227
— *spinulosa* Ag. 199
Clitopygus sp. 196
Clypeus subulatus Yound et Bird. 195
Comoseris Jacobi Alloit. 203
Conocyathus Besairiei Alloit. 237
Cyclolobus Haydeni Diener. 186
— *Kraffti* Diener. 185

(1) Les renvois de page, tant dans la liste alphabétique des fossiles que dans la table des matières, se rapportent à la pagination particulière du mémoire (entre parenthèses).

Desmoceras latidorsatum MICH. ... 211
Douvilleiceras mamillare SCHLOT. ... 211
Duvalia dilatata BLAINV. ... 205
— cf. *dilatata* BLAINV. ... 205
— cf. *Emerici* RASPAIL. ... 206
— *lata* BLAINV. ... 207
— *lata* BLAINV. var. *Guillantona* nov. ... 206
— *sakalava* nov. sp. ... 207
Echinocorys tenuituberculatus LEYM. var. *madagascariensis* nov. 227
Echinolampas sp. ... 239
Epiaster cf. *Henrici* PÉR. et GAUTH. ... 215
Epiaster nobilis STOL. ... 231
Exogyra columba LMK. ... 214
Fagesia superstes KOSSM. ... 217
Flemingites cf. *radiatus* WAAG. ... 186
Forbesiceras obtectum SHARPE. ... 213
Gaudryceras varagurense KOSSM. ... 224
Guettaria Rocardi COTTEAU. ... 232
Hauericeras gardeni BAILY. ... 220
Haustator cf. *congregatus* DOUV. ... 235
Hecticoceras Kobelli OPPEL. ... 193
Heligmus Rollandi DOUV. ... 200
Hemiaster madagascariensis COTT. ... 229
— sp. (Horizon d'Andrakaraka) ... 230
— sp. (Horizon d'Andrafiavelo) ... 230
Hercoglosa danica SCHL. ... 225
Holcostephanus mojsvari UHLIG. ... 210
Homœoster Ardouini LAMBERT. ... 232
Hoplites Michaelis UHLIG. ... 209
— *Vari* SCHL. ... 221
Inoceramus Andersoni ETH. ... 218
— *labiatus* SCHL. ... 218
— *regularis* D'ORB. ... 233
Lefortia Barrabei nov. sp. ... 228
Lepidorbitoïdes socialis LEYM. ... 236
Lissoceras elimatum OPPEL. ... 193
Lyria cf. *turgidula* DESH. ... 236
Lytoceras aff. *subfimbriatum* D'ORB. ... 210
Macrocephalites macrocephalus SCHL. ... 191
Mammites Boulei COLL. ... 213
— *conciliatus* STOL. ... 216
Mecaster cristatus STOL. ... 231
Meekoceras Markhami DIENER. ... 188

Mesalia fasciata LMK 235
Modiola typica FORB 216
Mortoniceras delawarense MORTON 221
— *inflatum* SOW 211
— *texanum* RŒMER 219
Nautilus ennianus DACQUÉ 194
Neoptychites cephalotus COURT 217
— *xetriformis* PERV 217
Nummulites atacicus LEYM 238
Ostrea laciniata NILSSON 234
— *pelecydion* FISCH 239
Pachydiscus gollevillensis DE GROSS 222
Perisphinctes biplicatus UHLIG 193
— *denseplicatus* WAAG 193
— *funatus* OPPEL 191
— *recuperoi* GEMMELLARO 191
Phylloceras disputabile 192
— *jaraense* WAAGEN 192
— *mediterraneum* NEUMAYR 189
— *velledae* MICHELIN 212
— *Woodsi* VAN HOEPEN 223
Pristisomus Merlei PRIEM 188
Pseudobelus Lemoinei nov. sp 208
Puzosia planulata SOWERBY 212
Pycnodonta vesicularis LMK 234
Pygaster umbrella AG 197
Pygurus Cottreaui nov. sp 196
— *depressus* AG 195
Pyrina tunisiensis PÉR. et GAUTHIER 215
Rhynchonella inconstans SOWERBY 199
Scaphites æqualis-obliquus SOWERBY 214
Schloenbachia papillata SPATH 220
— *umbulazi* BAILY 220
Semionotus Labordei PRIEM 189
Serpula sp 209
— *ootatoorensis* STOL 215
Seunaster Gauthieri LAMBERT 232
Sphærotiaris meandrina AG 199
— *Vivaldii* nov. sp 197
Stygmatopygus Lamberti nov. sp 228
Terebratula cf. *subsella* LEYM 200
Tetragonites nuperus VAN HOEPEN 224
— *timotheanum* MAYOR 212
— cf. *virgulatus* VAN HOEPEN 225

Turrilites costatus LMK..... 213
— *polyplocus* ROEMER..... 225
Volutilithes fanivelonensis BOULE et THÉVENIN..... 235
Volutocorbis indica DOUVILLÉ..... 236
Xenaspis carbonarius WAAGEN..... 186

TABLE DES MATIÈRES

DU MÉMOIRE

INTRODUCTION. 1

PREMIERE PARTIE. 5

I. **Le Karroo dans le Sud-Ouest de Madagascar**. 3

STRATIGRAPHIE. 7

A. Groupe de la Sakoa. 7
B. Groupe de la Sakamena. 16
C. Groupe de l'Isalo. 21

TECTONIQUE. 23

II. **Extension du Karroo dans le reste de Madagascar**. . . . 25

Province de Maintirano. 26
Province de Maevetanana. 27
Presqu'île d'Ampasindava. 27
Région Nord de Madagascar. 28
RÉSUMÉ DE NOS CONNAISSANCES SUR LE KARROO MALGACHE. 35

III. **Comparaison avec le Karroo de l'Afrique du Sud**. 37

Le Karroo de l'Afrique du Sud. 37
Comparaisons. 40
L'âge du Karroo. 43

IV. **Le bassin charbonnier du Sud-Ouest de Madagascar**. . . . 46

Région au Nord de l'Onilahy. 50
Le golfe du Ianapera et de Bekopay. 52
Le golfe du Vohibory. 57
Le golfe de la Sahavasy. 60
Le bassin de la Sakoa. 61
Le golfe du Vohipotsy. 62
La région de Sakamasay. 63
Le charbon de la Série rouge inférieure. 66
Considérations générales. — Nature du charbon. 67

Comparaison entre le bassin charbonnier du Sud-Ouest de Madagascar et les bassins charbonniers de l'Afrique du Sud 68

V. Les produits miniers des schistes cristallins au voisinage du bassin charbonnier 72

LES TERRAINS CRISTALLINS 72

LES GISEMENTS MINIERS 74

L'or 74
Le cuivre 74
La phlogopite 75
La muscovite 75
Le manganèse 76
Le graphite 77
L'amiante chrysotile 79

DEUXIEME PARTIE 83

I. Les formations secondaires, tertiaires et récentes du Sud-Ouest et du Sud 83

STRATIGRAPHIE 83

Le Jurassique 83
Le Crétacé 90
Le Tertiaire 98
L'Eocène 98
Le Miocène 100
Les formations récentes 101

TECTONIQUE 103

II. La question de l'eau dans le Sud-Ouest et le Sud 107

TROISIEME PARTIE 113

I. Etude de la province de Maintirano 113

STRATIGRAPHIE 113

Le Permo-trias 114
Le Jurassique 115
Le Tithonique et le Crétacé inférieur 117
Le Crétacé moyen 119
Les coulées volcaniques 122
Le Crétacé supérieur aux coulées volcaniques 123
Région du Manambao 123
Région d'Andraflavelo 129
Succession des niveaux dans le Sénonien 131

Le Tertiaire..... 133
Les formations récentes..... 134
TECTONIQUE..... 134

II. Le problème du pétrole à Madagascar..... 136

Manifestations hydrocarburées..... 136
Origine des bitumes..... 140
L'anticlinal d'Andrafiavelo..... 143
Tectonique de l'anticlinal..... 145

QUATRIEME PARTIE. — **Les gisements de phlogopite**..... 149

I. Généralités..... 149

II. Les gisements..... 153

Filons pegmatoïdes..... 157
Poches ou druses d'origine secondaire..... 159
Gisements d'intrusion dans les gneiss encaissants. 160

III. La prospection du mica..... 163

Prospection en surface..... 163
Prospection en profondeur..... 165
Les indices de poches..... 165
Les indices de filons..... 166
Indices généraux d'après la nature des roches.... 166
Conduite générale des travaux de recherches..... 168

IV. Minéraux accessoires..... 169

V. Etude des principaux gisements..... 172

Sakeny..... 172
Benato..... 173
Ambohanga..... 176
Sahamandrevo..... 177
Ankira..... 180
Miary..... 181
Mafilefy-Mikoboky..... 183
Mahatsintso..... 184
Kalembatitra..... 184

CINQUIEME PARTIE..... 185

Notes paléontologiques sur les principaux fossiles caractéristiques des terrains étudiés..... 185

Fossiles permiens..... 185

Fossiles triasiques..... 186
Fossiles du Bathonien au Kimeridgien..... 189
Fossiles du Tithonique au Valanginien..... 204
Ammonites valanginiennes..... 209
Fossiles albiens..... 211
Fossiles cénomaniens..... 211
Fossiles turoniens..... 216
Fossiles coniaciens..... 219
Fossiles sénoniens..... 219
Fossiles tertiaires..... 238

SIXIEME PARTIE..... 241

Travaux géodésiques et topographiques..... 241

Triangulation Sakamena-Sakoa..... 242
Complétage dans la région de Betioky..... 243
Triangulation Andrafiavelo..... 245
Triangulation Betroka-Bekily..... 247

CONCLUSIONS..... 249

⁂

Explication des planches hors-texte..... 259
Liste alphabétique des fossiles étudiés..... 265
Table des matières du mémoire..... 269

DEUXIÈME THÈSE

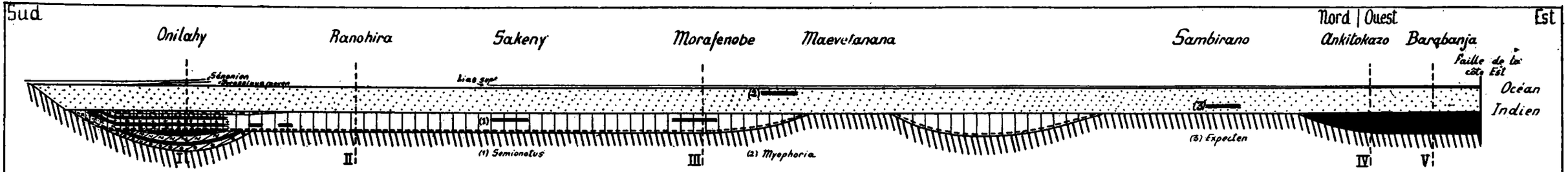
PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

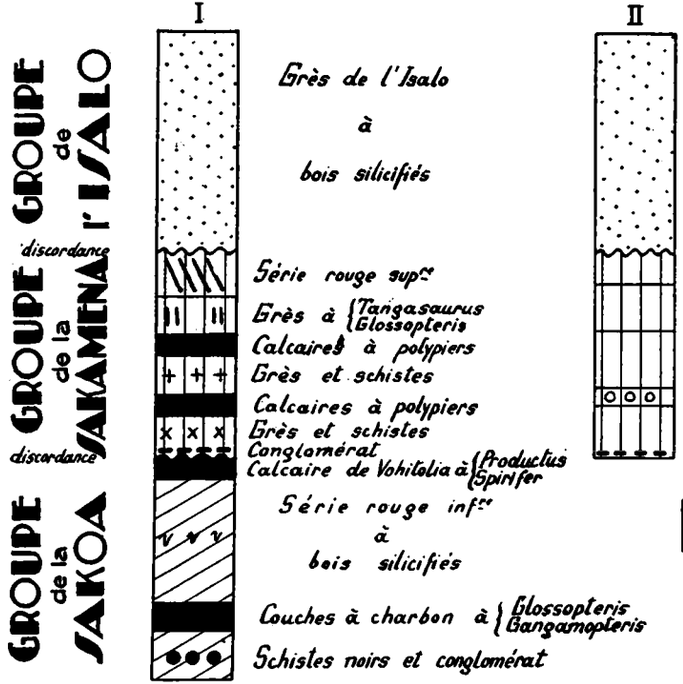
ORIGINE DES SCHISTES CRISTALLINS

VU ET APPROUVÉ :
Paris, le 3 juin 1930.
Le Doyen de la Faculté des Sciences,
CH. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY.

Toulouse. — Imprimerie Henri BASUYAU & Cie

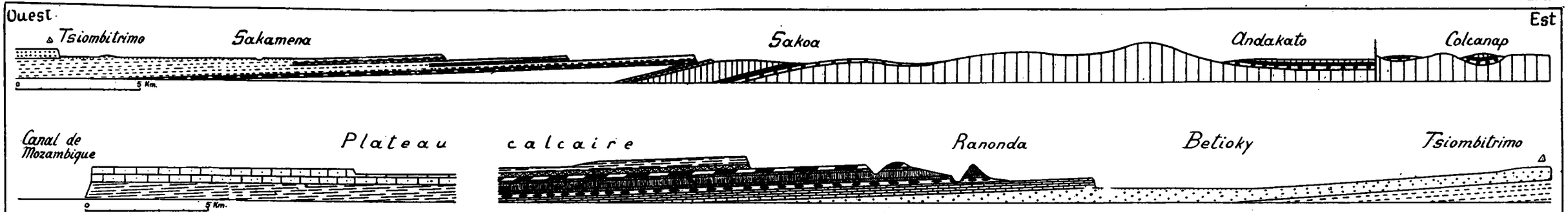




LES VARIATIONS LATÉRALES du KARROO MALGACHE

en noir : FACIES KARROO

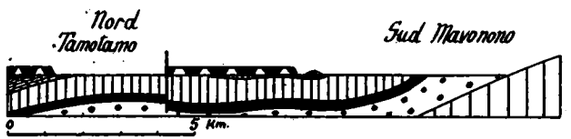
en rouge : INTERCALATIONS MARINES



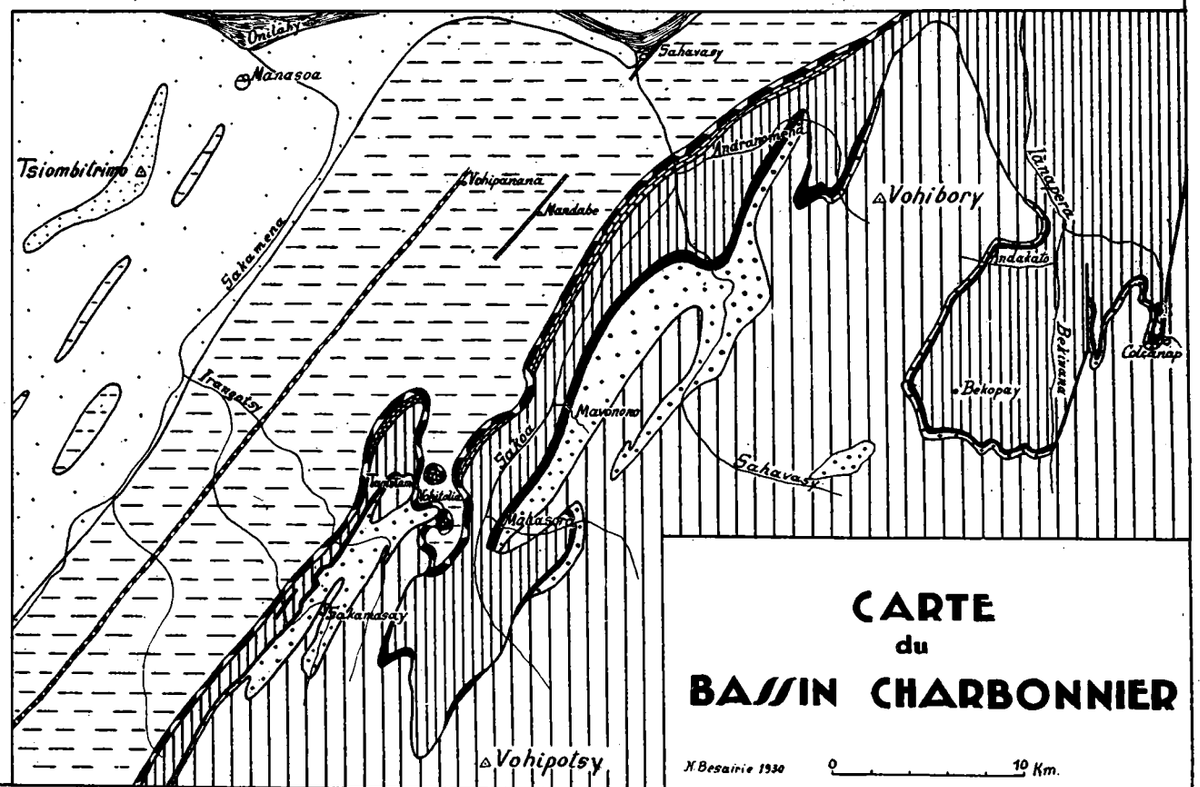
Légende

- Sables récents
- Miocène
- Eocène
- Sénonien supé
- Basaltes
- Coniacien
- Albien à Turonien
- Hauterivien
- Callovien à Kimeridjien
- Jurassique moyen
- Grès de l'Isalo
- Complexe de Sakamena
- Calc. à polypiers (du complexe)
- Conglomérat
- Calc. de Vohitolia
- Série rouge inf^re
- Couches à charbon
- Schistes et conglomérats
- Schistes cristallins

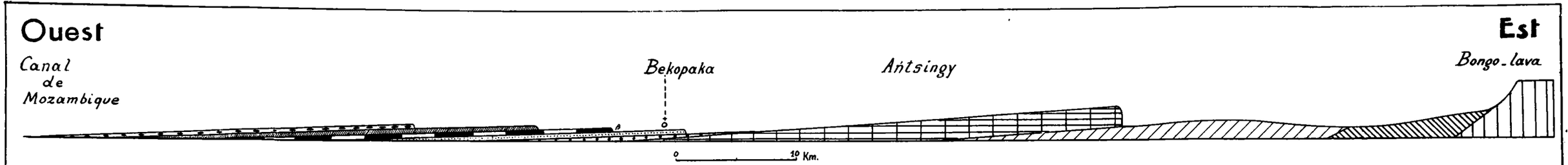




COUPES dans le SUD-OUEST de MADAGASCAR

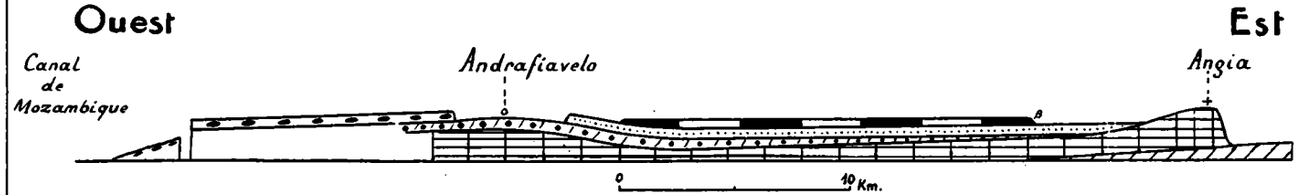


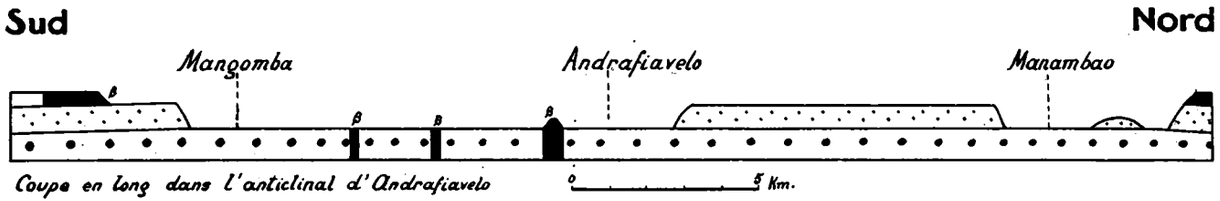
CARTE du BASSIN CHARBONNIER



Légende

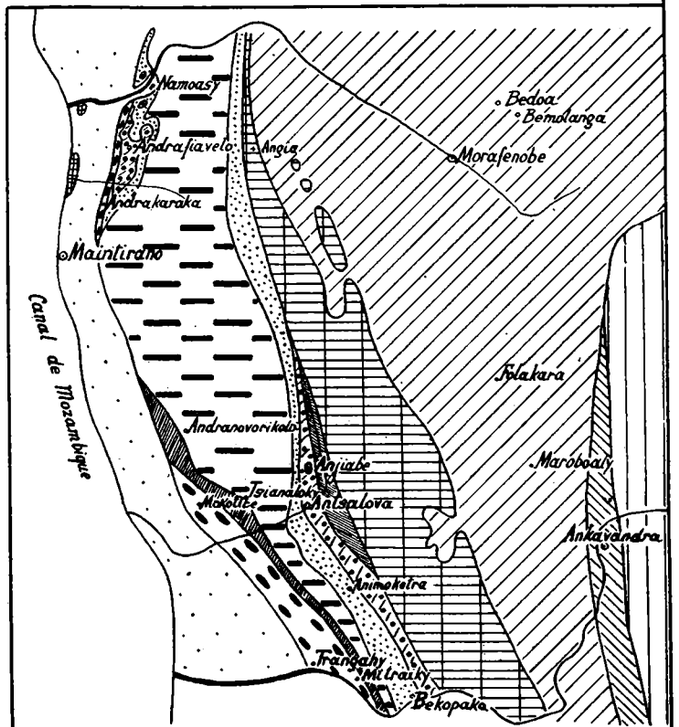
- Tertiaire
- Sénonien sup^{r}
- Sénonien inf^{r}
- Basaltes (B)
- Crétacé moyen
- Oxfordien à Valanginien
- Jurassique sup^{r} (de la carte)
- Lias sup^{r} à Callovien
- Grès de Morafenobe (groupe de l'Isalo)
- Couches d'Ankavandra (groupe de Sakamena)
- Schistes cristallins





Coupe en long dans l'anticlinal d'Andrafiavelo

COUPES dans l'OUEST de MADAGASCAR



Carte schématique de la province de Maintirano

0 50 Km.

H. Besairie 1936

Planche IV

1. Tillite dans les Schistes noirs et conglomérats de la rivière Sahavasy (province de Betioky).

2. Amas de prismes de phlogopite à Benato.

3. Parapyroxénite des gisements de phlogopite d'Hazofotsy. — Nicols croisés, grossissement 10.

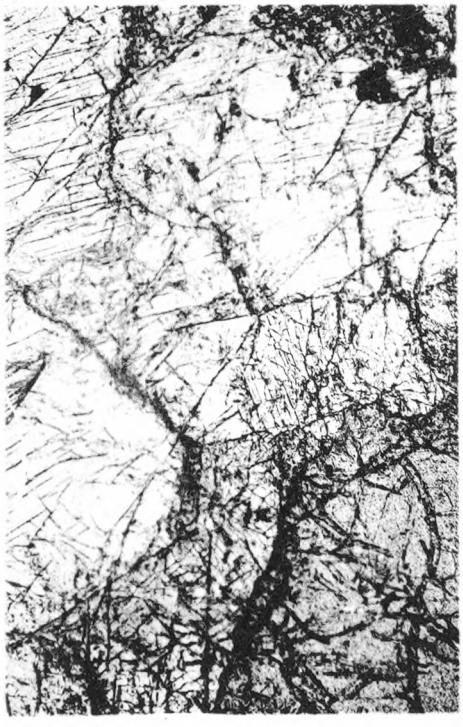
4. Le coupage de la phlogopite à Benato.



1



2



3



4

Clichés Besairie

Planche V

1. Calcaire à polypiers du Ianapera. — Les polypiers apparaissent en relief sur une plaque calcaire. — G. N.

2. Calcaire à polypiers du Ianapera. — Coupe grossie deux fois.

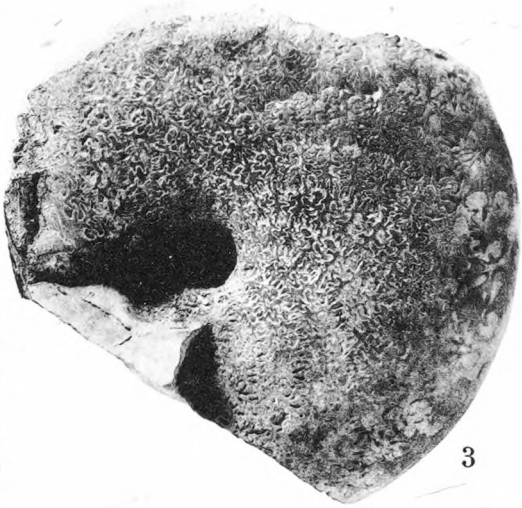
3. *Cyclolobus Kraffti* DIENER. — Permien supérieur d'Ankitokazo. — G. N. × 2/3.

4. *Cyclolobus Haydeni* DIENER. — Permien supérieur d'Ankitokazo. — G. N.

5. *Xenaspis carbonarius* WAAGEN. — Permien supérieur d'Ankitokazo. — G. N.



1



3

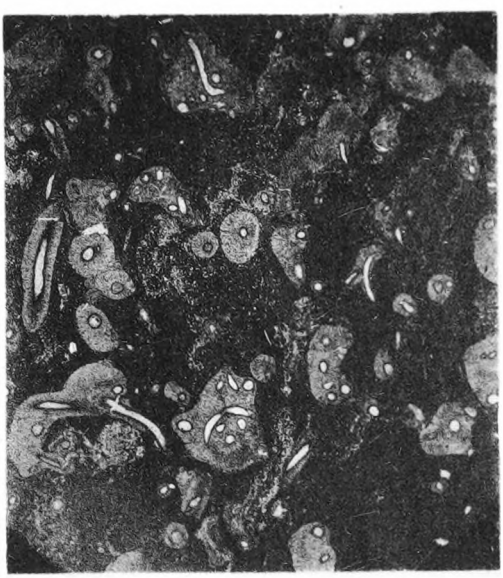


4

2



5



Clichés Ragot

Permien

Planche VI

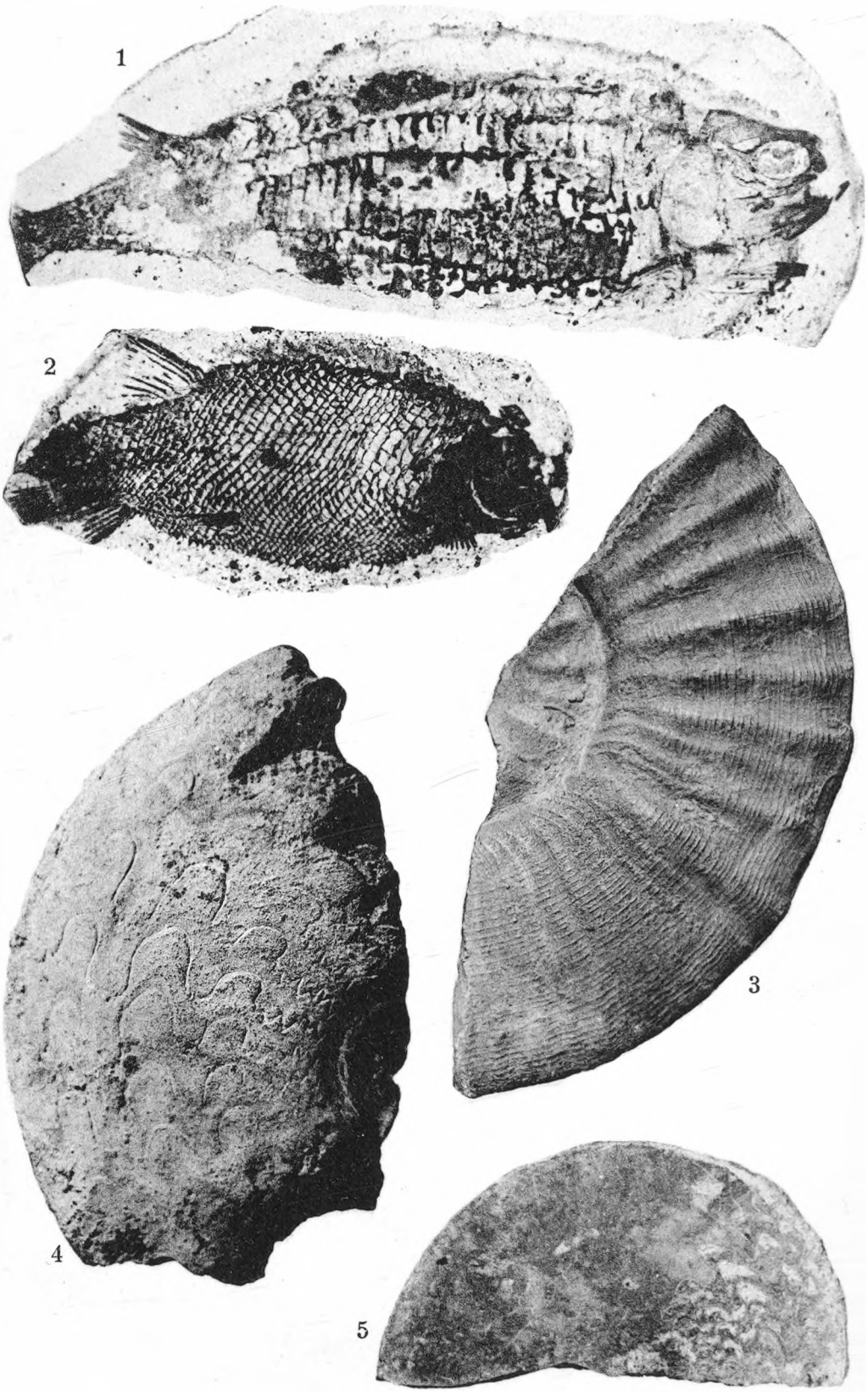
1. *Pristisomus Merlei* PRIEM. — Trias inférieur de Kinganio. — G. N.

2. *Semionotus Lalordei* PRIEM. — Trias inférieur de Kinganio. — G. N.

3. *Flemingites* cf. *radiatus* WAAGEN. — Trias inférieur du Nord de Barabanja. — G. N. × 2/3.

4. *Meekoceras Markhami* DIENER. — Trias inférieur du Nord de Barabanja. — G. N. × 2/3.

5. *Aspidites* cf. *Ensanus* KRAFFT et DIENER. — Trias inférieur du Nord de Barabanja. — G. N. × 2/3.



Clichés Ragot

Trias

Planche VII

1, 1 a. *Comoseris Jacobi* ALLOITEAU. — Calcaires compacts du Jurassique moyen du Motondava. — G. N.

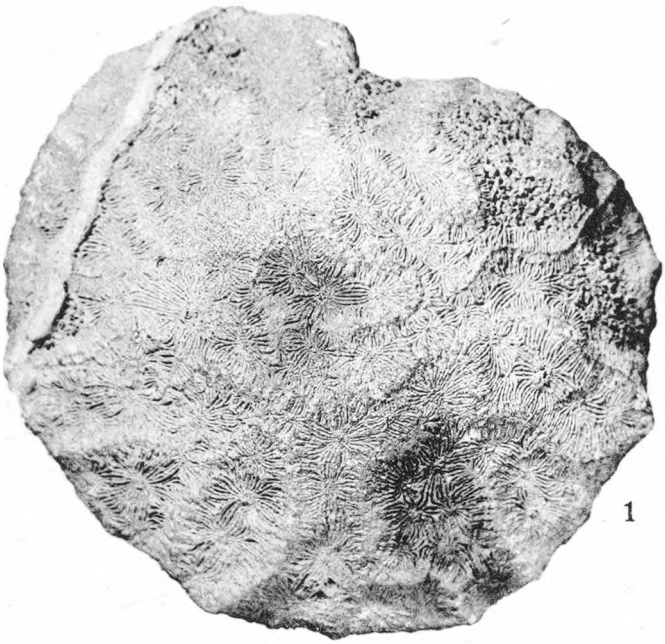
2. *Id.* — Coupe grossie deux fois.

3, 3 a. *Amphiastrea Lanquinei* ALLOITEAU. — Calcaires compacts du Jurassique moyen du Motondava. — G. N.

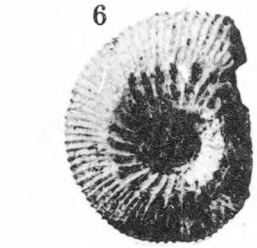
3 b. *Id.* — Coupe grossie deux fois.

4, 5. *Anabacia orbulites* LAMOUROUX. — Bathonien. — Grès verts inférieurs de la province de Betioky. — G. N.

6, 6 a. *Cadomites rectelobatus* HAUER. — Bathonien supérieur. — Sommet des grès verts inférieurs de la province de Betioky. — G. N.



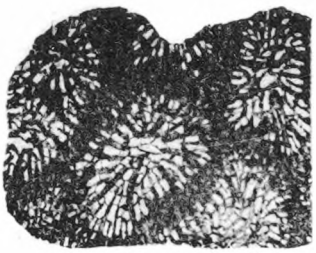
1



6



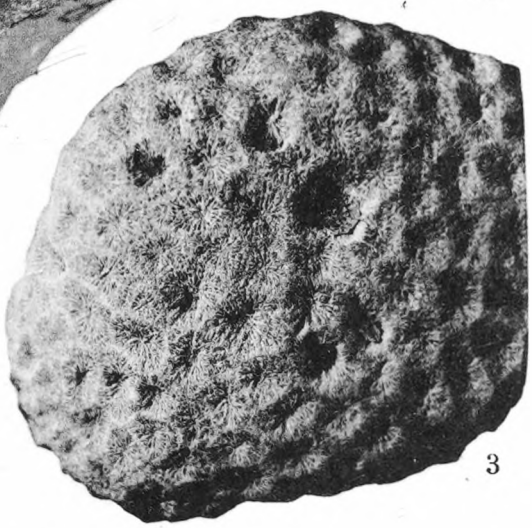
6 a



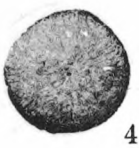
3 b



1 a



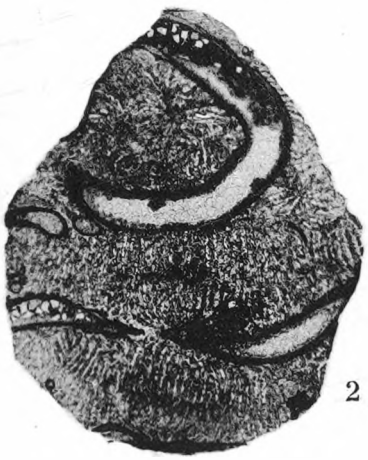
3



4



5



2

3 a



Planche VIII

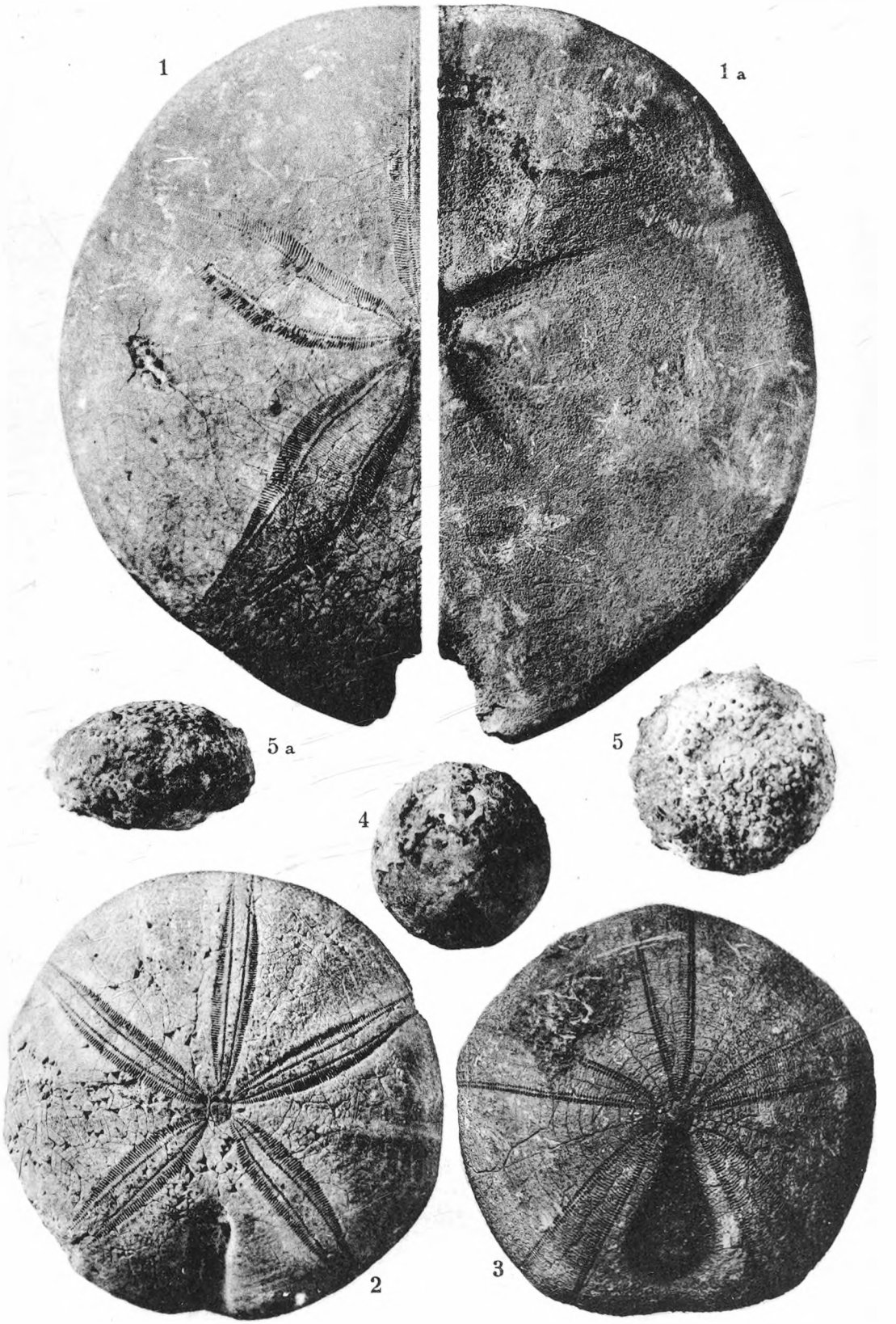
1, 1 a. *Pygurus depressus* Ag. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.

2. *Clypeus subulatus* Young et Bird. — Callovien de la Lomaka. — G. N.

3. *Pygaster umbrella* Ag. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.

4. *Clitopygus sp.* — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — Face supérieure. — G. N.

5, 5 a. *Asterocidaris* cf. *granulosa* Wright. — Oxfordien (?). — Lisière Ouest de la forêt d'Antsingy. — G. N.



Clichés Ragot

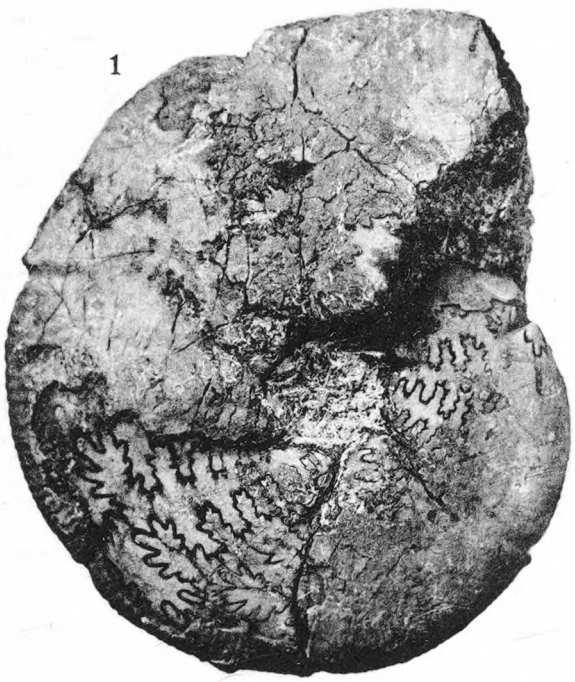
Callovien, Oxfordien, Lusitanien

Planche IX

1, 1 a. *Phylloceras meditterraneum* NEUMAYR. — **Callovien de l'Ouest de Lagniro.** — G. N. × 2/3.

2, 2 a. *Pygurus Cottreaui* nov. sp. — **Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.**

3, 3 a, 3 b. *Terebratula* cf. *subsella* LEYMERIE. — **Oxfordien à Kimeridgien (?)** des marnes jaunes de la **province de Betioky. — G. N.**



1



1 a



3



2

131



3 a



3 b



2 a

Clichés Ragot

Callovien-Oxfordien

Planche X

1, 1 a. *Perisphinctes recuperoi* GEMM. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.

2, 2 a. *Phylloceras jaraense* WAAGEN. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.

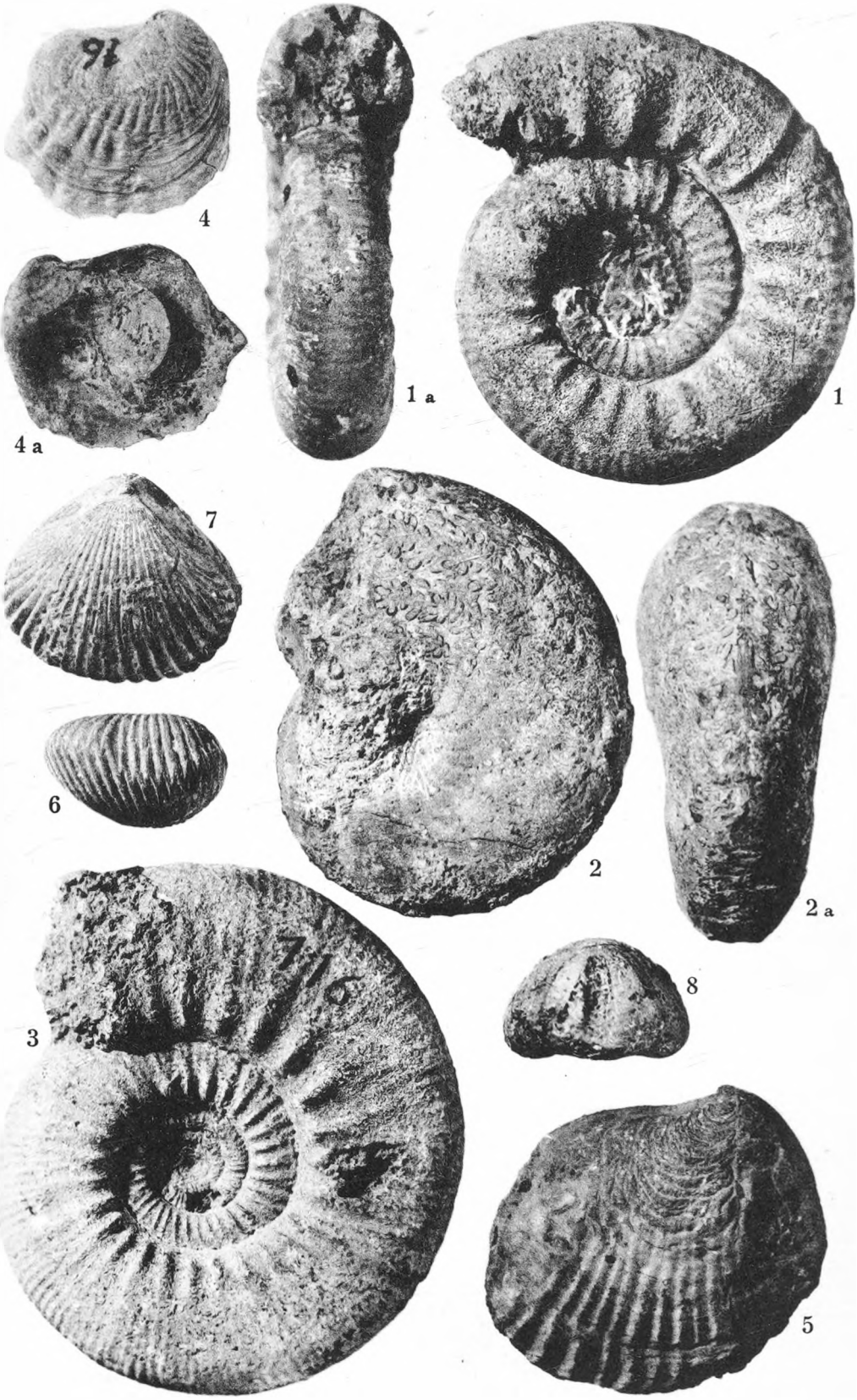
3. *Perisphinctes funatus* OPPEL. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.

3, 4 a. *Heligmus Rollandi* DOUV. — Bathonien supérieur du Menarandroy. — G. N.

5. *Id.* — Callovien de l'Ouest de Lagniro.

6, 7. *Rhynchonella inconstans* SOW. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.

8. *Clitopygus sp.* — Callovien de l'Ouest de Lagniro .— Face postérieure. — G. N.



Clichés Ragot

Callovien

Planche XI

1, 1 a. *Macrocephalites macrocephalus* SCHLOT. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.

2. *Phylloceras disputabile* ZITTEL. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N.

3. *Phylloceras meditterraneum* NEUMAYR. — Callovien de l'Ouest de Lagniro. — G. N. × 2/3.

4, 4 a. *Sphaerotiaris Vivaldii nov. sp.* — Oxfordien ou Lusitanien inférieur de la lisière Ouest de l'Antsingy. — G. N.

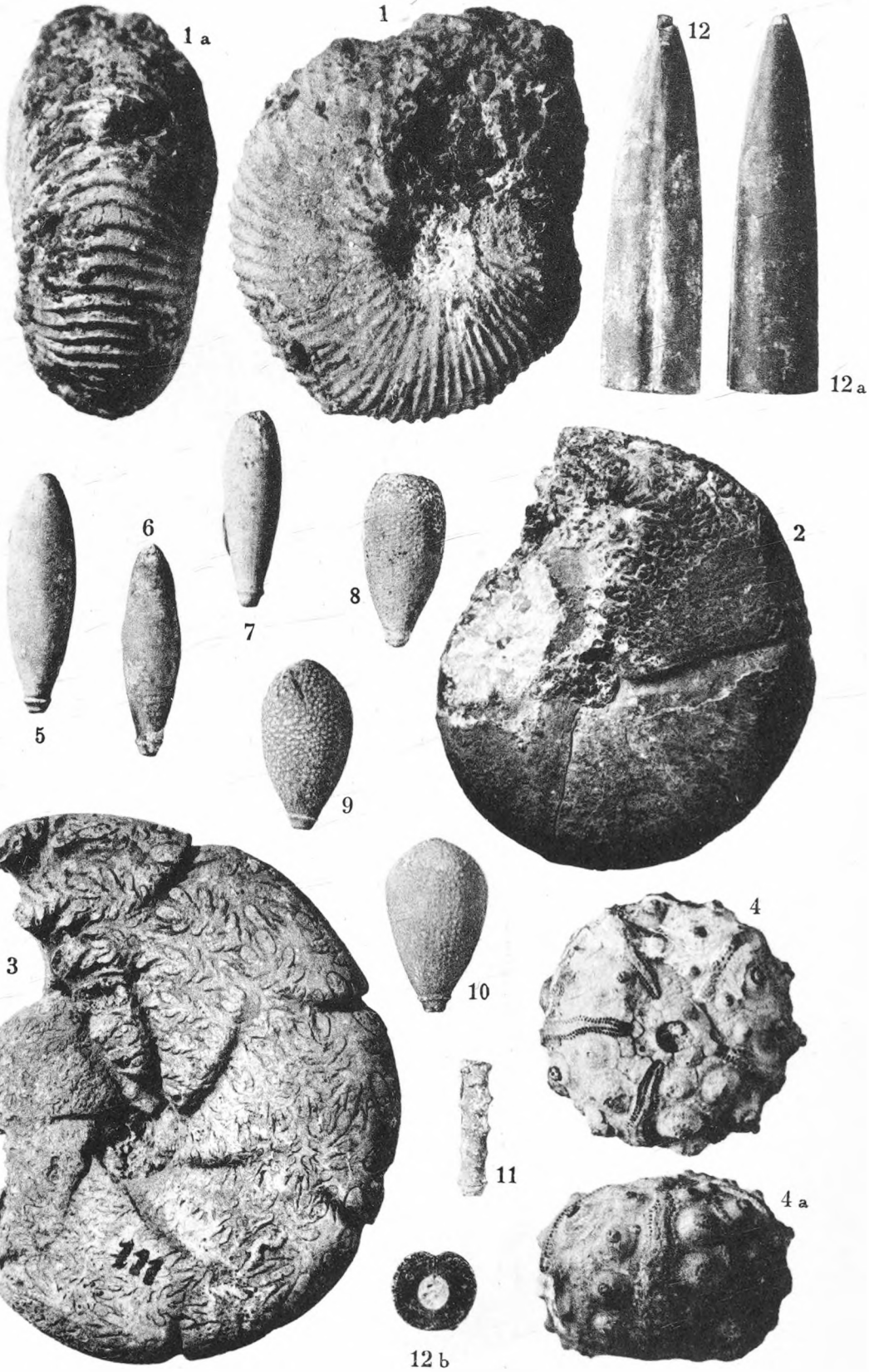
5, 6, 7. *Id.* — Radioles. — G. N.

8. *Sphœrotiaris meandrina* AG. — Oxfordien ou Lusitanien inférieur de la lisière Ouest de l'Antsingy. — G. N.

9, 10. *Id.* — Vallée du Rodo. — Niveau indéterminé. — G. N.

11. *Cidaris spinulosa* ROEMER. — Bajocien ou Lias supérieur de la base du Motondava. — G. N.

12, 12 a, 12 b. *Belemnites tanganensis* FUTT. — Marnes du Jurassique supérieur en bordure de l'Antsingy. — G. N.



Clichés Ragot

Oolithe Inférieure

Planche XII

1, 1 a. *Perisphinctes denseplicatus* WAAGEN. — Calcaires glauconieux kimeridgiens d'Antsalova. — G. N.

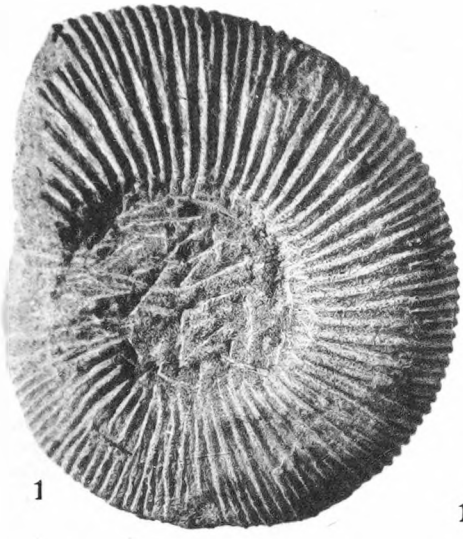
2. *Hecticoceras Kobelli* OPPEL. — Même gisement. — G. N.

3, 3 a. *Lissoceras elimatum* OPPEL. — Même gisement. — G. N.

4, 4 a. *Perisphinctes biplicatus* UHLIG. — Même gisement. — G. N.

5. *Aptychus sp.* — Même gisement. — G. N.

6. *Id.* — Même gisement. — G. N.



1



1 a



2



6



3



3 a



5



4



4 a

Clichés Ragot

Oolithe Supérieure

Planche XIII

1. *Hoplites Michaelis* Uhlig. — Valanginien d'Andrafiavelo. — G. N. × 1/2.

2. *Holcostephanus mojsvari* Uhlig. — Même gisement. — G. N.

3. *Lytoceras* aff. *subfimbriatum* d'Orb. — Même gisement. — G. N. × 1/2.

4. *Belemnites madagascariensis* nov. sp. — Marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.

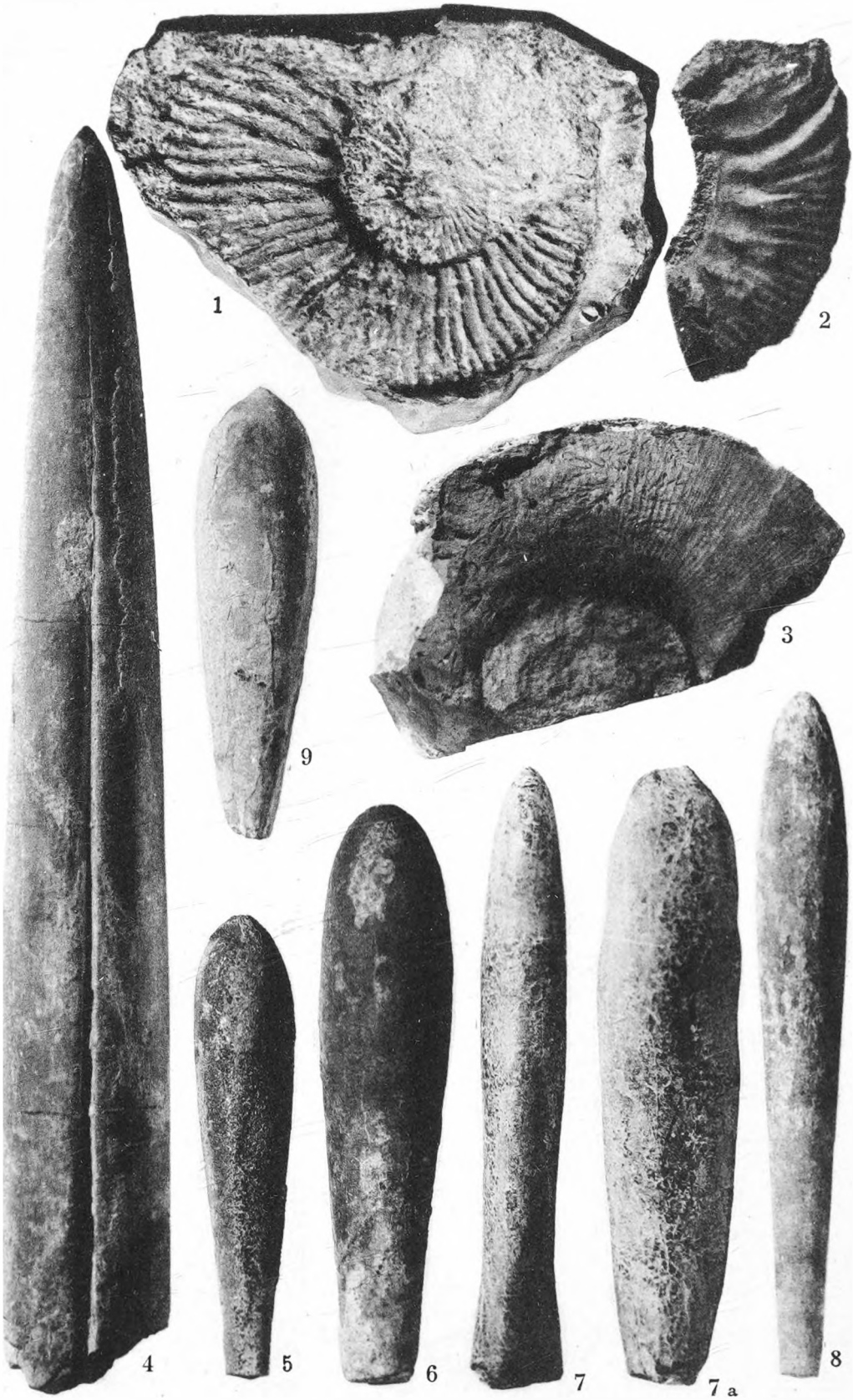
5. *Belemnites claviger* Waagen. — Kimeridgien d'Antsalova. — G. N.

6. *Id.* — Même gisement. — G. N.

7, 7 a. *Duvalia* cf. *dilatata* Blainv. — Marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.

8. *Belemnites claviger* Waagen. — Kimeridgien d'Antsalova. — G. N.

9. *Belemnites pistilliformis* Blainv. — Forme globuleuse des marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.



Clichés Ragot

Du Kimeridgien au Valanginien

Planche XIV

1, 1 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. — Forme épaisse des marnes tithonico-valanginiennes d'Andrafiavelo. — G. N.

2, 2 a. *Belemnites subfusiformis* RASPAIL. — Même gisement. — G. N.

3, 3 a. *Duvalia* cf. *dilatata* BLAINV. — Même gisement. — G. N.

4, 4 a. *Pseudobelus Lemoinei* nov. sp. — Même gisement. — G. N.

5, 5 a. *Duvalia* cf. *Emerici* RASPAIL. — Même gisement. — G. N.

6. *Duvalia lata* BLAINV. var. *Guillantona* nov. — Même gisement. — Coupe longitudinale. — G. N.

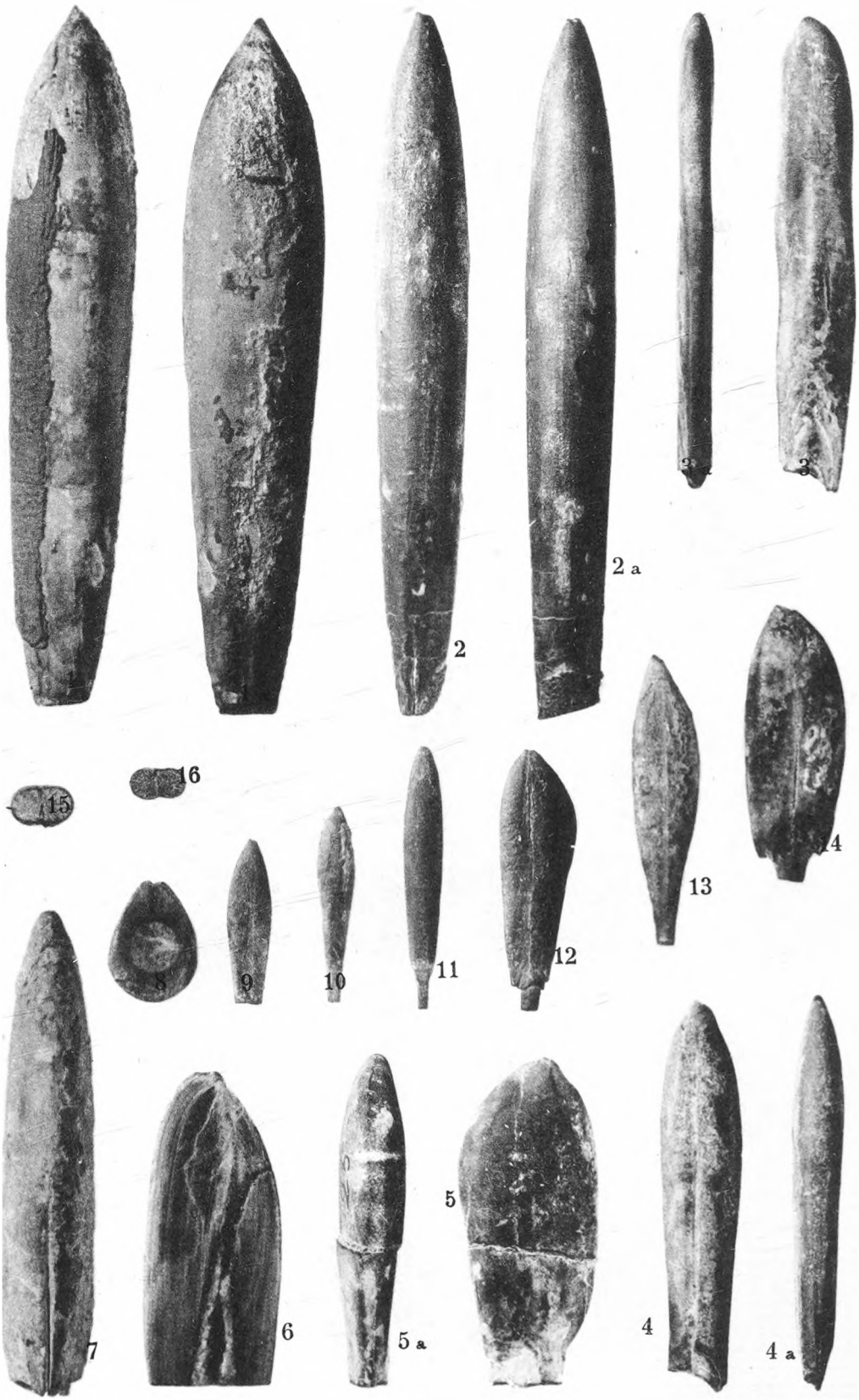
7. *Id.* — G. N.

8. *Id.* — Coupe dans la région alvéolaire. — G. N.

9 à 14. *Duvalia sakalava* nov. sp. — Même gisement.

15. *Id.* — Coupe dans la région postérieure. — G. N.

16. *Id.* — Coupe dans la région antérieure. — G. N.



Clichés Ragot

Du Tithonique au Valanginien

Planche XV

1, 1 a. *Belemnites* cf. *jaculum* PHILL. — Grès hauteriviens de Lagniro. — G. N.

2, 2 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. var. *Perrieri* nov. — Forme effilée. — Même gisement. — G. N.

3, 3 a. *Id.* — Même gisement. — G. N.

4, 4 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. — Même gisement. — G. N.

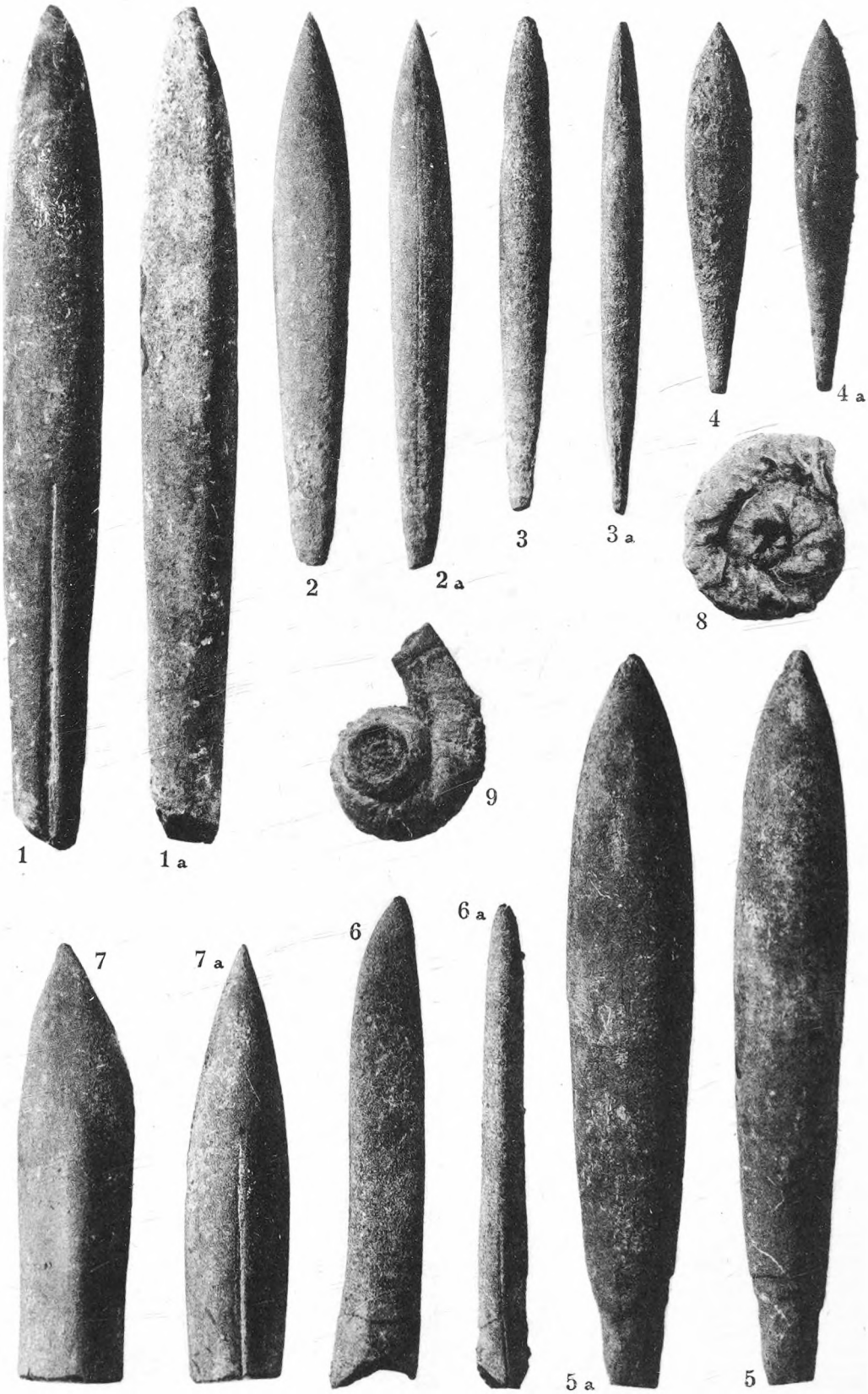
5, 5 a. *Belemnites pistilliformis* BLAINV. var. *Perrieri* nov. — Forme épaisse. — Même gisement. — G. N.

6, 6 a. *Duvalia dilatata.* — Même gisement. — G. N.

7, 7 a. *Duvalia lata.* — Forme à coupe losangique. — Même gisement. — G. N.

8. *Serpula sp.* — Même gisement. — G. N.

9. *Id.* — Même gisement. — G. N.



Clichés Ragot

Du Tithonique au Valanginien

Planche XVI

1, 1 a. *Mortoniceras inflatum* Sow. — Albien de la falaise d'Aonzy, niveau supérieur. — G. N. × 2/3.

2, 2 a, 2 b. *Douvilleiceras mamillare* Schlot. var. — Albien de la falaise d'Aonzy, niveau inférieur. — G. N.

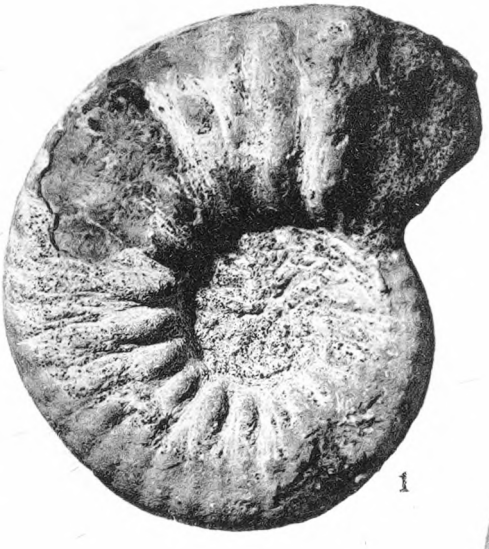
3, 3 a. *Latidorsella latidorsatum* Michelin. — Cénomanien de la falaise d'Aonzy. — G. N.

4. *Turrilites costatus* Lmk. — Cénomanien de l'Antsandoky. — G. N.

5. *Pyrina tunisiensis* Péron et Gauthier. — Même gisement. — Face supérieure. — G. N.

6. *Strophodus* cf. *reticulatus* Ag. — Même gisement. — G. N.

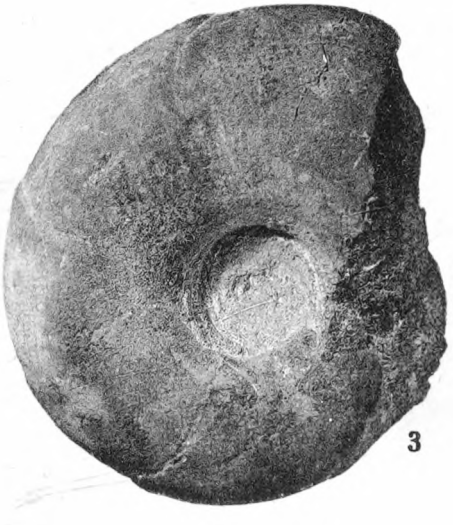

1 a


1


4

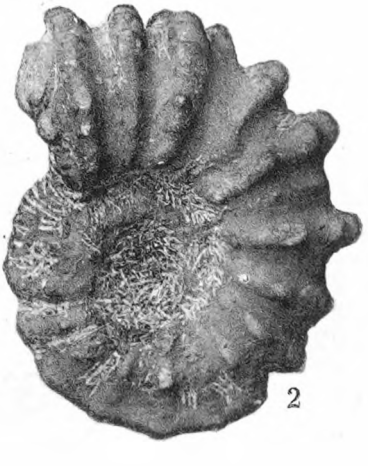



3 a


3


6


2 b


2


2 a

Clichés Ragot

Albien et Cénomanien

Planche XVII

1, 1 a. *Forbesiceras obtectum* SHARPE. — Cénomanien de l'Antsandoky. — G. N.

2, 2 a. *Phylloceras velledæ* MICHELIN. — Même gisement. — G. N.

3. *Acanthoceras Martimpreyi* COQ. — Cénomanien pyriteux de Mahakenda. — G. N.

4. *Forbesiceras obtectum* SHARPE. — Même gisement. — G. N.

5, 5 a. *Mammites Boulei* COLLIGNON. — Même gisement. — G. N.

6, 6 a. *Puzosia planulata* SOW. — Cénomanien de l'Antsandoky. — G. N.

7, 7 a. *Tetragonites timotheanum* MAYOR. — Même gisement. — G. N.

8, 8 a. *Belemnites ultimus* D'ORB. — Même gisement. — G. N.

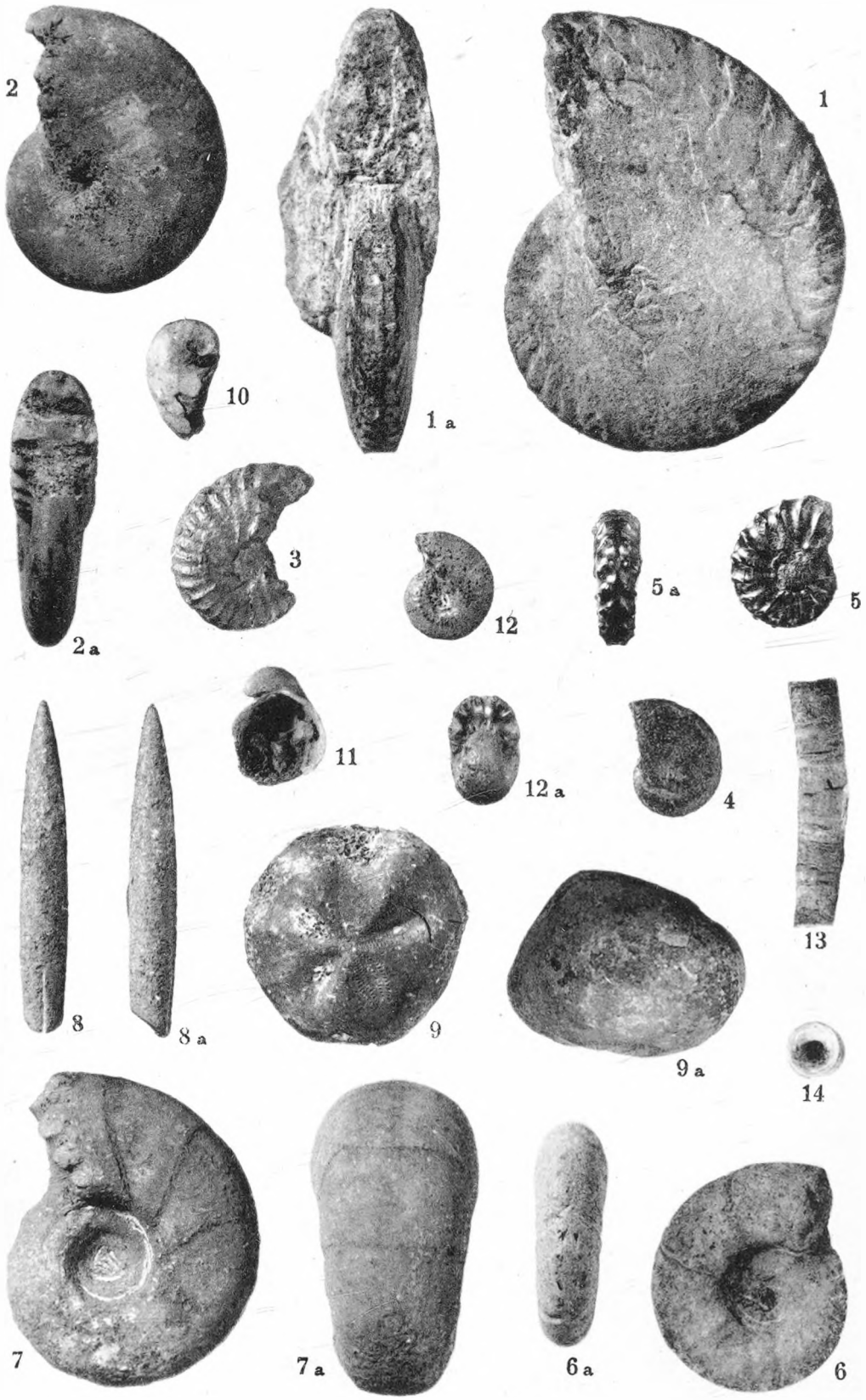
9, 9 a. *Epiaster* cf. *Henrici* PÉRON et GAUTHIER. — Même gisement. — Grossi deux fois.

10. *Exogyra columba* LMK. — Même gisement. — G. N.

11. *Id.* — Même gisement. — G. N.

12, 12 a. *Scaphites æqualis-obliquus* SOW. — Cénomanien pyriteux de Mahakenda. — G. N.

13, 14. *Serpula ootatoorensis* STOL. — Cénomanien de Diégo. — G. N.



Clichés Ragot

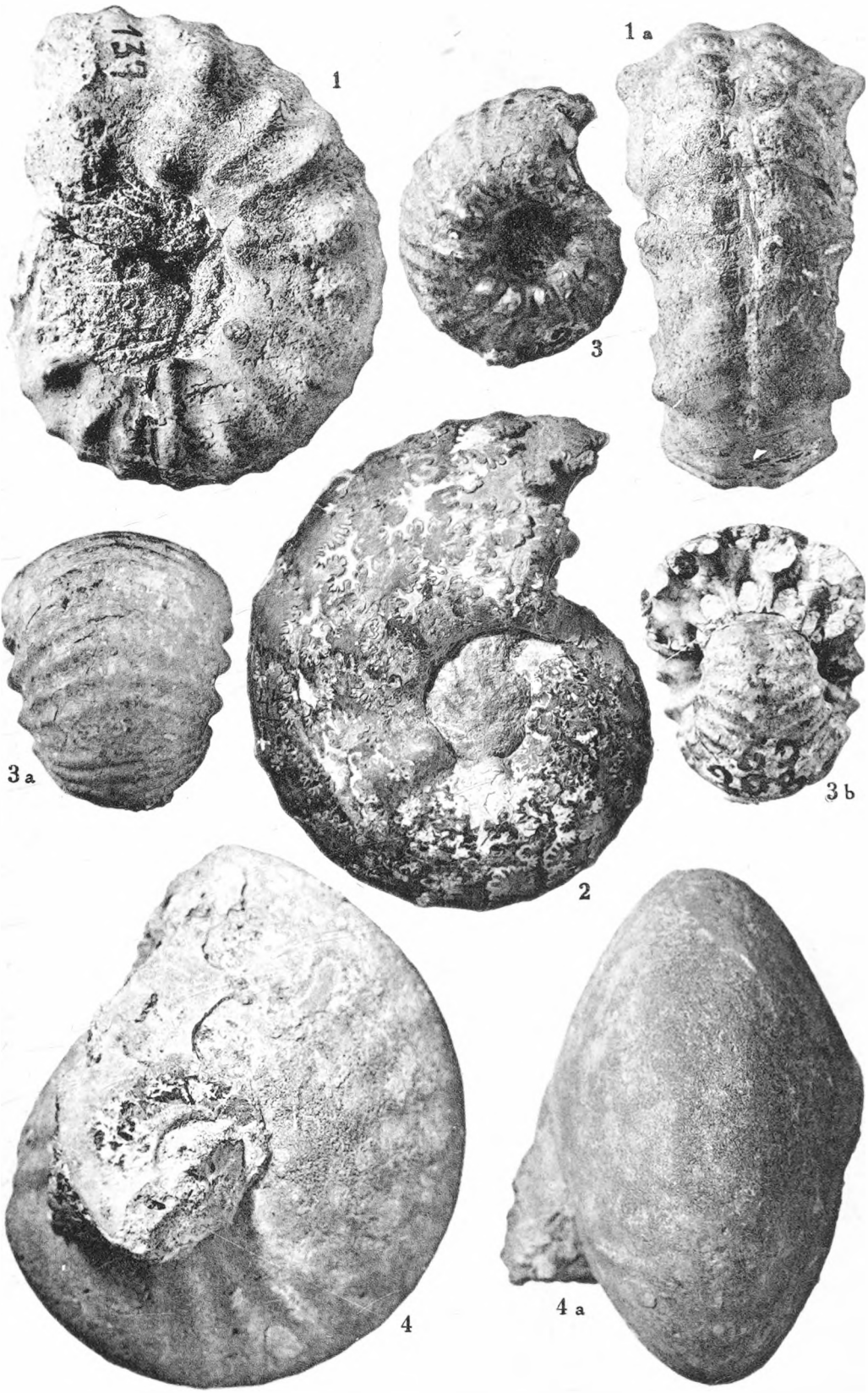
Cénomanien

Planche XVIII

1, 1 a. *Mammites conciliatus* Stol. — Turonien inférieur du Sud d'Animokotra. — G. N. × 2/3.

2. *Id.* — Même gisement. — G. N. × 2/3.

4, 4 a. *Neoptychites xetriformis* Perv. — Même gisement. — G. N.



Clichés Ragot

Turonien

Planche XIX

1. *Neoptychites cephalotus* COURT. — Turonien inférieur du Sud d'Animokotra. — G. N. × 1/2.

2. *Id.* — Même gisement. — G. N.

3, 3 a. *Hemiaster sp.* — Même gisement. — G. N.



1



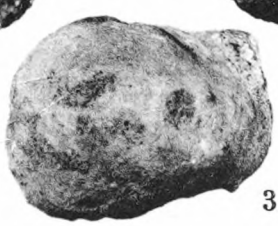
3



2



2 a



3 a

Clichés Ragot

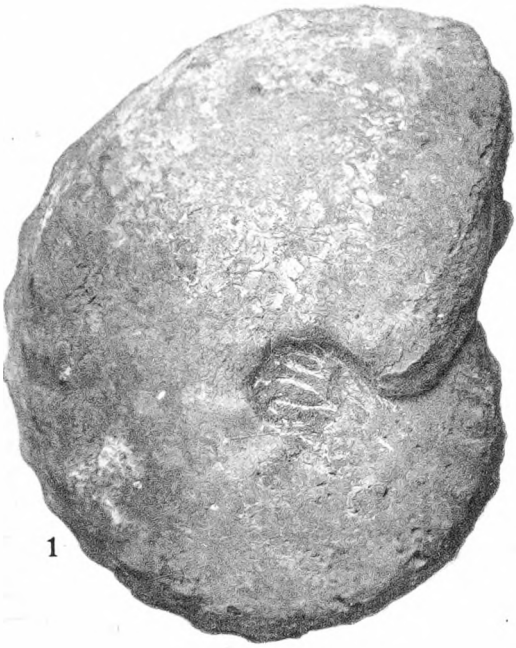
Turonien

Planche XX

1, 1 a. *Barroisiceras Haberfellneri* DE GROSS. — Coniacien de Manasora sur Onilahy. — G. N.

2, 2 a. *Mortoniceras Texanum* ROEMER. — Santonien de l'Est de Mitraïky. — G. N. × 2/3.

3. *Hauericeras Gardeni* BAÏLY. — Santonien du Manambolo. — G. N. × 1/2.



1



2 a



1 a



3



2

Clichés Ragot

Coniacien et Santonien

Planche XXI

1, 1 a. *Mortoniceras Delawarense* MORTON. — Campanien de l'Est de Mitraïky. — G. N. × 2/3.

2, 2 a. *Phylloceras Woodsi* VAN HOEPEN. — Santonien de Tsianaloky. — G. N.

3, 3 a. *Tetragonites nuperus* VAN HOEPEN. — Santonien de l'Est de Mitraïky. — G. N.

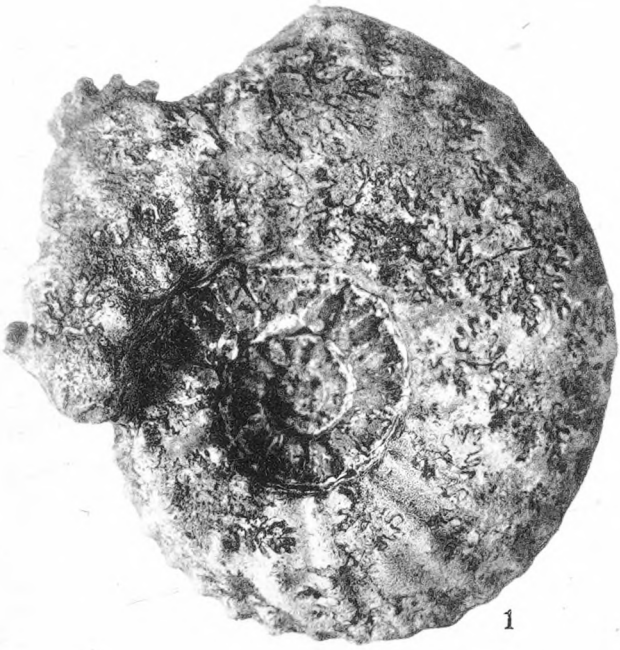
4. *Gaudryceras varagurense* KOSSM. — Santonien de Tsianaloky. — G. N.

5, 5 a. *Hoplites Vari* SCHLÜTER. — Campanien du Nord de Trangahy. — G. N.

6, 7. *Baculites Baily* WOODS. — Santonien de la montagne des Français. — G. N.

8, 8 a. *Tetragonites* cf. *virgulatus* VAN HOEPEN. — Santonien de l'Est de Mitraïky. — G. N.

9. *Hoplites Vari* SCHLÜTER. — Campanien du Nord de Trangahy. — G. N.


1


1 a


2


2 a


3 a


3


4


5 a


6


7


5


8


8 a


9

Clichés Ragot

Santonien et Campanien

Planche XXII

1, 1 a. *Schloenbachia papillata* SPATH. — Santonien du Manambolo. — G. N.

2. *Schloenbachia Umbulazi* BAILY. — Santonien supérieur (?) de l'Ouest d'Andranovorikolo.

3, 3 a. *Conocyathus Besairiei* ALLOITEAU. — Campanien d'Andrafiavelo. — G. N.

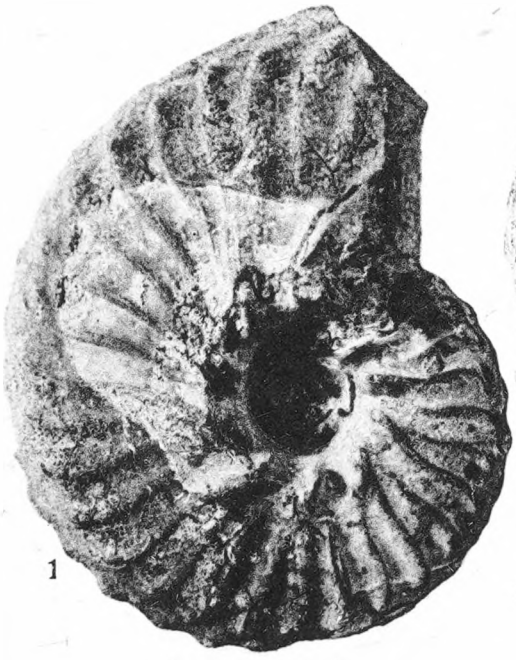
4. *Id.* — Coupe G. N.

5. *Cidaris Mahafalensis* nov. sp. — Base du Sénonien supérieur de la province de Betioky. — G. N.

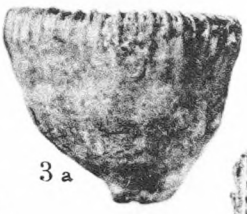
6. *Cidaris* cf. *sceptrifera* MANT. — Campanien d'Andrakaraka. — G. N.

7. *Alectryonia ungulata* SCHL. — Campanien du Nord-Ouest de l'Eliva. G. N.

8, 8 a. *Baculites Bassei* nov. sp. — Horizon d'Andrakaraka (Campanien supérieur ou Maestrichtien inférieur) au Nord de Trangahy. — G. N.

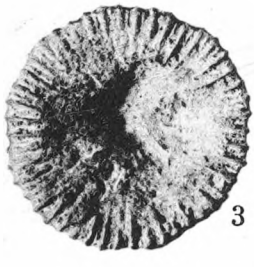

1


1 a


3 a

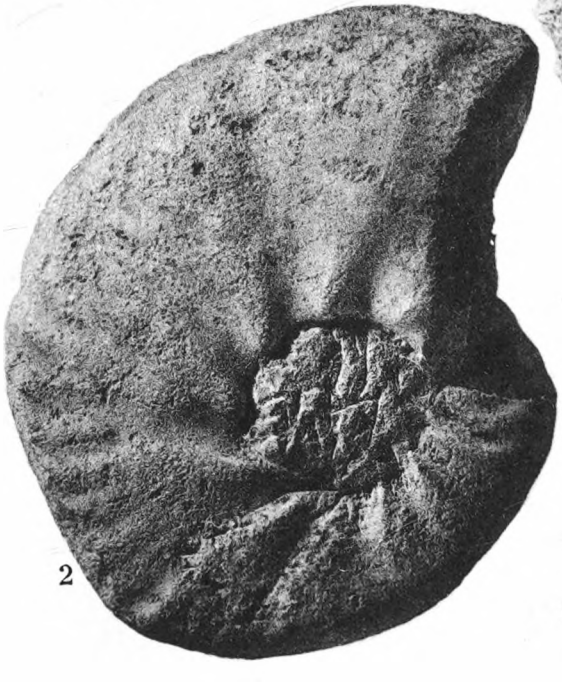

6


5


3


4


7


2


8 a


8

Clichés Ragot

Santonien et Campanien

Planche XXIII

1. *Stigmatopygus Lamberti* nov. sp. — Campanien d'Andrafiavelo. — Face supérieure. — G. N.

2. *Id.* — Forme moyenne vue de profil. — G. N.

3. *Id.* — Forme aplatie vue de profil. — G. N.

4. *Id.* — Forme élevée vue de profil. — G. N.

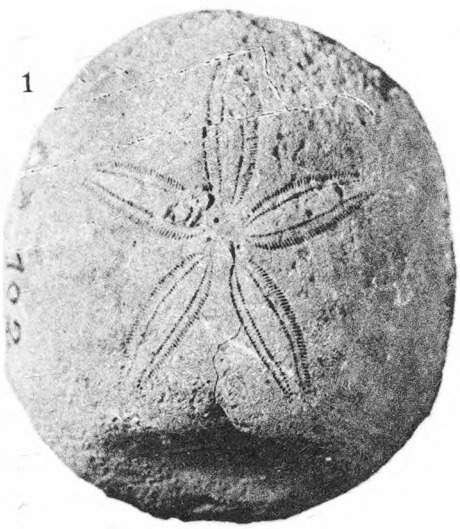
5. *Id.* — Forme surélevée vue de profil. — G. N.

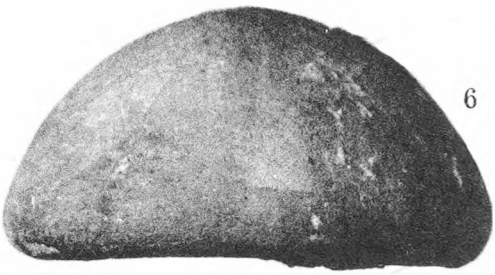
6. *Id.* — Forme aplatie; vue de la région antérieure. — G. N.

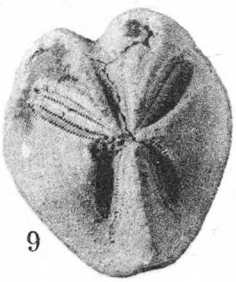
7. *Id.* — Forme élevée; vue de la région postérieure montrant la position du périprocte. — G. N.

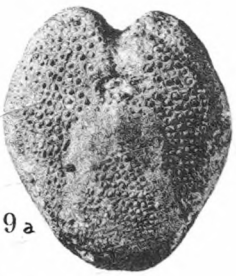
8. *Id.* — Vue de la face inférieure. — G. N.

9, 9 a, 9 b. *Mecaster cristatus* Stol. — Campanien d'Andrafiavelo. — G. N.









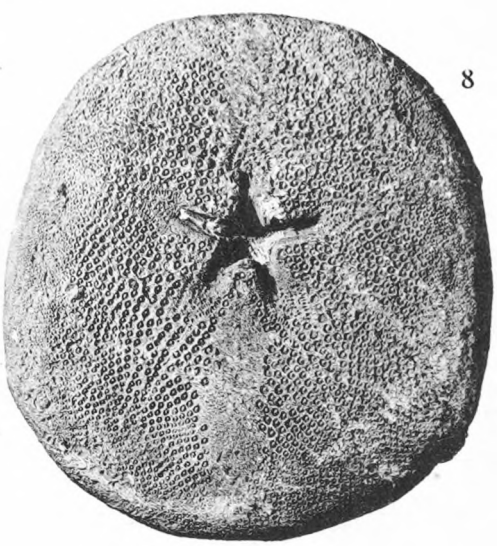














Clichés Ragot

Campanien

Planche XIV

1. *Homeoaster Ardouini* LAMBERT. — Maestrichtien inférieur de la montagne des Français. — Exemplaire légèrement déformé. — G. N.

2. *Id.* — Exemplaire normal. — G. N.

3. *Guettaria Roccardi* COTTREAU. — Même gisement. — G. N.

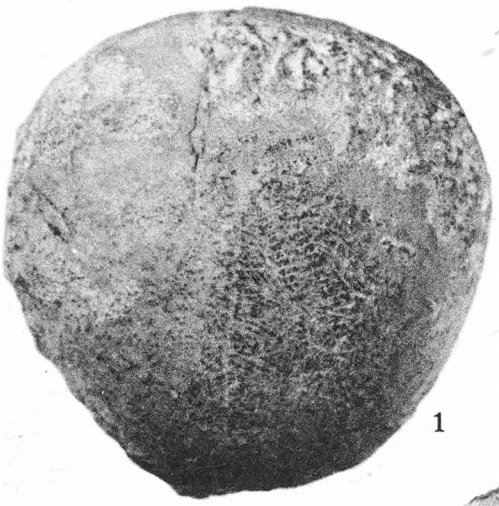
4, 4 a. *Lefortia Barrabei* nov. sp. — Campanien du Nord de Trangahy. — Grossi deux fois.

5. *Id.* — Vue de la face inférieure. — G. N.

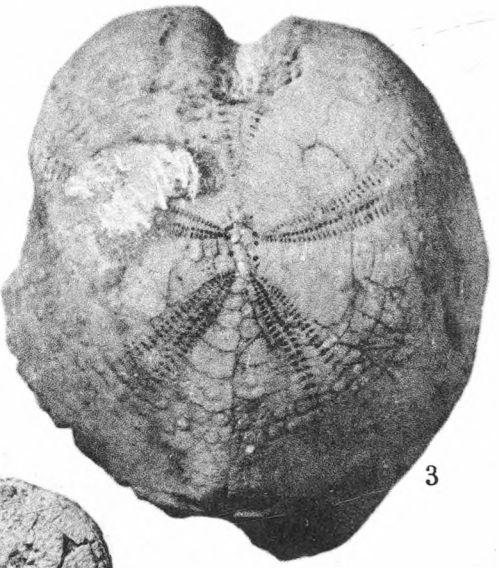
6, 6 a. *Hemiaster sp.* — Niveau d'Andrakaraka (base du Sénonien supérieur) à l'Ouest de Mokotibe. — G. N.

7, 7 a. *Hemiaster sp.* — Niveau de la craie d'Andrafiavelo (Maestrichtien supérieur) à Andrafiavelo. — G. N.

8. *Epiaster nobilis* STOL. — Campanien du Nord de Trangahy. — Vue de profil. — G. N.



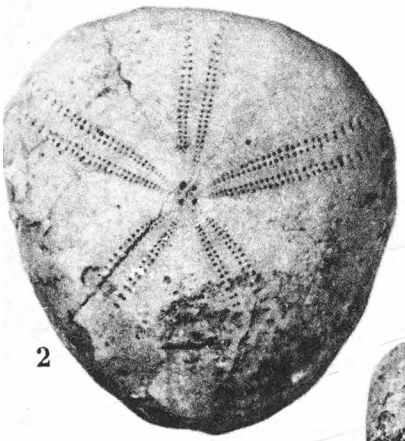
1



3



5



2



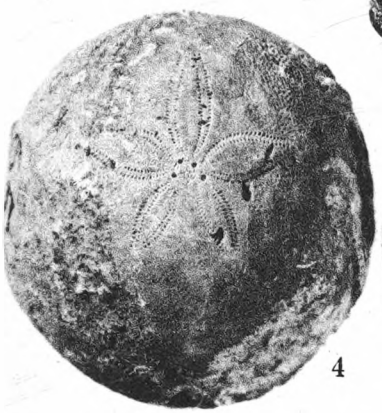
4 a



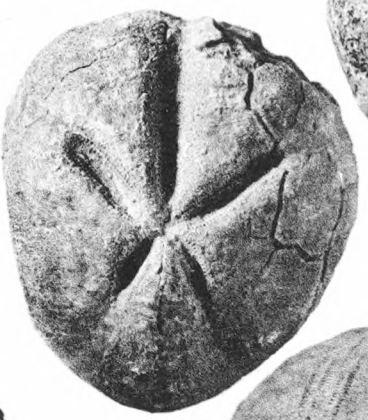
7 a



7



4



6



6 a



8

Clichés Ragot

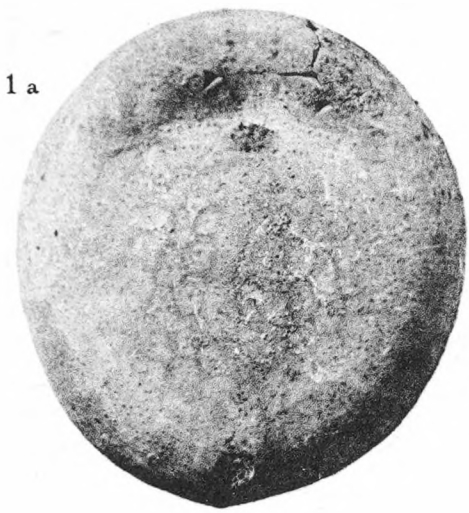
Campanien et Maestrichtien

Planche XXV

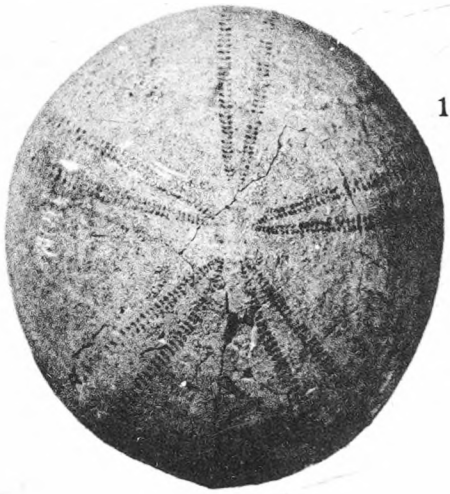
1, 1 a, 1 b. *Echinocorys tenuituberculatus* LEYM. var. *madagascariensis* nov. — Maestrichtien inférieur de l'Est de Mitraïky. — G. N. × 2/3.

2, 2 a. *Seunaster Gauthieri* LAMBERT. — Maestrichtien inférieur de la montagne des Français. — G. N. × 2/3.

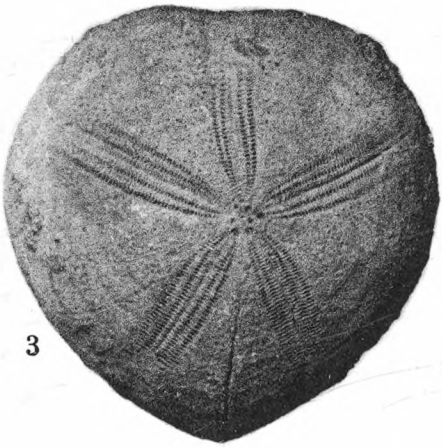
3. *Epiaster nobilis* STOL. — Campanien de l'Est de Mitraïky. — G. N.



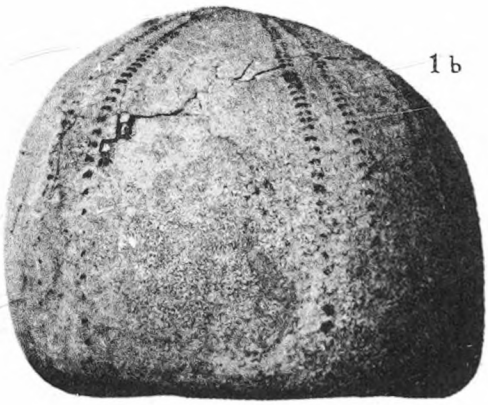
1 a



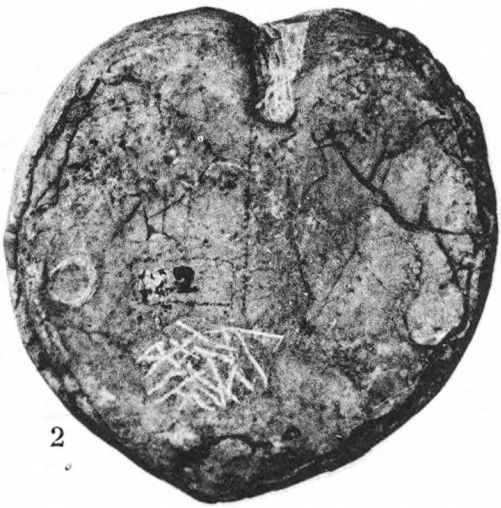
1



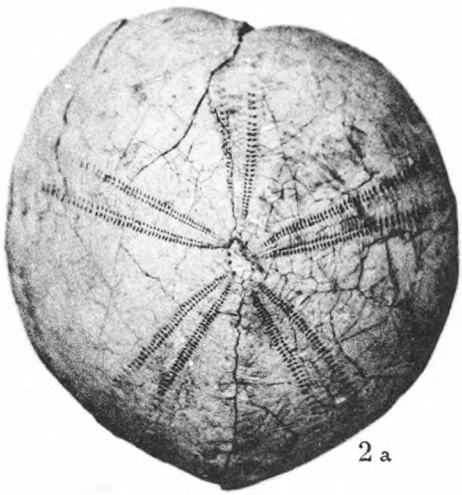
3



1 b



2



2 a

Clichés Ragot

Campanien et Maestrichtien

Planche XXVI

1. *Pycnodonta vesicularis* Lmk. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N. × 2/3.

2. *Volutilithes fanivelonensis* Boule et Thév. — Campanien du Sangonakanga. — G. N. × 1/2.

3. *Lepidorbitoïdes socialis* Leym. — Sénonien supérieur de l'Onilahy. — Coupe grossie deux fois.

4, 4 a. *Pachydiscus gollevillensis* de Gross. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N.

5. *Ostrea laciniata* d'Orb. — Base du Sénonien supérieur du Nord-Ouest de l'Eliva. — G. N. × 1/2.

6. *Bellardia vicina* Douv. — Maestrichtien de l'Ouest d'Edjeda. — G. N.

7. *Mesalia fasciata* Lmk. — Même gisement. — G. N.

8, 9. *Lyria* cf. *turgidula* Desh. — Même gisement. — G. N.

10. *Volutocorbis indica* Douv. — Même gisement. — G. N.

11. *Haustator* cf. *congregatus* Douv. — Même gisement. — G. N.

12. *Hemiaster madagascariensis* Cottreau. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N.

13, 14. *Baculites vagina* Forbes. — Maestrichtien supérieur d'Andrafiavelo. — G. N.



Clichés Ragot

Campanien et Maestrichtien

Planche XXVII

1, 1 a. *Ostrea pelecydion* FISCHER. — Miocène du plateau calcaire du Sud-Ouest. — G. N.

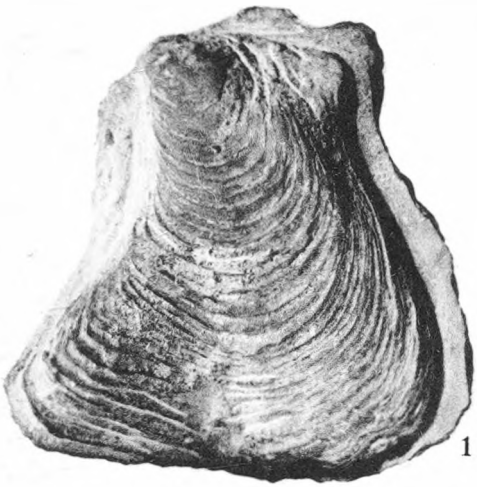
2. *Echinolampas sp.* — Eocène moyen du mont Tsitonga. — G. N.

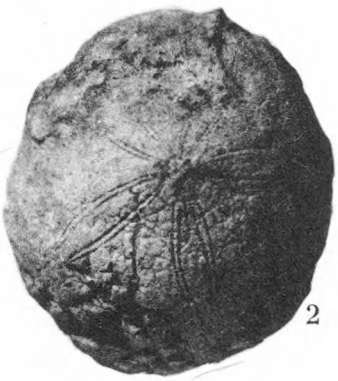
3. *Alveolina elliptica* SOW. — Marnes à Echinides du Lutétien d'Ifanata. — Coupe grossie deux fois.

4 à 12. *Nummulites atacicus* LEYM. — Eocène moyen de la base du mont Ianakatsamby. — G. N.

13. Calcaire à Milioles du bas Manambao. — Eocène moyen. — Coupe grossie quatre fois.

14. *Clavator Grandidieri* CR. et FISCH. — Grès récents d'Andrahomana. — G. N.


1


2


1 a


4


3


5

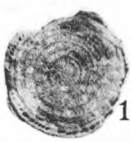

6


7


8

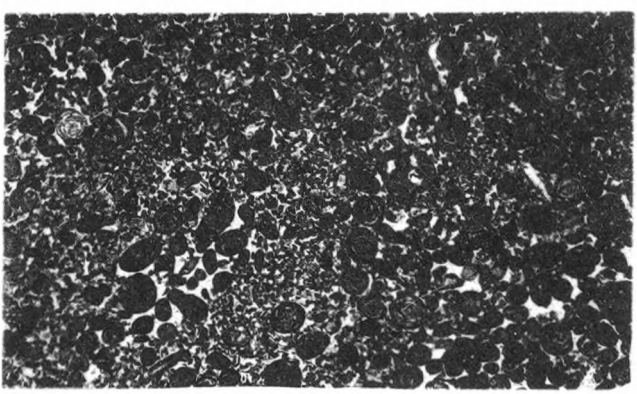

9


10


11


12

13




14

Clichés Ragot

Tertiaire et Récent