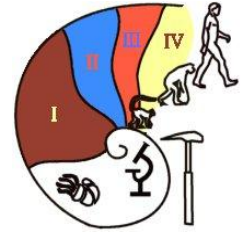




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES



DEPARTEMENT DE PALEONTOLOGIE ET D'ANTHROPOLOGIE BILOGIQUE

Mémoire de recherches pour l'obtention du

DIPLOME D'ETUDES D'APPROFONDIES

Option : Paléontologie et Evolution Biologique

Sous-option : Paléontologie et Biostratigraphie

Spécialité : Micropaléontologie



Présenté publiquement le 09 Mars 2015

par ANDRIASETRARIVO Onjaniaianarisoa Sabine

Membres du Jury :

Président : Professeur RANIVOCHARIMANANA Lovasoa

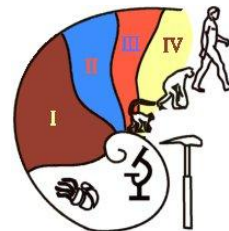
Rapporteur : Docteur RAMAKAVELO Geneviève, Maître de Conférences

Examineurs : Docteur RAHANTARISOA Lydia, Maître de Conférences

Docteur RANAIVOARISOA Jean Freddy, Maître de Conférences



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES



DEPARTEMENT DE PALEONTOLOGIE ET D'ANTHROPOLOGIE BILOGIQUE

Mémoire de Recherche pour l'obtention du

DIPLOME D'ETUDES D'APPROFONDIES

Option : Paléontologie et Evolution biologique

Sous-option : Paléontologie et Biostratigraphie

Spécialité : Micropaléontologie

**BIOSTRATIGRAPHIE ET PALEOENVIRONNEMENT
DUSITE D'ANDALANABO (Sud du bassin de Morondava)**

Présenté publiquement le 09 Mars 2015

par ANDRIASETRARIVO Onjanianaianarisoa Sabine

Membres du Jury :

Président : Professeur RANIVOHARIMANANA Lovasoa

Rapporteur : Docteur RAMAKAVELO Geneviève, Maître de Conférences

Examineurs : Docteur RAHANTARISOA Lydia, Maître de Conférences

Docteur RANAIVOARISOA Jean Freddy, Maître de Conférences

DEDICACE

Je dédie ce mémoire :

A toute ma famille.

A tous mes amis.

REMERCIEMENTS

Ce mémoire a été effectué au sein de la FACULTE DES SCIENCES, Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique et nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidée, de près ou de loin, durant la préparation et la réalisation de ce travail.

Nous remercions en particulier :

➤ Monsieur RAHERIMANDIMBY Marson, Professeur Titulaire, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, qui a donné l'autorisation de présentation de ce mémoire.

➤ Monsieur RAKOTONDRAZAFY Raymond, Professeur, Vice Doyen de la Faculté des Sciences, Responsable de la Formation en Troisième Cycle au sein du Département de Paléontologie et d'Anthropologie biologique, qui a autorisé ce travail.

➤ Monsieur RAKOTONDRAZAFY Amos Fety Michel, Professeur Titulaire, Responsable de la Formation Doctorale en Science de la Terre et de l'Evolution, qui a accepté la présentation de ce mémoire.

➤ Monsieur le Docteur ANDRIAMIALISON Haingoson, Maître de Conférences, Chef du Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique (DPAB), qui a accepté notre inscription dans cette voie et a appuyé la demande de préparation.

➤ Madame RANIVOCHARIMANANA Lovasoa, Professeur, Spécialiste en Paléontologie des Vertébrés, qui a accepté de présider le Jury de présentation de ce mémoire.

➤ Madame le Docteur RAMAKAVELO Geneviève, Maître de Conférences, Directeur du laboratoire de la Micropaléontologie et Paléobotanique, qui nous a encadrée pour la réalisation de ce mémoire.

➤ Monsieur le Docteur RAKOTONDRAZAFY Toussaint, Maître de Conférences, Spécialiste en Paléobotanique et Biostratigraphie, qui nous a apportée ses conseils judicieux dans la réalisation de ce travail.

➤ Madame le Docteur RAHANTARISOA Jeanne Lydia, Maitre de Conférences, et Monsieur le Docteur RANAIVOARISOA Jean Freddy, Maitre de Conférences, qui, malgré leurs occupations, ont accepté de faire partie de la commission de lecture et membres du Jury de ce mémoire.

➤ Monsieur Dr. Willem RENEMA (ScientificResearcher, Department of Geology), Dr. Laura COTTON, (Postdoctoral Researcher, Department of Geology) et Kate Louise (GeologicalGeochemist) qui ont donné l'opportunité d'accomplir notre travail sur terrain.

➤ Le Laboratoire du Service des Mines d'Ampandrinomby, Ampasapito, Antananarivo 101

➤ Tout le personnel du Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique, qui nous a aidée à mettre au point ce mémoire.

➤ Enfin, je remercie infiniment ma famille et mes proches qui nous ont apportée leur soutien affectif moral et matériel dont nous avons besoin pour terminer ce travail.

Résumé

Le site d'Andalanabo qui fait partie du bassin de Morondava, est un gisement riche en microfossiles : foraminifères (nummulites et alvéolines) et ostracodes. Les 3 espèces respectives de nummulites et d'alvéolines identifiées sont : *N. narindaensis*, *N. atacicus*, *N. globulus*, *A. rectiangula*, *A. elliptica* et *A. oblonga*. Le *N. narindaensis* dont nous avons trouvé les deux formes (forme A à la lame spirale de 6 tours et forme B à lame spirale de 8 tours), ne se trouve qu'à Madagascar. Les nummulites, les alvéolines et l'*Orbitolites* ont permis de dater la carrière d'Andalanabo à l'Eocène inférieur (Yprésien), il y a environ de 55 - 47 millions d'années. Les fossiles rencontrés : les bryozoaires, les échinodermes (*Plesiolampas saharæ*) et les ostracodes (*Paracypris*, *Cytherella*, *Aurilia*, *Cytheropteron*, *Bairdia*) ont permis de déterminer que cette carrière constitue l'environnement marin de la plate-forme continentale néritique, chaud et à mer ouverte.

Mots- clés: Nummulites –Alvéolines-Yprésien – Andalanabo – Bassin de Morondava –Madagascar.

Abstract

The Andalanabo site is among the Morondava basin a layer rich in microfossil: foraminifera (nummulites and alveolina) and ostracods. The 3 species respectively nummulites and alveolina to identify are: *N. narindaensis*, *N. atacicus*, *N. globulus*, *A. rectiangula*, *A. elliptica* and *A. oblonga*. The *N. narindaensis* of which we found the two shapes (shape A in the spiral blade of 6 turns and B shape to spiral blade of 8 turns), only meet to Madagascar. The nummulites, the alveolina and the *Orbitolites* permitted to date the career of Andalanabo to the Eocene lower (Ypresian), there are about 55 - 47 millions of years. The fossils met: the bryozoa, the echnids (*Plesiolampas saharæ*) and the ostracods (*Paracypris*, *Cytherella*, *Aurilia*, *Cytheropteron*, *Bairdia*), so to determine that this career constitutes the marine environment of the platform continental neritic, warm and open environment.

Keywords: Nummulites – Alveolina - Ypresian - Andalanabo –Basin of Morondava- Madagascar.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	ii
Résumé /Abstract	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES ANNEXES	ix
INTRODUCTION	1
PARTIE I : GENERALITES	
1- LE BASSIN DE MORONDAVA.....	2
1-1- HISTORIQUE SUR L’EOCENE DANS LA PARTIE SUD DU BASSIN DE MORONDAVA	2
1-2- CADRE GENERAL SUR LE BASSIN DE MORONDAVA.....	2
1-2-1- Cadre Géographique.....	2
1-2- 2-Cadre Géologique.....	3
2- EOCENE DANS LA PARTIE SUD DU BASSIN DE MORONDAVA	4
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES	
1- LA LOCALISATION DE LA CARRIERE D’ANDALANABO	7
2-MATERIELS ET METHODES	8
2-1- SUR TERRAIN	8
2-1-1- Matériels.....	8
2-1-2- Echantillonnage.....	9
2-1-2-1- Cas des sédiments meubles.....	9
2-1-2-2- Cas de sédiments indurés.....	10
2-2- AU LABORATOIRE	10
2-2-1- POUR LE SEDIMENT MEUBLE.....	10
2-2-1-1-Matériels	10
2-2-1-2- Mode Opératoire.....	11

2-2-1-3- Opération spécifique pour les grands foraminifères	12
2-2-1-4-Méthode de détermination	13
2- 2-2- POUR LES SEDIMENTS INDURES	13
2-2-2-1-Matériels	13
2-2-2-2-Mode opératoire de la préparation des lames minces	14
2-2-2-3- Méthode d'analyse du microfaciès	15
2-2-2-4-Méthode de détermination	15
2-2- 3- DETERMINATION DES FORMES RENCONTREES.....	18
2-2-3-1-FORAMINIFERES	18
2-2-3-2-OSTRACODES	19
 PARTIE III : RESULTATS	
1-LA LITHOLOGIE DU SITE D'ANDALANABO.....	20
2- ETUDE DESCRIPTIVE ET SYSTEMATIQUE	22
2-1-MICROFOSSILES	22
2-1-1- FORAMINIFERES	22
2-1-1-1- GRANDS FORAMINIFERES	23
a)- grands foraminifères à test hyalin	23
b)- grands foraminifères à test porcelané	25
2-1-1-2- PETITS FORAMINIFERES	28
a) petits foraminifères à test hyalin	28
b) petits foraminifères à test porcelané.....	29
c)- petits foraminifères à test agglutiné	31
2-1-2- OSTRACODES.....	32
2-2- MACROFOSSILES.....	34
2-2-1- ECHINODERMES	34
2-2-2- GASTEROPODES.....	35
3- ETUDE DU MICROFACIES	36

4- LA REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DE GROUPES RENCONTRES DANS LE MILIEU DE DEPOT	38
4-1- MICROFOSSILES RENCONTRES	38
4-2- FORAMINIFERES.....	39
Partie IV : INTERPRETATION et DISCUSSION	
1- GROUPES RENCONTRES DANS LE MILIEU DE DEPOT	41
1-1- FORAMINIFERES.....	41
1-2- OSTRACODES	41
2- LA BIOSTRATIGRAPHIE	41
2-1- ANDALANABO	41
2-2-LA BIOSTRATIGRAPHIE DE L'EOCENE DES AUTRES BASSINS DE MADAGASCAR	42
2-2-1- Bassin d'AMBILOBE.....	42
2-2-2-Bassin de MAHAJANGA	42
2-2-3- Bassin de MORONDAVA.....	42
2-3- L'YPRESIEN DE MADAGASCAR.....	43
3- PALEOENVIRONNEMENT	43
3-1- Apport des microfossiles	43
3-2- Apport des microfaciès	45
3-3- Apport de la sédimentation	45
4 -LA PALEOBIOGEOGRAPHIE	46
CONCLUSION	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte géologique simplifiée de Madagascar	5
Figure 2 : Le site d’affleurement de l’Eocène dans la partie extrême sud du bassin de Morondava	6
Figure 3 : Carte représentative de la commune d’Andranovory où se situe la carrière d’Andalanabo,	7
Figure 4 : Le paysage de la carrière d’Andalanabo	8
Figure 5 : Marteau de géologue.....	9
Figure 6 : Les tamis à mailles décroissantes	10
Figure 7 : Loupe binoculaire	11
Figure 8: Classification des roches calcaires selon Folk en 1959.	16
Figure 9 : Organigramme de différentes étapes pour le traitement des sédiments.....	17
Figure 10 : La carrière d’Andalanabo	20
Figure 11 : La coupe lithologique de la carrière d’Andalanabo.....	21
Figure 12 : Photos représentatives de types des filets cloisonnaires chez les nummulites,	23
Figure 13 : Photo d’une section équatoriale du genre <i>Nummulites</i>	24
Figure 14 : Les photos d’alvéolines	26
Figure 15 : Photo d’une section équatoriale d’ <i>Alveolina rectiangularis</i>	27
Figure 16 : Les photos d’une coupe équatoriale d’ <i>Alveolina elliptica</i> et <i>Alveolina oblonga</i>	27
Figure 17 : g : <i>Orbitolites</i> , section axiale en lumière naturelle. Grossissement x4.....	28
Figure 18 : Les miliolites en section axiale (lumière naturelle. Grossissement x 4).....	30
Figure 19 : <i>Plesiolampas saharae</i>	35
Figure 20: Coquille de gastéropodes enfouis dans le sédiment calcaire	35
Figure 21: Les microfaciès avec leurs bioclastes.	37
Figure 22 : La répartition des foraminifères dans la carrière d’Andalanabo en fonction des caractéristiques de leurs tests.	39
Figure 23: La représentation graphique de pourcentage des espèces chez les alvéolines et les nummulites d’Andalanabo.	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulation des différents types de microfaciès de la carrière d’Andalanabo.	36
Tableau 2: La répartition des microfossiles rencontrés dans le gisement d’Andalanabo.	38
Tableau 3: La répartition stratigraphique des foraminifères rencontrés dans le site d’Andalanabo.	40

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Climatologie actuelle d’Andalanabo	I
Annexe II : Echelle stratigraphique de l’Eocène	II
Annexe III : Différents types de filets cloisonnaires chez les nummulites.....	III
Annexe IV : Lithologie de la carrière d’Andalanabo.....	IV
Annexe V : Fossiles stratigraphiques de l’Yprésien dans les bassins de Madagascar.....	V
Annexe VI : Zonation d’un littoral à une sédimentation carbonatée.....	VI

LISTE DES ABREVIATIONS

- mm : millimètre
- m : mètre
- km : kilomètre
- μ : micron
- N°: numéro
- Andl: Andalanabo
- N.: *Nummulites*
- A.: *Alveolina*
- DPAB : Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique
- TAM : Température Annuelle Moyenne

INTRODUCTION

Les recherches que nous avons menées dans la partie Sud du bassin de Morondava nous ont permis d'apprécier de nombreux sites fossilifères du Paléogène, le site d'Ambohimahavelona, le site d'Andatabo, le site de Miary et les différentes carrières montrant des affleurements, à savoir la carrière Gasy, la carrière d'Andalanabo et la carrière d'Ankazomanga. Les sites d'Ambohimahavelona, d'Andatabo et de Miary ont été déjà étudiés (RAMAKAVELO 1985). Les autres carrières présentant des affleurements ont été déjà exploitées. Présentant beaucoup des nummulites, d'alvéolines et des couches encore en place, la carrière d'Andalanabo a été choisie comme site d'étude. C'est une carrière excavée par la société COLAS. Elle se situe dans le village de Masiakampy, Fokontany de Saririaka d'Andalanabo.

Le but de ce mémoire est de caractériser ce site par sa lithologie et ses fossiles pour établir son histoire géologique et son environnement ancien.

Pour avoir une meilleure conception de cette étude, les objectifs spécifiques consistent à :

- inventorer les foraminifères et les ostracodes, surtout avoir une meilleure connaissance des grands foraminifères benthiques (les nummulites et les alvéolines),
- préciser la biostratigraphie à partir des faunes rencontrées,
- reconstituer le paléoenvironnement avec les faunes associées et les caractères lithologiques.

Pour atteindre ces objectifs, les généralités portant sur le bassin de Morondava vont être traitées en premier lieu, suivies des méthodes et matériels qui sont utilisés dans ce travail, puis, les résultats suivis de la discussion et de la conclusion.

PARTIE I : GENERALITES

1- LE BASSIN DE MORONDAVA

1-1- HISTORIQUE SUR L'Eocene DANS LA PARTIE SUD DU BASSIN DE MORONDAVA

D'après les études déjà entreprises, le site étudié est âgé de l'Eocène. Les travaux concernés sur l'Eocène de cette partie Sud du bassin de Morondava sont les suivants :

❖ DONCIEUX, 1948, a identifié les espèces des nummulites, d'assillines, d'ortophragmines et des lépidocyclines d'une vingtaine de gisements de la côte Ouest de Madagascar.

❖ BESAIRIE, 1971, a donné la division stratigraphique du plateau calcaire de la région de Toliara en se basant sur les données paléontologiques. Ces études ont permis de connaître les différentes lithologies de l'Eocène avec leurs fossiles index.

❖ RAMAKAVELO, 1985, a fait des études micropaléontologiques du Crétacé supérieur au Paléogène du Cénozoïque de la région de Toliara. Elle a corréler les différents sites aux alentours de la région de Toliara.

❖ RAZANAMALALA, 2009, a étudié le paléoenvironnement du plateau calcaire de Soalara datant de l'Eocène dans la région de Toliara.

1-2- CADRE GENERAL SUR LE BASSIN DE MORONDAVA

1-2-1- Cadre Géographique

Le bassin de Morondava s'allonge sur 1000km entre le Cap Saint André au Nord et le Cap Sainte Marie au Sud et sur 130 km de large. Il est limité :

- au Nord par le bassin de Mahajanga,
- à l'Est par la région de Bongolava qui constitue le socle cristallin,
- à l'Ouest par la rive côtière du canal de Mozambique,

Selon BESAIRIE en 1971, le bassin comprend cinq grandes divisions qui sont limitées par les grands fleuves suivants :

- l'extrême Nord du Cap Saint André au fleuve Manambao,
- le Nord du Manambao au fleuve Manambolo,
- le Centre du bassin entre le Manambolo et la latitude 590 à 50km au Sud de la ville de Morondava,
- le Sud, division comprise entre la latitude 590 et le fleuve Mangoky,
- l'extrême Sud, celle comprise entre le fleuve Mangoky et l'Onilahy, où est localisé le site d'Andalanabo.

1-2- 2-Cadre Géologique

Les grands traits géologiques de la surface de ce bassin donnent une image d'un bassin monoclinal Ouest en s'ennoyant progressivement vers la mer (figure 1). Ils sont accidentés par des failles.

Selon BESAIRIE et COLLIGNON en 1972, la stratigraphie de la partie méridionale du bassin de Morondava est caractérisée par la succession des différents groupes dont :

- A la base, la Sakoa qui affleure complètement dans la partie Sud du Mangoky et au Nord de l'Onilahy. Elle est constituée de calcaires, de grès et de tillites.
- Après la formation de la Sakoa, la Sakamena qui comporte la subdivision suivante :
 - La Sakamena inférieure, constituée par un complexe grés-schisteux.
 - La Sakamena moyenne, formée d'argiles à nodules de poissons.
 - La Sakamena supérieure, dominée par des argiles et des grès à stratification entrecroisée.
- Le groupe d'Isalo, déposé après la Sakamena supérieure, caractérisée par la présence d'une chaîne montagneuse rocheuse qui renferme de grès dits « grès d'Isalo ». Il est divisé en trois d'après la lithostratigraphie de Bésairie, 1960 :
 - Isalo I, composée de grès blancs avec un aspect poreux, perméables et à stratification entrecroisée avec lits de galets.
 - Isalo II, caractérisé par l'abondance de bois silicifiés: *Araucarioxylon*, *Cedroxylon*, *Dadoxylon* dans des grès argileux fins à moyens à couleur rouge, à stratifications obliques, de puissantes couches d'argilites.
 - Isalo III : cette série comme étant le sommet du système Karoo en se basant sur le lithofaciès argilo-gréseux et des calcaires avec des grandes formations marines latéralement.

RAZAFIMBELO en 1987 aurait défini une discordance majeure de la formation de l'Isalo II avec celle qui la supporte et l'a baptisée MAKAY. Cette dernière est caractérisée par la succession de la base vers le sommet du :

- Makay I: grès grossiers massifs conglomératiques ;
- Makay II: complexes argiles-grès-calcaires ;
- Makay III: grès à lentilles d'argile gréseuse.

- Au dessus du groupe de l'Isalo vient le Jurassique supérieur, constitué par un grand développement de calcaires récifaux et de marnes très fossilifères (Jurassique supérieur).

- Après le Jurassique affleure le Crétacé dont :

- À la base, le Crétacé inférieur, caractérisé par le passage de la transgression marine ;
- Le Crétacé moyen et supérieur, déterminé par les coulées basaltiques. Cette formation est constituée par l'alternance du dépôt de grès et calcaires, de marne et grès et de marnes gréseuses.

- Le Campano-Maastrichtien est marqué par le complexe marin. Celui-ci est succédé par la formation de l'Eocène, constituée de calcaires : il s'y trouve le gisement d'Andalanabo.

2- EOCENE DANS LA PARTIE SUD DU BASSIN DE MORONDAVA

L'Eocène est essentiellement formé de calcaires avec quelques passages de marno-calcaires, calcaro-marneux et des intercalations sableuses avec argiles qui marquent la limite du Maastrichtien et de l'Eocène. Il est caractérisé par des microfossiles benthiques (nummulites et alvéolines), associés des algues (*Lithothamnium*) et des échinodermes.

Dans la partie Sud du bassin de Morondava, l'Eocène est visible du Manombo jusqu'à l'Onilahy. Il est constitué de bas en haut selon BESAIRIE, 1971 par:

- Eocène inférieur ou Yprésien qui est caractérisé par des calcaires à algues (*Lithothamnium*), des nummulites, d'alvéolines (*A. subpyrenaica*). Cet étage comprend :

- Yprésien inférieur : marnes et calcaires marneux à nummulites et alvéolines
- Yprésien supérieur : calcaires compacts à *Orbitolites* mais pauvres en nummulites et alvéolines.

- Eocène moyen (Lutétien inférieur et moyen) : alternance de calcaire et calcaire marneux à milioles et souvent de calacrenites à alvéolines.

- Eocène supérieur (Barthonien) : banc de calcaires à alvéolines et à huitres.

Sur la bordure Sud du Mangoky, l'Eocène inférieur forme une bande relativement étroite avec 150 m d'épaisseur tandis que l'Eocène moyen apparaît localement dans la plaine côtière (figure 2) qui constitue le plateau calcaire avec une épaisseur d'une centaine de mètres.

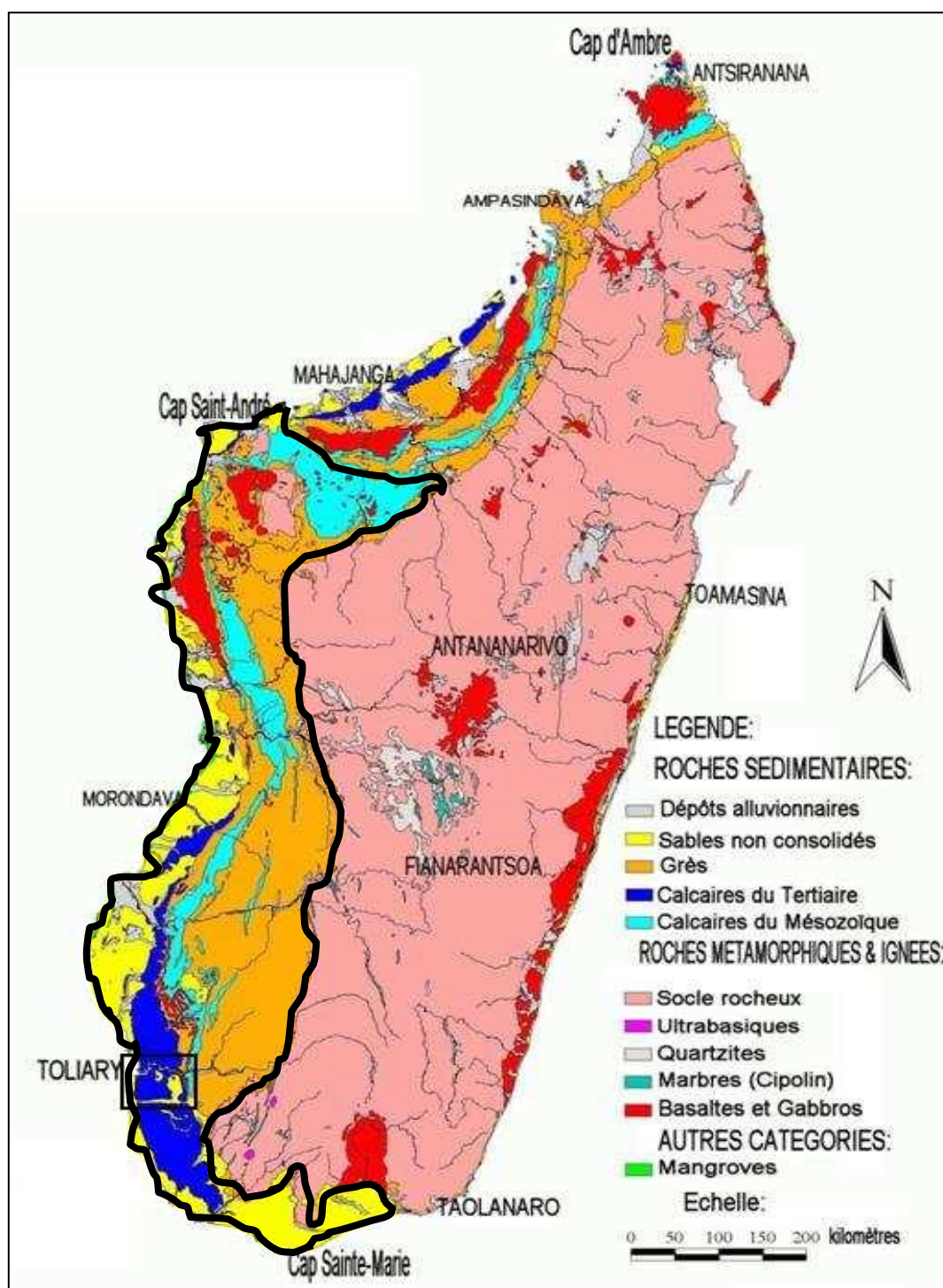


Figure 1 : Carte géologique simplifiée de Madagascar (Bésairie, 1964).

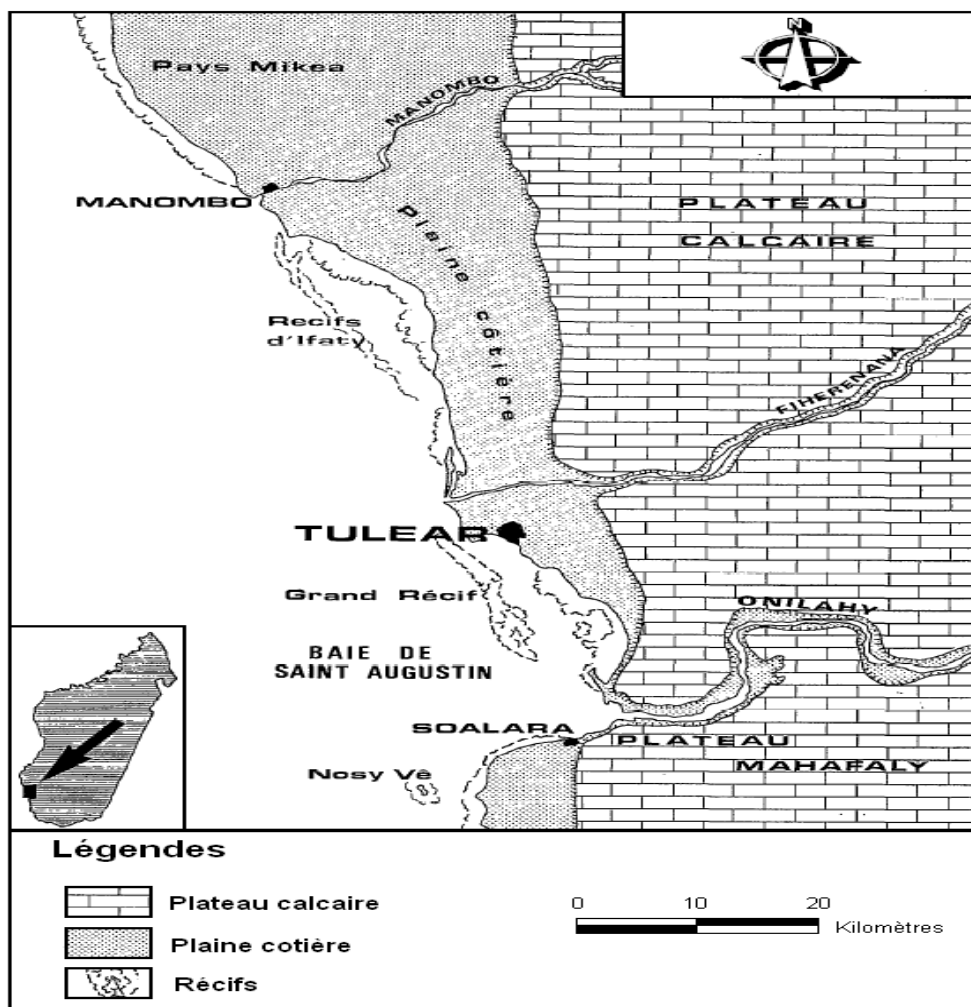


Figure 2 : Le site d’affleurement de l’Eocène dans la partie extrême sud du bassin de Morondava (source, RAZANAMALALA, 2009)

Partie II : Matériels et Méthodes

1- LA LOCALISATION DE LA CARRIERE D'ANDALANABO

Du point de vue géographique, le site d'Andalanabo est localisé dans la province de Toliara, région Atsimo Andrefana, district de Toliara II, commune urbaine d'Andranovory (figure 3) et Fokontany de Saririaka d'Andalanabo. Il se trouve près du village de Masiakampy, qui est à peu près à 60km au Nord de la ville de Toliara. Ce site s'installe à 306 m d'altitude.

Il se situe entre :

- 23 °15.184' longitude Sud
- 44° 00.834' latitude Est

et ayant de coordonnées Laborde : X=324 et Y=154.

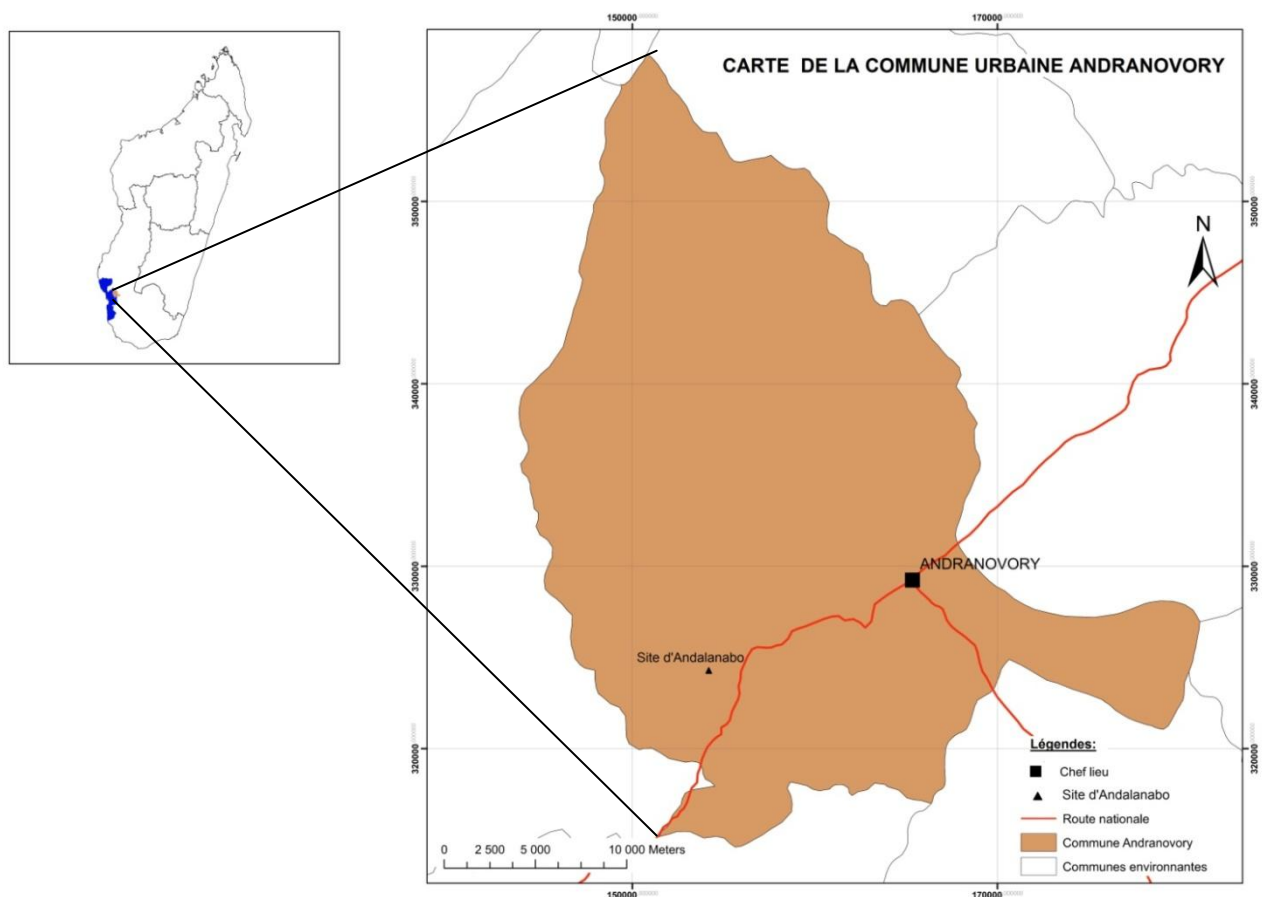


Figure 3 : Carte représentative de la commune d'Andranovory où se situe la carrière d'Andalanabo, (modifiée par Andriasetrarivo, 2015)

La figure 4 représente le type de végétation présent dans la carrière d'Andalanabo.



Figure 4 : La zone d'étude d'Andalanabo (Andriasetrarivo, 2014)

2-MATERIELS ET METHODES

La méthodologie de travail est subdivisée en deux parties :

- méthodologie du travail sur terrain
- méthodologie du travail au laboratoire

2-1- SUR TERRAIN

2-1-1- Matériels

Plusieurs matériels ont été utilisés pendant la réalisation des travaux sur terrain dont :

- marteau de géologue (figure 5)
- mètre ruban
- loupe à main

- lunette de sécurité
- cahiers, stylos et crayons (bois et mines)
- stylo marqueur
- GPS (Global Positionning System)
- sac à étiquette avec codage
- acide chlorhydrique
- cartes (géologiques et topographiques) de la partie sud du bassin de Morondava.



Figure 5 : Marteau de géologue (Andriasetrarivo, 2014)

2-1-2- Echantillonnage

Sur terrain, les échantillonnages ont été effectués sur une seule carrière affleurant dans le site d'Andalanabo. Pendant le travail, les techniques d'échantillonnage se font selon la nature des sédiments qui constituent les couches. Deux types de techniques de prélèvement ont été adoptés :

2-1-2-1- Cas des sédiments meubles (partie friable du sédiment de la couche)

Pour assurer la fiabilité des résultats, les sédiments exposés à la surface de l'affleurement doivent être enlevés à l'aide d'une pointe de marteau car ils sont contaminés par le phénomène d'érosion. Ensuite, le prélèvement dans la partie nettoyée va être exécuté. Ces sédiments sont ensuite mis dans un sac à étiquette en mettant le codage qui comprend le nom du site, la date du prélèvement et le numéro de chaque niveau des couches où l'échantillon a été recueilli.

2-1-2-2- Cas de sédiments indurés (partie dure du sédiment de la couche)

Des cassures fraîches ont été effectuées à l'aide du marteau afin d'éliminer les parties superficielles de l'affleurement, qui sont toujours altérées, contaminées. Ensuite, le prélèvement proprement dit se fait dans la partie nettoyée. L'échantillon récolté est numéroté et mis dans un sac à étiquette qui comporte le nom du site, la date de prélèvement et le numéro de chaque niveau de strate prélevé.

2-2- AU LABORATOIRE

Plusieurs démarches ont été accomplies pendant le travail au laboratoire :

2-2-1- POUR LE SEDIMENT MEUBLE (exemple : marnes)

2-2-1-1-Matériels

Les matériels utilisés lors de la réalisation du lavage :

- échantillon (sédiment marneux)
- pétrole
- solution de bleue de méthylène
- eau de robinet
- béciers, tamis à mailles décroissantes (figure 6) et flacons pour les refus



Figure 6 : Les tamis à mailles décroissantes (modifié par Andriasetrarivo)

Les matériels utilisés lors de l'identification des échantillons :

- loupe binoculaire (figure 7)
- boîtes de pétri
- résidus sec de lavage
- aiguille montée
- cellules de tri simple codées



Figure 7 : Loupe binoculaire (Andriasetrarivo, 2015)

2-2-1-2- Mode Opérateur

Quatre étapes sont à effectuer :

a) Désagrégation

Chaque échantillon de marne est trempé dans 45 ml de pétrole qui a été remplacé par de l'eau après quelques minutes. Ensuite, il est prêt à être lavé lorsqu'il présente un aspect boueux.

L'utilisation du pétrole permet d'accélérer la désagrégation de la marne.

b) Tamisage et lavage

Le tamis est utilisé pour séparer et distinguer les microfossiles du sable et du gravier. Avant et après chaque lavage, les tamis sont plongés dans une solution de bleue de méthylène pendant 1 à 2 minutes pour colorer en bleu les restes des lavages précédents. Donc, cette étape permet de reconnaître et de distinguer les microfossiles des différents lavages. La boue assez fluide de marne est versée dans la série de tamis en ordre décroissant. Elle est ensuite agitée sous un jet d'eau de robinet jusqu'à l'obtention d'un filtrat clair. Les microfossiles se sont dissociés des sédiments et sont retenus suivant leur taille au niveau de chaque tamis. Les résidus de chaque tamis sont placés dans une boîte de pétri codée afin de les faire sécher et de les conserver par la suite. Pendant cette opération, il faut éviter le débordement de l'eau entre les tamis successifs pour ne pas perdre les microfossiles.

c) Séchage

Les résidus sont laissés sécher. Puis ils sont versés dans des boîtes de pétri soigneusement numérotés avec leur codage correspondant.

d) Triage :

Cette démarche comprend plusieurs étapes dont :

- Observation des résidus secs de lavage à la loupe binoculaire avec un grossissement « X 20 »
- Conservation des résidus secs à observer dans une autre boîte de pétri non codée
- Tri des microfossiles à l'aide d'une aiguille montée. Les éléments triés sont placés dans une cellule simple qui porte ainsi leur codage lors du séchage
- Détermination des microfossiles triés à la loupe binoculaire.

2-2-1-3- Opération spécifique pour les grands foraminifères

Après le lavage des sédiments meubles, les observations de la morphologie et la structure interne, qui différencient les espèces ou les genres, dépendent du traitement spécifique appelé « la calcination ». Cette méthode a pour but d'éclater le test en deux portions égales. Les étapes suivantes ont été nécessaires :

- le test est exposé à une flamme rouge de 1000 watts pendant 1 à 2 heures du temps au maximum ;

- le test est laissé à l'air libre lorsque sa couleur change soit en marron, soit en rouge vif, c'est-à-dire à l'état de refroidissement pour voir les caractères externes. Cependant il est à remarquer que le test est très fragile pendant cet instant ;
- la partie fissurée du test est soumise à une légère mais suffisante pression pour amorcer et achever la séparation ;
- la section du test pourrait se faire suivant l'axe équatorial tout au début de l'éclatement et qui permet d'observer la structure interne.

Cette méthode est applicable à certaine forme dégagée des grands foraminifères comme les nummulites.

À la fin de l'expérience la vue de la section équatoriale des nummulites ou des alvéolines.

2-2-1-4-Méthode de détermination

La méthode de détermination s'effectue comme suit :

- examen du refus dans la cellule simple à la loupe et repérage du spécimen à déterminer ;
- dessin de la forme et de l'allure générale du microfossile sur un papier libre et éventuellement des photographies ;
- description et diagnose du spécimen si possible;
- comparaison avec des spécimens déjà déterminés et bien connus avec consultation des documents concernant les microfossiles similaires et identiques.

2- 2-2- POUR LES SEDIMENTS INDURES (exemple : calcaires)

Lorsque la roche ne se prête pas au lavage, des lames minces devraient être faites. L'épaisseur nécessaire à la lame mince en micropaléontologie est variable de 2 à 4 mm pour ne pas détériorer la microstructure du microfossile. Elle est plus épaisse par rapport à la lame mince pétrographique.

2-2-2-1-Matériels

Les matériels utilisés sont le suivant :

- échantillon : roche calcaire indurée
- scie diamantée
- microscope
- lame porte-objet
- poudre abrasive
- plaque chauffante
- colle : baume de Canada.

2-2-2-2-Mode opératoire de la préparation des lames minces

Le déroulement de la confection de la lame mince s'effectue en plusieurs étapes dont :

- La préparation commence par le traçage de la roche suivie du sciage d'épaisseur semblable à la lame porte- objet le « sucre » ;
- Ensuite, le « sucre » est découpé en forme parallélépipède ;
- Après, il est séché durant au moins deux jours ;
- Il est découpé puis séché sur un support en verre après un polissage de la face à coller suivi immédiatement d'un séchage de l'ensemble ;
- La face non collée est à son tour polie avec de la poudre abrasive (carborundum) pour amincir l'épaisseur, tout en mouillant pour éviter l'échauffement. Cette dernière étape demande une attention rigoureuse suivie d'une vérification régulière sous microscope optique ;
- Enfin, l'échantillon pourrait être recouvert en servant une colle du type « baume canada » par une lamelle de verre très mince en évitant la formation des bulles d'air.

2-2-2-3- Méthode d'analyse du microfaciès

L'étude d'un microfaciès permet d'identifier les caractères pétrographiques ainsi que les caractères paléontologiques de la roche indurée qui ne se prête pas au lavage. Le but de la reconnaissance d'un microfaciès est donc d'examiner la matrice de la roche puis les éléments minéraux et la détermination des bioclastes.

Ces différents caractères sont connus à partir des analyses des lames minces au microscope optique. Cette étude permet d'avoir l'image des éléments figurés suivants :

- **Les lithoclastes:** ce sont les parties de roche, généralement réservées sous forme de débris de roches sédimentaires carbonatées remaniées ou non.
- **Les bioclastes :** ce sont les constituants paléontologiques (macrofossiles et microfossiles) figurés dans la lame mince. Ces éléments constitutifs sont généralement représentés en section (macrofossiles) et en coupe (microfossiles) quelque soit équatoriale ou axiale.
- **La phase de liaison :** c'est le liant ou matrice de la cimentation de la roche carbonatée.

Selon la classification de FOLK en 1959 (figure 8), les éléments orthochèmes les plus connus sont les suivants:

- La calcite microcristalline ou micrite: c'est un sédiment carbonaté dont les grains ont moins de 5µm de diamètre.
- La calcite bien cristallisée ou sparite : c'est un sédiment carbonaté dont la taille des cristaux est supérieure à 5µm de diamètre.

2-2-2-4-Méthode de détermination

La détermination des lames minces sous microscope est basée sur la comparaison avec des formes connues, soit des spécimens catalogués soit par consultation des documents sur les analyses pétrographiques et sur la notion des microfaciès carbonatés.

Les différentes étapes peuvent être résumées sous forme d'organigramme. (figure 8).

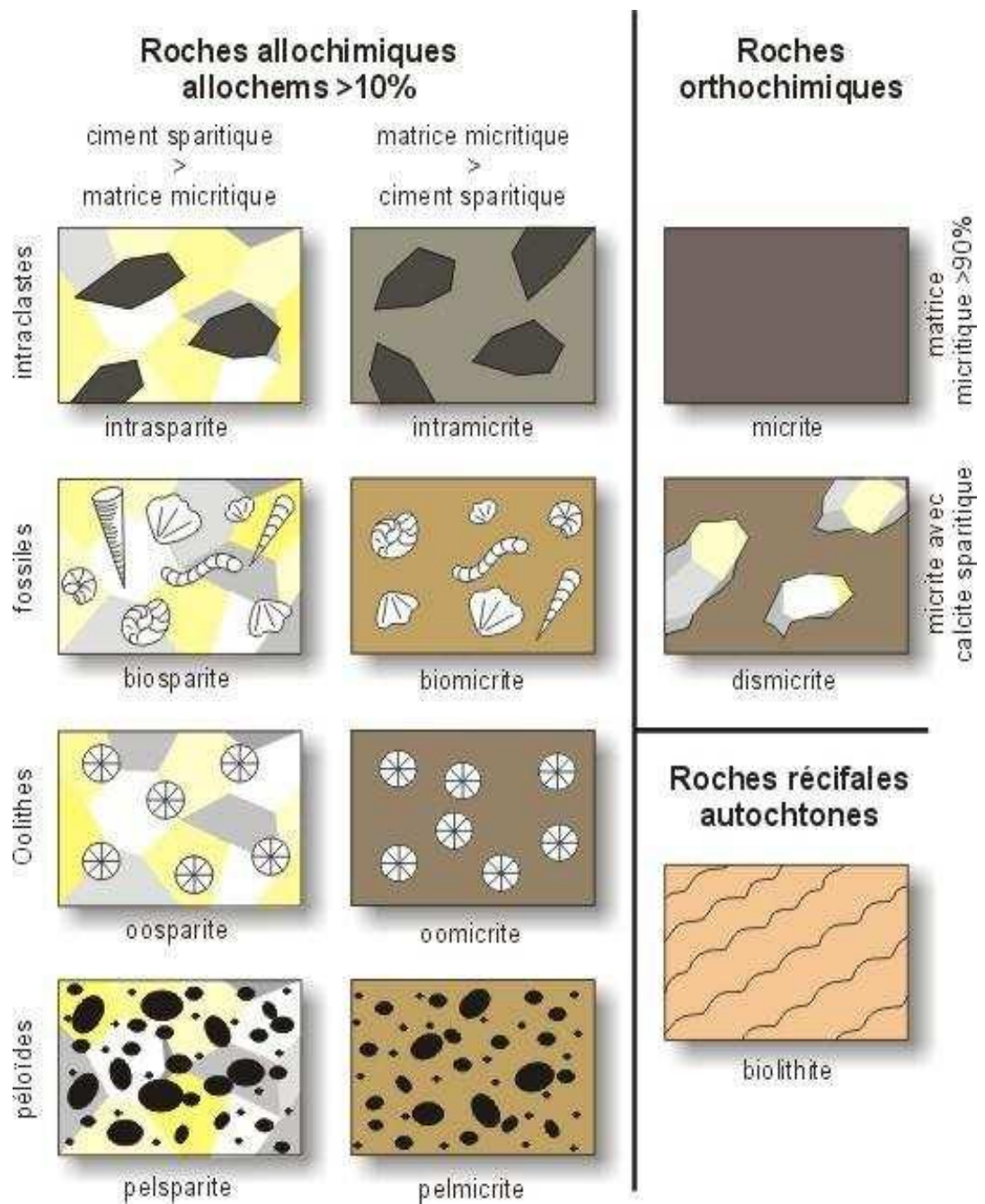


Figure 8: Classification des roches calcaires selon Folk en 1959.

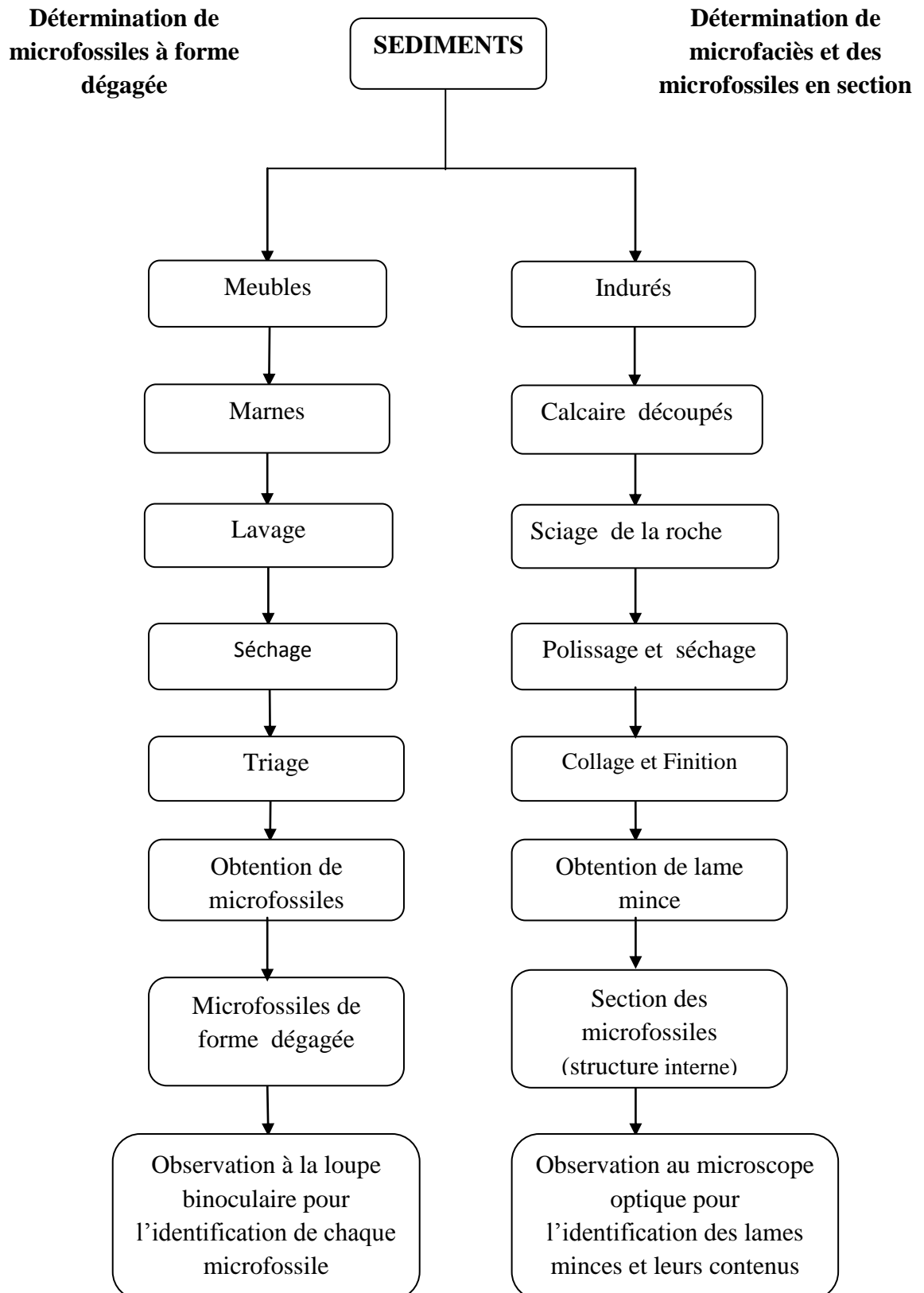


Figure 9 : Organigramme de différentes étapes pour le traitement des sédiments.

2-2- 3- DETERMINATION DES FORMES RENCONTREES

Les formes rencontrées les plus fréquentes dans la carrière d'Andalanabo sont les suivantes :

2-2-3-1-FORAMINIFERES

Les travaux de PIRARD (1965) et LE CALVEZ (1970), ont permis de préciser la détermination de foraminifères.

REGNE : ANIMAL (LINNE, 1758)

PHYLUM : PROTISTA

SOUS PHYLUM : SARCODINA (SCHAMRDA, 1871)

CLASSE : RHIZOPODA (VON SIEBOLD, 1845)

SOUS CLASSE : GRANULO-RETICULOSA (DE SAEDELEER, 1934)

ORDRE : FORAMINIFERA (EICHWALD, 1830)

La détermination du genre chez les foraminifères est basée sur les critères suivants dont :

- la nature de test (test chitineux, test agglutiné, test porcelané ou test hyalin)
- le nombre et l'agencement des loges: test uniloculaire (unisérié), test pluriloculaire (bisérié) et test milioliforme (pelotonné).
- la forme générale du test : le test a de forme globuleuse, fusiforme, lenticulaire, hélicoïdale, discoïde (enroulée, planispiralée).
- la morphologie de l'ouverture et sa position : l'ouverture est parfois en relation avec des éléments supplémentaires (dents, lèvres, plaques). Elle se dispose à l'extrémité d'un col.
- le type de l'ornementation du test : le test peut être lisse, mais présente souvent des excroissances (cotes, épines, sutures) et des dépressions.

Selon la taille, les foraminifères se divisent en deux grandes parties :

- les grands foraminifères (supérieur de 38 μ à 7 cm de long)
- les petits foraminifères (inférieur à 38 μ)

2-2-3-2-OSTRACODES

La classification effectuée par RAYMOND (1961) est adoptée pour déterminer les ostracodes.

REGNE: ANIMAL (LINNE, 1758)

PHYLUM: ARTHROPODA

SOUS PHYLUM : MANDIBULATA (CLAIRVILLE, 1798)

CLASSE : CRUSTACEA (PENNANT, 1777)

SOUS CLASSE : OSTRACODA (LATREILLE, 1806)

ORDRE : PODOCOPIDA (MÜLLER, 1894)

Les critères suivants sont nécessaires pour la détermination des ostracodes :

- la morphologie générale de la carapace : la coquille peut être concave ou convexe dans la partie dorsale et ventrale ;
- le type de l'ornementation observé sur la coquille : lisse ou ornementé par les tubercules ou les épines ;
- la position de l'extrémité postérieure et antérieure de la coquille ;
- la taille et la structure de la coquille ;
- la position de la charnière.

Partie III : Résultats

1-LA LITHOLOGIE DU SITE D'ANDALANABO

Géologiquement, le site d'Andalanabo est dominé par des formations calcaires et marneuses. Le caractère lithologique (figure 10) de cette carrière est le suivant :

- La base de la formation sédimentaire renferme des marnes à couleur jaune poussin ;
- Après la formation marneuse, l'alternance du calcaire induré à couleur rouge avec des grains grossiers et le calcaire induré à couleur blanchâtre s'affleure au dessus de la formation précédente.
- Après l'alternance du calcaire induré à couleur variée (rouge et blanche) se forme la formation du calcaire marneux à couleur blanche. Ce dernier est suivi par le calcaire dur à couleur grise avec des conglomérats de base.
- Au dessus du calcaire induré à conglomérats de base s'affleure la bande d'argile suivis de calcaire induré de couleur varié (blanche et jaune).

Cet affleurement de l'Eocène dans la carrière d'Andalanabo montre une direction NO-SE avec une épaisseur environ de 16 m.

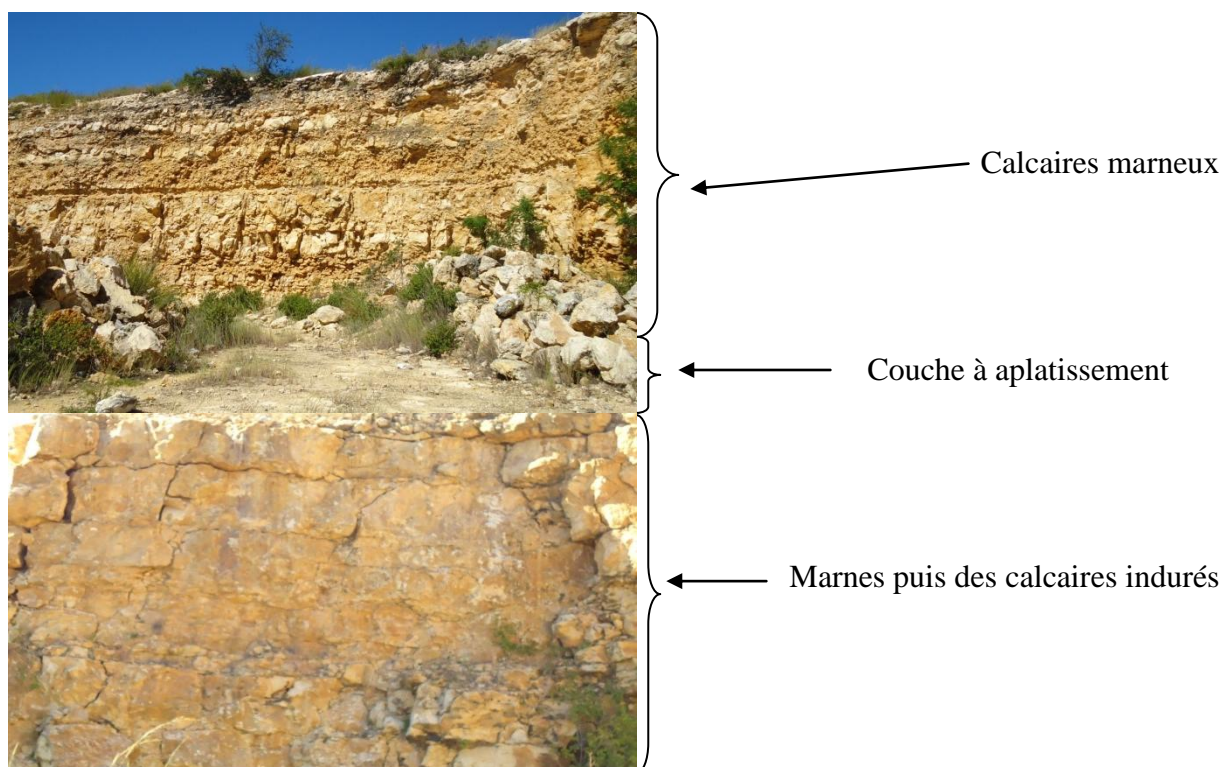

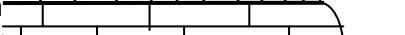

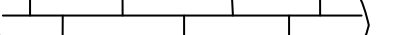
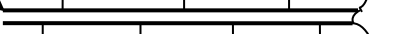


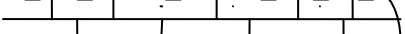
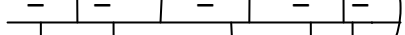

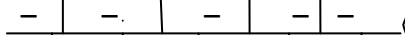

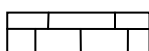


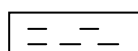
Figure 10 : La carrière d'Andalanabo (Andriasetrarivo, 2014).

Age	Epaisseur (m) et Coupe lithologique		N° d'échantillon	Description litho stratigraphique
E O C E N E	SOL		SOL	SOL
	15,80m		Andl 13	Calcaire dur à couleur blanche
	15,30m		Andl 12	Calcaire dur à couleur jaune
	14,21		Andl 11	Bande friable de marne verte
	14,20m		Andl 10	Calcaire dur à couleur grise avec des éléments grossiers
	13,20 m			
	11,70 m		Andl 09	Calcaire marneux dur à couleur blanche
			Andl 08	Calcaire marneux induré à couleur blanche
	9,90m		Andl 07	
				
	8,70m		Andl 06	Calcaire induré à couleur blanche
				

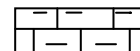
- Légende lithologique



Calcaire



Marne



Calcaire marneux

- Echelle = 1/100

Figure 11 : La coupe lithologique de la carrière d'Andalanabo.

2- ETUDE DESCRIPTIVE ET SYSTEMATIQUE

Les groupes de fossiles rencontrés dans le site d'Andalanabo à partir des échantillons récoltés sur terrain et lors des études au laboratoire sont les suivants :

- des foraminifères
- des ostracodes
- des macrofaunes associées (échinodermes et gastéropodes)

2-1-LES MICROFOSSILES

2-1-1- LES FORAMINIFERES

Les foraminifères sont des animaux, protozoaires qui possèdent des organismes unicellulaires à pseudopodes très fins et anastomosés qui caractérisent tous les rhizopodes. Les foraminifères sont protégés par une coquille externe appelée « test ». C'est un caractère spécifique pour le groupe des granulo-reticulosa. L'existence de foramens lorsque l'animal est vivant lui donne l'appellation de « Foraminifera ». Le test des foraminifères se présente sous diverse nature selon la matière minérale secrétée ou empruntée par l'animal. Les formes primitives ont de test de nature chitinoïde d'où dérivent les agglutinés (agglomérat exogène), porcelanés (calcitique lisse) ou hyalins (cristallin).

Les foraminifères sont presque tous marins et mènent un mode de vie et un milieu de vie à la fois variables :

- Benthiques qui sont formés par les:
 - Epibiontes : sur l'interface dont le genre *Nummulites* et genre *Alveolina*.
 - Endobiontes : enfouis dans le sédiment de la mer comme les échinodermes.
- Planctoniques : flottants à la surface de la mer mais leur test tombe directement vers le fond de la mer après la mort de l'individu.

Les foraminifères présentent des intérêts scientifiques surtout dans le cadre stratigraphique car les microfossiles présents dans les sédiments ont permis la datation chronostratigraphique de la formation sédimentaire et la détermination de l'origine (marine ou lagunaire et fluvatile) des sédiments qui constituent les séries lithologiques.

Enfin, le développement des foraminifères dépend de plusieurs conditions dont la salinité, la turbidité, la température, la profondeur, la lumière, le pH, le taux d'oxygène et la nourriture.

Les foraminifères se divisent en deux grands types selon la taille : petits et grands foraminifères.

2-1-1-1-LES GRANDS FORAMINIFERES (supérieur de 38 μ à 7 cm de long)

Ils sont formés par les familles suivantes :

a)-Les grands foraminifères à test hyalin

- Famille des NUMMULITIDAE (BLAINVILLE, 1827)

Genre : *Nummulites* (LAMARCK, 1801)

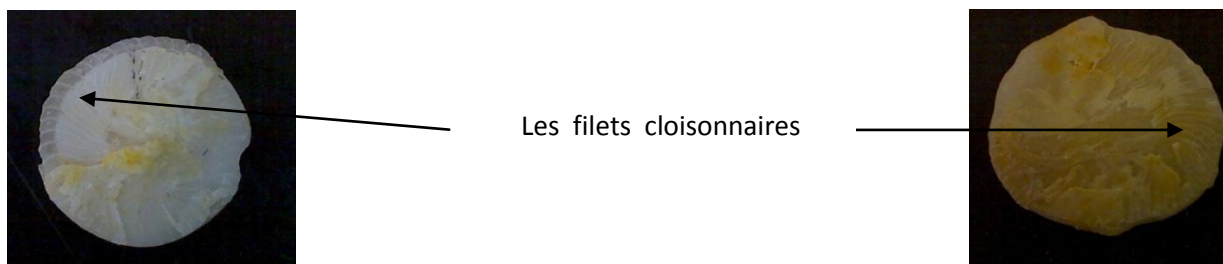
- **Description générale du genre**

Les nummulites sont caractérisés par un test calcaire hyalin et perforé. Ce test est de type involute de forme lenticulaire plus ou moins aplatie ou bombée et symétrique. Les ouvertures sont absentes pour toutes les formes dégagées. Ce test est formé à partir d'un embryon. La lame spirale est enroulée pour donner la forme planispiralée du test.

- **Critères de détermination de l'espèce chez les nummulites**

La détermination spécifique est la plus importante dans cette étude. Elle est basée sur les critères suivants :

- **la morphologie** : étude complète de la forme extérieure de l'échantillon (forme des filets cloisonnaires, présence ou absence du bouton apical, la forme générale du test). Elle est observée immédiatement à l'œil nu ou à la loupe à main pour être précise.



Filets cloisonnaires de type raides (Annexe III)

Filets cloisonnaires de type sinueux (Annexe III)

Echelle : X 2

Figure 12 : Photos représentatives de types des filets cloisonnaires chez les nummulites, (Andriasetrarivo, 2015)

○ **la structure interne** : étude de la partie interne de l'échantillon à savoir:

- le nombre de tour de la lame spirale,
- la nature des cloisons : forme (les cloisons peuvent être régulières ou irrégulières, serrées ou espacées) et taille (épaisse ou mince),
- la position des loges.

Cette structure est observée généralement sur la section équatoriale.

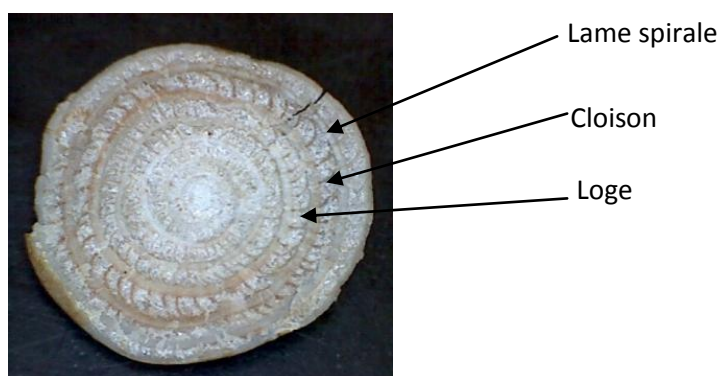


Figure 13 : Photo d'une section équatoriale du genre *Nummulites* (Andriasetrarivo, 2015)

espèce : *narindaensis* (DONCIEUX, 1948)

Description: c'est une espèce de nummulites à test hyalin, biconique, assez plat et à bord tranchant. Elle possède un bouton apical très remarquable au sommet d'où partent les filets cloisonnaires en rayonnant. Ces filets sont largement serrés, droits et incurvés, donnent un petit sinus au voisinage du bord. La lame spirale est irrégulière à accroissement rapide aux alentours du pronucléus puis beaucoup plus lent vers la périphérie du test. Pour cette espèce, le nombre de la lame spirale varie selon la forme A (6 tours) et B (8 tours). Les cloisons sont régulières, serrées et amincies vers l'extrémité. Elles sont normales à la lame, puis régulièrement espacées et droites. Les loges sont deux fois plus hautes que larges.

Répartition stratigraphique : Eocène moyen (Lutétien)

espèce : *globulus* (LEYMERIE, 1846)

1853 : *Nummulites ramondi* (ARCHIAC et HAIME)

1911 : *Nummulites globulus* (LEYMERIE et BOUSSAC)

Description : le test est hyalin, lenticulaire plus ou moins épais avec un bord tranchant. Le bouton apical n'est pas bien visible mais il est masqué au centre d'où partent les filets cloisonnaires de forme sinusoïdale. La lame spirale est régulière et très épaisse. Les cloisons sont un peu arquées, obliques, normales à la lame et régulièrement espacées. Les loges sont plus hautes que larges.

Répartition Stratigraphique : Éocène moyen (Lutétien)

espèce : *atacicus* (LEYMERIE, 1846)

Description : c'est une espèce à test hyalin, lenticulaire, de forme assez plate avec un bord tranchant. Les filets de direction vers le centre sont ondulés ou tourbillonnants. La lame spirale est assez épaisse et régulière. Les cloisons sont régulières, obliques et assez espacées. Ces cloisons délimitent les loges, qui sont plus hautes que larges.

Répartition stratigraphique : Eocène inférieur (Yprésien)

b)-Les grands foraminifères à test porcelané

➤ Famille des ALVEOLINIDAE (EHRENBURG, 1839)

Genre : *Alveolina* (ORBIGNY, 1926)

• Description générale

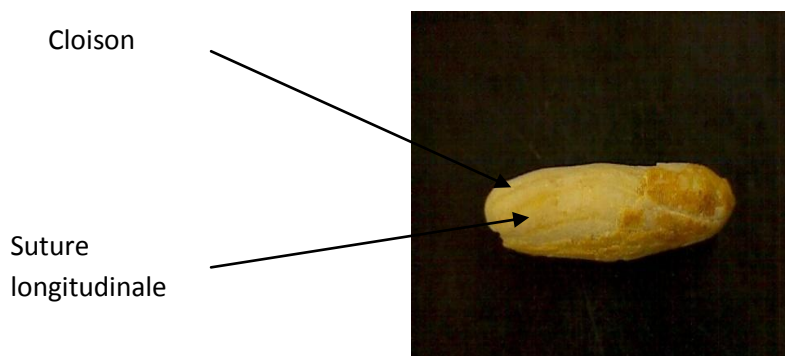
Ce genre est caractérisé par un test calcaire porcelané, imperforé, lisse, brillant et à spires enroulés dans un plan planispiralé dont les tours sont complètement recouvrant. La coquille a une forme allongée ou fusiforme de 1mm à 7cm de long. Elle est ornementée par des sutures (stries longitudinales). Elle est définie par la présence des ouvertures (ouvertures principales et ouvertures secondaires) qui sont sous forme de pores.

• Critères de détermination de l'espèce chez les alvéolines

La détermination des espèces de ce genre est basée sur la structure interne du test, dont les trois critères suivants sont les plus importants :

- le type de mode d'alternance des ouvertures (principales et secondaires);
- les cloisons sont toujours divisées en cloisonnettes fines et nombreuses ;
- le nombre de tour. de la lame spirale ;
- la morphologie générale de la coquille.

Ces clés d'identification sont observées à partir de la section équatoriale d'un échantillon.



Echelle : 1/2

Figure 14 : Forme dégagée d'alvéolines (Andriasetrarivo, 2015)

Selon les clés de détermination, le genre *Alveolina* possède des particularités par rapport aux autres genres qui existent auparavant au Crétacé :

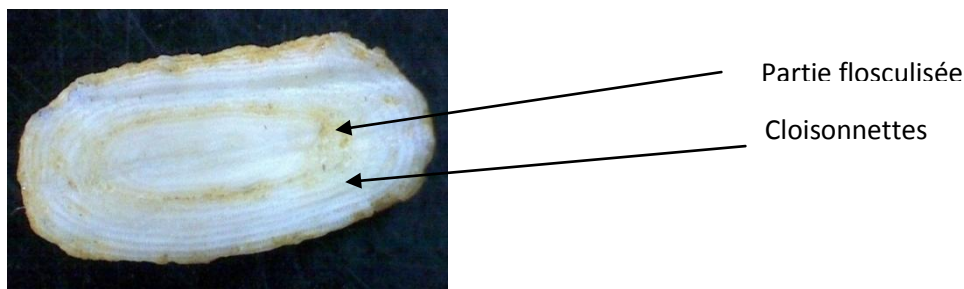
- Pour la face orale : les ouvertures principales et les ouvertures secondaires suivent le mode alternant.
- Les cloisonnettes sont fines, nombreuses et se rangent en mode alternant.
- Pour les canaux : le genre présente toujours les deux canaux (pré-septal et post-septal).
- En ce qui concerne les loges et logettes : les loges sont nombreuses et se forment à partir d'un embryon dont la lame spirale se replie périodiquement. Elles se divisent en logettes qui sont nombreuses et sont disposées en mode continue.

Ce genre comporte plusieurs espèces, les suivantes sont vues dans le gisement d'Andalanabo:

espèce : *rectiangula* (ORBIGNY, 1826)

Description : Leur test est porcelané, brillant, de forme allongée et un peu rectangulaire de 0,5 de large et 1,5 de long. Il est ornementé par les stries longitudinales. Les cloisonnettes sont placées suivant le mode alternant. Elles sont fines et nombreuses. Les ouvertures principales et les ouvertures secondaires sont alternantes. Il a 6 à 7 tours réguliers autour du peloton initial. Le test est flosculisé.

Répartition stratigraphique : Eocène inférieur (Yprésien)



Echelle : X 6

Figure 15 : Photo d'une section équatoriale d'*Alveolina rectiangula* (Andriasetrarivo, 2015)

espèce : *elliptica* (ORBIGNY, 1826)

Description : c'est un grand foraminifère à test porcelané à forme cylindrique de 1cm de long et largement arrondie aux extrémités. Il est ornementé par des sutures en stries longitudinales. Le mode alternant est toujours vu sur les deux ouvertures. Les cloisonnettes sont nombreuses, fines et elles sont placées suivant le mode alternant. Les logettes sont de même hauteurs. Il possède de 13 à 15 tours réguliers autour du peloton initial. Cette espèce est la plus grande taille des alvéolines de Madagascar.

Répartition stratigraphique : Eocène moyen (Lutétien inférieur)

espèce : *oblonga* (ORBIGNY, 1826)

Description : C'est un grand foraminifère à test porcelané, forme allongée et arrondie au niveau des extrémités. Il est ornementé par des sutures en stries longitudinales. Cette espèce se différencie des autres alvéolines par la présence de plusieurs nombres de tours (environ 15 tours) et l'existence de la flosculisation au niveau de 10 à 12^{ème} de la lame de spire.

Répartition stratigraphique : Eocène à actuel

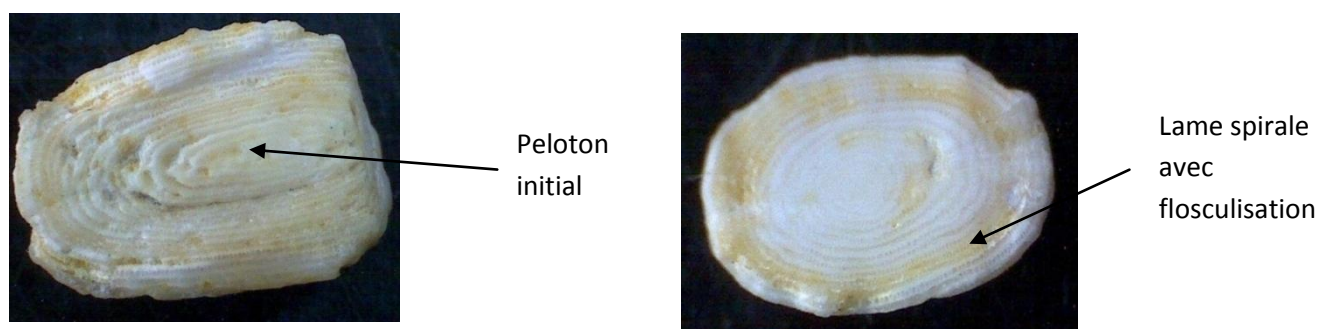


Photo de l'espèce *Alveolina elliptica*

Photo de l'espèce *Alveolina oblonga*

Figure 16 : Les photos d'une coupe équatoriale d'*Alveolina elliptica* et *Alveolina oblonga* (Andriasetrarivo, 2015)

- Famille des PENEROPLIDAE (EHRENBERG, 1839)

Sous –Famille : SORITINAE (EHRENBERG, 1839)

Genre : *Orbitolites* (LAMARCK, 1801)

espèce : *sp*

Description : c'est un test porcelané, lenticulaire, discoïde, et imperforé. En section axiale, il porte des loges concentriques ondulées, des ouvertures multiples avec des sutures en zigzag et un embryon à goulet ou canal flexostyl. Notre lame mince montre différentes coupes, où le test est toujours sombre et opaque.

Répartition stratigraphique : Thanétien (Paléocène supérieur)

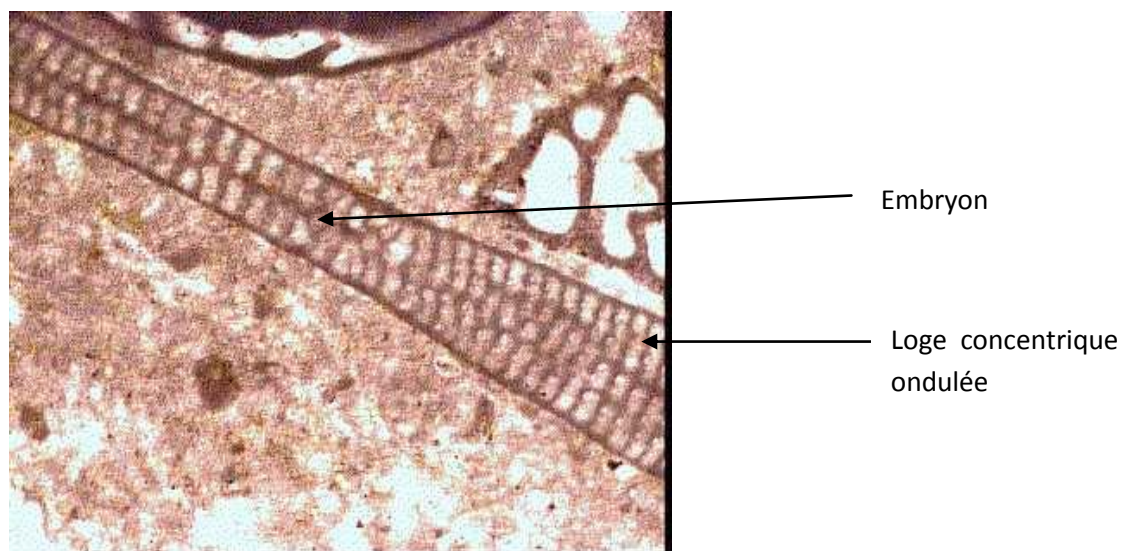


Figure 17 : g : *Orbitolites*, section axiale en lumière naturelle. Grossissement x4.

2-1-1-2-LES PETITS FORAMINIFERES (inférieur à 38μ)

Les petits foraminifères présents dans la région étudiée sont représentés par les familles suivantes :

a) Les petits foraminifères à test hyalin

- Super- Famille des ORBITOIDACEA (SCHAWAGER, 1876)

Famille des CIBICIDAE (CUSHMAN, 1927)

Sous-famille des CIBICIDINAE (CUSHMAN, 1927)

Genre : *Cibicides* (MONFORT, 1808)

espèce : *sp*

Description : c'est un petit foraminifère à test hyalin de forme planispiralée involute. La surface est lisse. Les loges sont nombreuses et lobées. Le test est ornementé par des sutures obliques déprimées. L'ouverture se trouve dans la position interio- marginale.

Répartition stratigraphique : Crétacé-Eocène supérieur (Bartonien)

- Super- Famille des CASSIDULINACEA (ORBIGNY, 1839)

Famille des NONIONIDAE (SCHULTZE, 1854)

Sous –Famille des NONIONINAE (SCHULTZE, 1854)

Genre : *Pullenia* (PARKER et JONES, 1862)

espèce : *sp*

Description : le test de l'espèce est hyalin, de forme planispiralée involute. La surface est lisse. La dernière loge, qui est plus grande développement que par rapport aux autres, porte l'ouverture en position ventrale. Les loges sont nombreuses et lobées, limitées par des sutures obliques déprimées.

Répartition stratigraphique : Crétacé -Eocène supérieur (Bartonien)

- Famille des ROTALIIDAE (EHRENBURG, 1839)

Sous- Famille des ROTALIINAE (EHRENBURG, 1839)

Genre : *Ammonia* (BRÜNNICH, 1772)

espèce : *sp*

Description : c'est un foraminifère à test hyalin fin de forme planispiralée involute qui est caractérisé par l'absence des ornementations : surface lisse. Les granulations de la face ombilicale manquent. Les loges sont nombreuses et lobées et séparées par des sutures obliques et déprimées. La position de l'ouverture est la même que pour celle du genre ci-dessus.

Répartition stratigraphique : Crétacé- Eocène supérieur (Bartonien)

b) Les petits foraminifères à test porcelané

- Famille des MILIOLIDAE (ORBIGNY, 1826)

Sous –Famille des MILIOLINAE (ORBIGNY, 1826)

- **Caractéristiques générales**

Cette famille est caractérisée par un test porcelané. Tous les genres de la famille ont la forme globuleuse. La formation des loges ou mode d'enroulement s'effectue suivant cinq plans différents sous forme de peloton, induisant ainsi la qualification de « forme pelotonnée ». Chaque genre peut inclure différentes espèces et /ou variétés selon des critères distinctifs. Chaque genre de la famille renferme de nombreuses espèces.

- Genre : *Quinqueloculina* (ORBIGNY 1826)

espèce : *sp*

Description : cette espèce a un test porcelané de forme allongée. Elle est caractérisée par la présence de cinq loges par tours, c'est -à-dire d'un coté 2 loges et de l'autre coté 3 loges. L'ouverture est simple en position terminale.

Répartition stratigraphique : Jurassique à Actuel.

- Genre : *Triloculina* (ORBIGNY, 1826)

espèce : *sp*

Description : elle se diffère du genre *Quinqueloculina* par le nombre de loges par tours, trois au lieu de cinq. L'ouverture est simple pouvant comporter une dent bifide.

Répartition stratigraphique: Jurassique à Actuel.

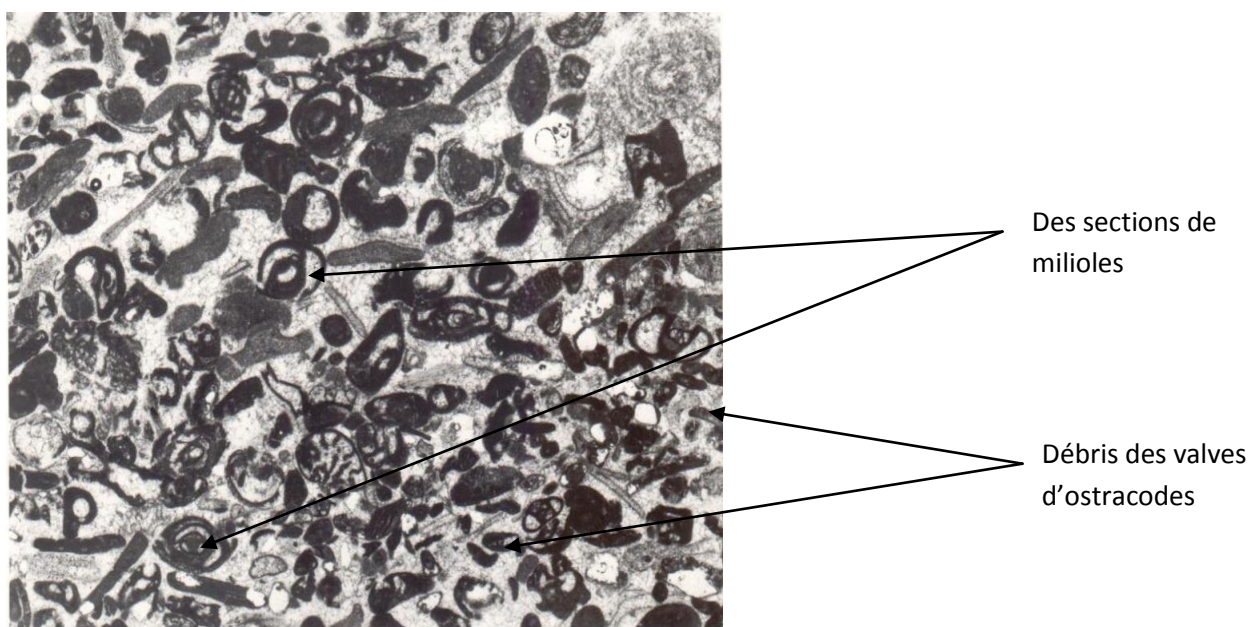


Figure 18 : Les miliolites en section axiale (lumière naturelle. Grossissement x4).

c)-Les petits foraminifères à test agglutiné

- Super- Famille des SPIRILLINACEA (REUSS, 1862)

Famille des SPIRILLINIDAE (REUSS, 1862)

Genre : *Patellina* (WIALLIAMSON, 1858)

espèce : *corrugata*

Description : C'est un petit foraminifère à test agglutiné, de forme planispiralée évolutive. La surface du test comporte des grains d'agglutinats de couleur un peu jaunâtre. Il comprend trois tours de spires dans le sens contraire de l'aiguille d'une montre (lévogyre).

Répartition stratigraphique : Crétacé - Actuel

- Famille des ASTRORHIZIDAE (BRADY, 1881)

Sous- Famille des ASTRORHINAE (BRADY, 1881)

Genre : *Rhabdammina* (SARS, 1869)

espèce : *sp*

Description : Ce genre a un test agglutiné, libre et de forme subcylindrique. Il possède des bras tabulaires droits, qui sont des ramifications. Les ouvertures sont à l'extrémité de leur bras.

Répartition stratigraphique : Silurien à Actuel

- Famille des TEXTULARIIDAE (EHRENBURG, 1838)

Cette famille comprend plusieurs genres avec leurs espèces, mais le genre le plus représenté et le plus connu de cette famille est le *Textularia* (DEFRANCE 1824).

Description : Ce genre est caractérisé par un test agglutiné. Il a une forme triangulaire à suture oblique et déprimée. Les loges sont arrondies et de taille croissante. L'ouverture est terminale, toujours en fente c'est-à-dire elle se présente sous une forme d'arc à la base de la dernière loge. Les agglutinats sont assez gros et remplissent toute la partie extérieure du test. Le stade initial a des aspects variés qu'il soit unisériel ou bisériel.

Répartition stratigraphie : Jurassique à Actuel.

2-1-2- LES OSTRACODES

Les premières études sur les ostracodes de Madagascar ont été faites par GREKOFF en 1963.

Les ostracodes appartiennent au groupe des métazoaires. Ce sont des petits crustacés qui colonisent tous les milieux aquatiques depuis les pôles jusqu'à l'équateur : eau douce, saumâtre, estuaire ou bien lagunaire, sursalée et tous les étages du milieu marin avec des modes de vie variés (fouisseur, rampant, benthique, au fond de la mer, souvent dans les zones marines littorales et planctoniques) mais ils préfèrent aussi le milieu chaud.

Les ostracodes sont caractérisés par une coquille à deux valves articulées le long du bord dorsal par un ligament élastique et par une charnière, contenant ou non des dents. Ces deux valves sont inégales pour la plupart des espèces.

La distribution des ostracodes dépend des facteurs suivants:

- la salinité de la mer ;
- la nature du substrat disponible dans le milieu ;
- la profondeur de la mer ;
- la température et la dynamique des eaux ;
- la lumière et l'oxygène ;
- la végétation et la nourriture.

Les genres des ostracodes présents dans le gisement étudié sont les suivants :

➤ Sous Ordre des PLATYCOPINA (SARS, 1866)

Famille des CYTHERELLIDAE (SARS, 1866)

Genre : *Cytherella* (JONES, 1849)

espèce : *sp*

Description : La forme externe est subquadrangulaire avec une surface lisse. Le bord dorsal et le bord ventral sont droits. L'extrémité antérieure est largement arrondie et l'extrémité postérieure brusquement arrondie c'est-à-dire plus gonflée.

Répartition stratigraphique : Eocène inférieur

➤ Famille des CYTHERURIDAE (G.W.MÜLLER, 1894)

Genre : *Cytheropteron* (SARS, 1866)

espèce : *sp*

Description : Elle est très petite, de forme ovale avec une surface lisse. La valve gauche et la valve droite sont de même taille (espèce équivalve). Le bord dorsal est convexe, le bord ventral est rectiligne. La partie antérieure est arrondie tandis que la partie postérieure est pointue.

Répartition stratigraphique : Jurassique à l'Actuel.

➤ Super- Famille des CYPRIDACEA

Famille des PARACYPRIDIDAE (SARS, 1923)

Genre : *Paracypris* (SARS, 1923)

espèce : *sp*

Description : elle est de forme allongée, subtriangulaire avec une surface lisse. La valve gauche est plus grande que la valve droite. L'extrémité antérieure est arrondie légèrement en extension sur la valve droite et l'extrémité postérieure est proprement arrondie. Le bord dorsal est très arqué tandis que le bord ventral est convexe.

Répartition stratigraphique : Trias - Actuel

➤ Super- Famille : BAIRDIACEA (SARS, 1888)

Famille des BAIRDIIDAE (SARS, 1888)

Genre : *Bairdia* (Mc COY, 1844)

espèce : *sp*

Description : La coquille est de forme subtriangulaire. La carapace a une taille relativement grande. La valve gauche est plus grande que la valve droite. L'extrémité antérieure est un peu arrondie mais l'extrémité postérieure est tronquée par l'existence d'un long processus caudal. Le bord dorsal est convexe, le bord ventral est un peu rectiligne et concave.

Répartition stratigraphique : Crétacé jusqu'à l'Actuel.

➤ Famille des HEMICYTHERIDAE (PURI, 1953)

Genre : *Aurilia* (POKORNY, 1955)

espèce : *sp*

Description : La coquille est globuleuse avec une surface lisse. La partie antérieure est un peu arrondie alors que la partie postérieure est très pointue. Elle est ornementée par des fossettes arrondies très denses et très petites le long du bord dorsal.

Répartition stratigraphique : Eocène - Actuel

2-2-LES MACROFOSSILES

Les microfossiles trouvés dans la carrière d'Andalanabo sont les suivants :

2-2-1-LES ECHINODERMES

Les échinodermes se caractérisent par la présence d'un squelette dermique calcifié pour former de nombreuses plaquettes à contour polygonal. La plupart du test globuleux renferment des bandes de plaques en calcaire qui sont les zones ambulacraires et les zones inter-ambulacraires. Ces différentes zones portent généralement des pores ou des tubercules. Chez les échinodermes, la bouche et l'anus sont entièrement distincts. Selon la morphologie externe du test, les échinodermes se divisent en deux types :

- les échinides réguliers, qui sont caractérisés par la présence d'une symétrie pentaradiale et ils vivent sur le fond de la mer.
- les échinides irréguliers qui sont distingués par la présence d'une symétrie bilatérale et ce sont des animaux fouisseurs dans les sols meubles.

Les analyses qui ont été effectuées aux échantillons récoltés, montrent que les échinides présents dans ce site, sont de type irrégulier. Ce groupe est représenté par le genre :

➤ Ordre : CASSIDULOIDA

Famille des ECHINOLAMPANIDAE

Genre : *Plesiolampas*

espèce : *saharae*

Description : C'est un test calcaire de forme globuleuse pentagonale. Le profil est bas et conique. La bouche a un aspect ovalaire, logée profondément au centre du revers du corps tandis que l'anus se trouve sur la marge postérieure. La face supérieure du test est recouverte de fins tubercules. Les cinq pétaloïdes sont allongés et étirés par leurs pores.

Répartition stratigraphique : Tertiaire inférieur- Eocène.

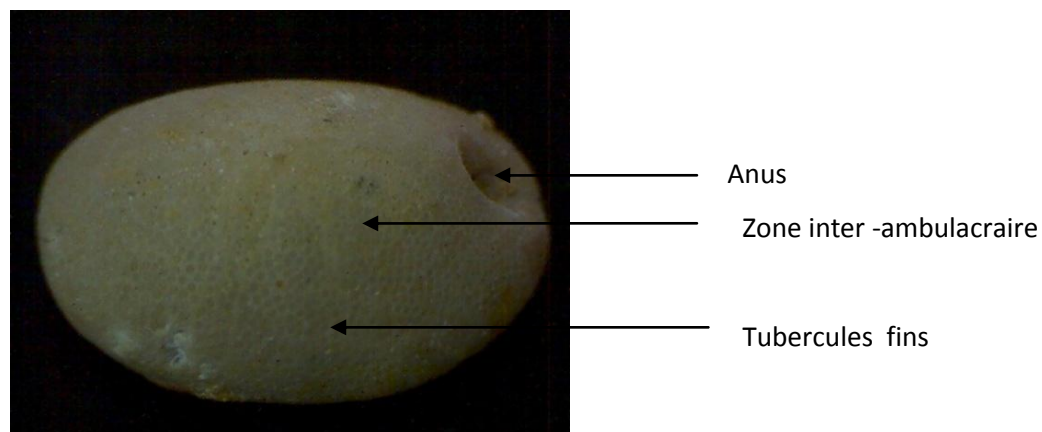


Figure 19 : *Plesiolampas saharae* (Andriasetrarivo, 2015)

Echelle : X 3

2-2-2-LES GASTEROPODES

Les gastéropodes sont des mollusques les plus fréquents et les plus connus dont la coquille est formée par une seule valve asymétrique et spirale. Le plus souvent le type de spire est dextrogyre. Leur mode de vie est ubiquiste car ils colonisent divers milieux dont le milieu aquatique marin (pélagiques ou benthiques littoraux) à océanique, dulçaquicoles et terrestres. Ils se déplacent par une sole de reptation. Les fossiles des gastéropodes présents dans la carrière d'Andalanabo sont conservés en moule interne. Ces gastéropodes qui sont enfouis dans les sédiments du gisement étudié sont rares.

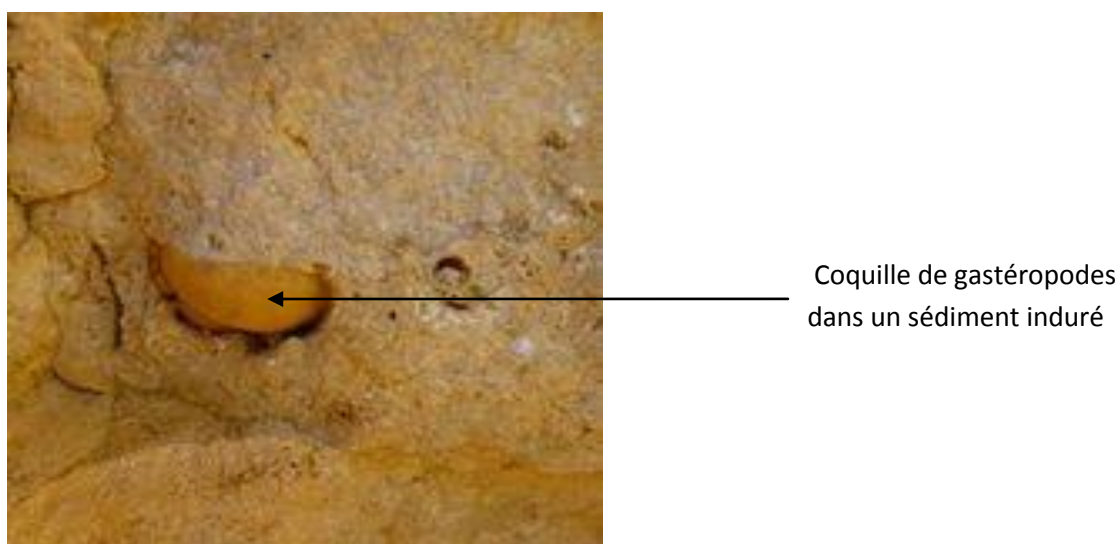


Figure 20: Coquille de gastéropodes enfouis dans le sédiment calcaire (Andriasetrarivo, 2014).

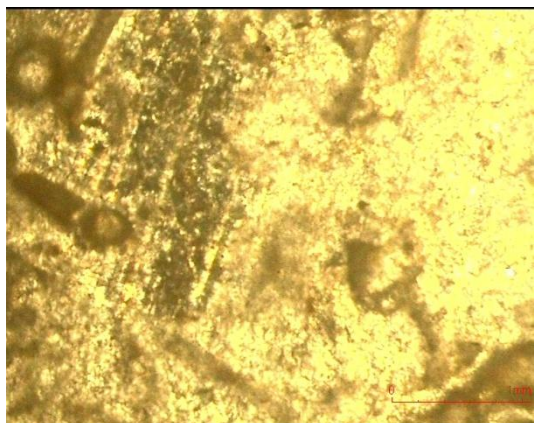
3- ETUDE DU MICROFACIES

Huit lames minces sont obtenues et analysées d'après les différentes étapes de traitement (figure 9) qui ont été effectuées au Laboratoire du Service des Mines d' Ampandrinomby.

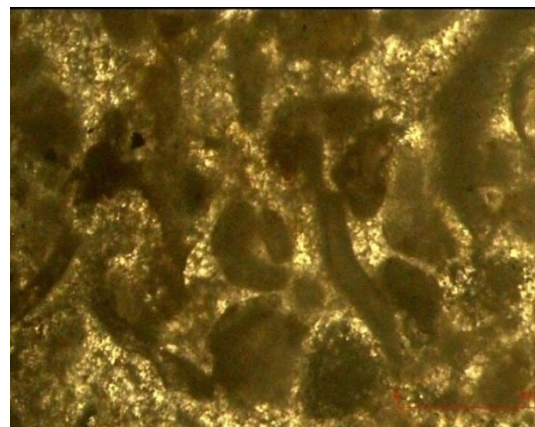
L'étude du microfaciès a fourni des nombreuses sections de microfossiles (milioles, nummulites et alvéolines) d'orientation différente. Il est parfois possible d'obtenir des sections équatoriales ou des sections axiales. Les résultats obtenus par les études de chaque lame mince de la roche sédimentaire calcaire sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 1:Récapitulation des différents types de microfaciès de la carrière d'Andalanabo.

N° Echantillons	Ciment	Les bioclastes présents dans chaque lame mince	Nom de faciès
Andl 13	Calcaire micritique	Nombreux nummulites et d'alvéolines, qui sont en différentes sections.	Biomicrite à nummulites et alvéolines
Andl 12	Calcaire micritique	Abondamment des nummulites en section équatoriale et un peu d'alvéolines.	Biomicrite à nummulites
Andl 11	Absence des contenus paléontologiques dans la bande fine de marne verte		
Andl 9-10	Abondance des échinides à taille variée, d'alvéolines et des nummulites		
Andl 8	Calcaire à micrite	Énormément d'alvéolines en section et des algues	Biomicrite à alvéolines
Andl 7	Calcaire micritique	Beaucoup d'alvéolines (<i>A. rectiangula</i>) en section équatoriale et des nummulites, <i>Textularia</i> et d'algues	Biomicrite à alvéolines et nummulites
Andl 6	Calcaire à micrite	Beaucoup d'alvéolines et des nummulites en section équatoriale, des bryozoaires	Biomicrite à alvéolines et nummulites
Andl 5	FORMES DEGAGEES DES NUMMULITES (<i>N. narindaensis</i> , <i>N. ataticus</i> et <i>N. globulus</i>) et D'ALVEOLINES (<i>A. elliptica</i> , <i>A. rectiangula</i> et <i>A. oblonga</i>).		
Andl 4	Calcaire micritique	Beaucoup d'alvéolines, des nummulites, des miliolites, des ostracodes et d'algues.	Biomicrite à alvéolines
Andl 3	Calcaire à micrite	Beaucoup des tests unisériés, des miliolites (<i>Quinqueloculina</i> , <i>Triloculina</i> ,...), beaucoup des valves des ostracodes, d'algues et <i>Textularia</i>	Biomicrite à test multiloculaire et des miliolites
Andl 2	Calcaire micro-sparite	Alvéolines, <i>Orbitolites</i> , des miliolites, des valves des ostracodes et d'algues	Biomicrosparite à miliolites et des débris des ostracodes
Andl 1	DES SEDIMENTS MEUBLES MARNEUX		

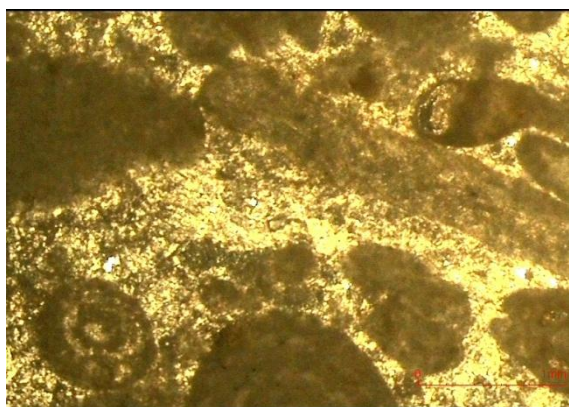


Biomicrite à bryozoaires

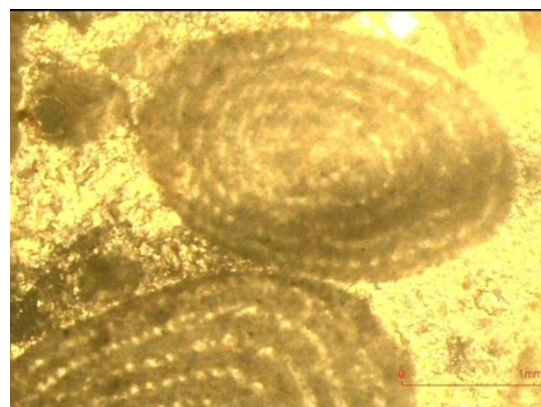


Biomicrite à milioles

(Lumière naturelle, grossissement x 10)



Biomicrite à algues

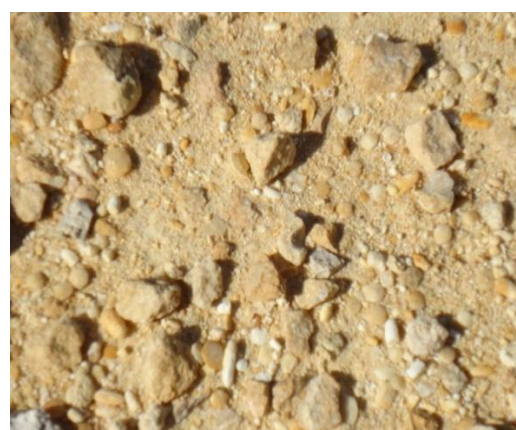


Biomicrite à *Alveolina*

(Lumière naturelle, grossissement x 10)



Coquille des échinides enfouis dans les sédiments



Nummulites et alvéolines in situ

Figure 21: Microfaciès (Andriasetrarivo, 2015).

4- LA REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DE GROUPES RENCONTRES DANS LE MILIEU DE DEPOT

4-1- LES MICROFOSSILES RENCONTRES

La répartition des associations fauniques dans la stratigraphie du gisement d'Andalanabo montre que toutes les espèces ou genres sont plus abondants dans chaque couche sauf les familles suivantes : les pénéroplidés, les textularidés et ainsi que les autres formes associées comme les gastéropodes et les bryozoaires. Le tableau 2 ci-dessous résume la répartition des associations fauniques rencontrées dans le gisement étudié.

Tableau 2: La répartition des microfossiles rencontrés dans le gisement d'Andalanabo.

Echantillons (Andl)	1	2	3	4	5	6	7	8	9-10	11	12	13
Proportion d'individus du groupe rencontré												
<u>Les grands foraminifères</u> - genre <i>Nummulites</i> (<i>N. atacicus</i> , <i>N. oblonga</i> , <i>N. narindaensis</i>)				xx	xxx	xx	x		xxx		xx	xx
- genre <i>Alveolina</i> : (<i>A. rectiangulara</i> , <i>A. oblonga</i> , <i>A. elliptica</i>)		xx	xx	xx	xxx		xx	xx	xx			xx
- genre <i>Orbitolites</i>		x										
<u>Les petits foraminifères</u> - <i>Cibicides</i> , <i>Pullenia</i> , <i>Ammonia</i> - <i>Quinqueloculina</i> , <i>Triloculina</i> , <i>Patellina</i> - <i>Rhabdammina</i> , <i>Textularia</i>	xx	xx	xx	xx		xx	x					
<u>Les Ostracodes</u> : (<i>Cytherella</i> , <i>Bairdia</i> <i>Paracypris</i> , <i>Aurilia</i>)	xx	xxx	xx	xx			xx	xx				
Echinides : <i>Plesiolampas saharae</i>		xx		xx					xx		xx	
Algues		xxx	xx	xx				xx	xx			
Bryozoaires						x						
Gastéropodes				xx								

x= rare (1 ou 2)

xx=moyenne (3 à 10)

xxx= abondante (+ 10)

4-2- LES FORAMINIFERES

Les foraminifères à test hyalin sont très abondants (58%) dans le gisement d'Andalanabo par rapport aux autres groupes : les agglutinés (2%) et les porcelanés (40%) (Figure 21).

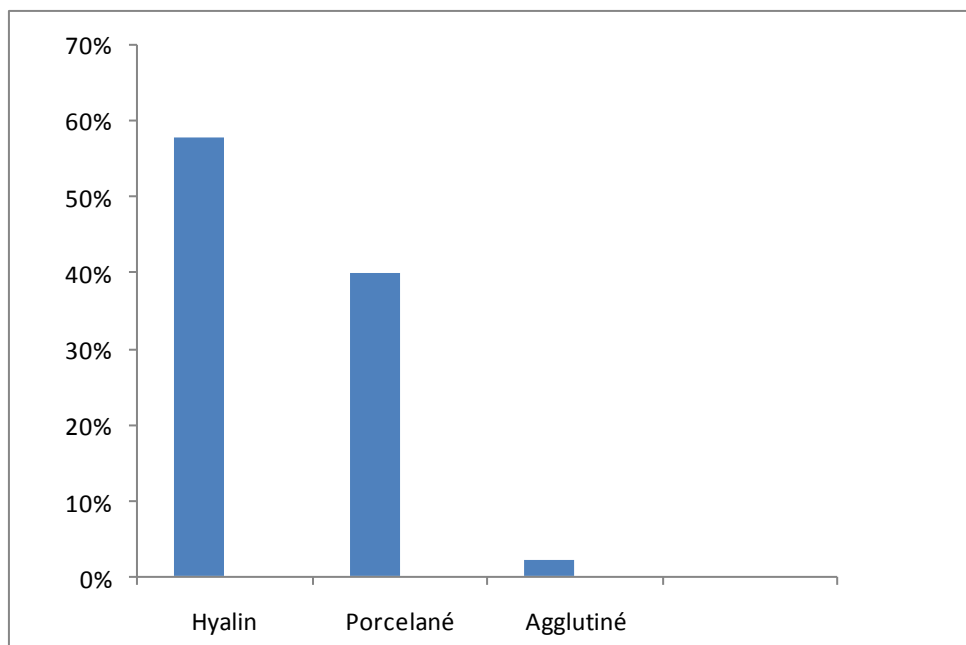


Figure 22 : La répartition des foraminifères dans la carrière d'Andalanabo en fonction des caractéristiques de leurs tests.

Cette étude a permis d'observer 155 nummulites et 132 alvéolines pour être déterminer les différentes espèces rencontrées avec les critères de détermination.

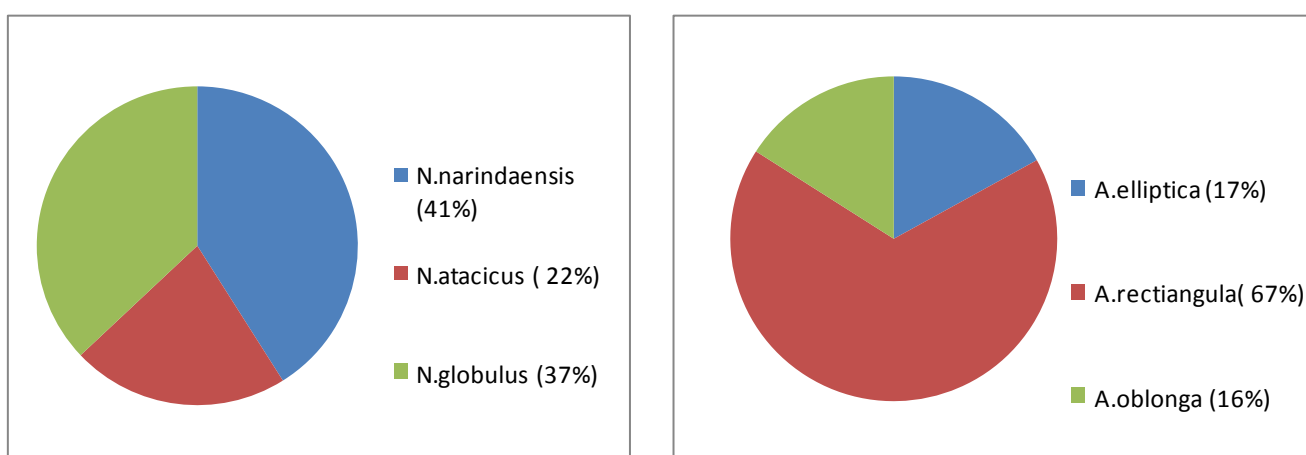


Figure 23: La représentation graphique de pourcentage des espèces chez les alvéolines et les nummulites d'Andalanabo.

La figure 23 montre le pourcentage de la répartition des espèces des alvéolines et des nummulites dans le gisement étudié.

La répartition biostratigraphique dans la carrière d'Andalanabo est figurée dans le tableau 3 ci-dessous.

Ces associations fauniques représentées dans le tableau 3 sont toutes datées de l'Yprésien au Lutétien mais les deux espèces (*N. atacicus* et *A. rectiangula*) sont apparues au paléocène et sont disparues totalement à l'Yprésien. Ces deux espèces sont donc de bons fossiles stratigraphiques qui donnent l'âge précis de cette carrière.

Tableau 3: La répartition stratigraphique des foraminifères rencontrés dans le site d'Andalanabo.

Etages Microfossiles	PALEOCENE	Eocene		
		Yprésien	Lutétien	Bartonien
<u>Au niveau de l'espèce</u>				
<i>N. narindaensis</i>				
<i>N. globulus</i>				
<i>N. atacicus</i>				
<i>A. oblonga</i>				
<i>A. rectiangula</i>				
<i>A. elliptica</i>				
<u>Au niveau du genre</u>				
<i>Nummulites</i>				
<i>Alveolina</i>				
<i>Orbitolites</i>				

Partie IV :
INTERPRETATION et DISCUSSION

1- LES GROUPES RENCONTRES DANS LE MILIEU DE DEPOT

Les sédiments à calcaires et marneux renferment une association de microfaunes diversifiées et abondantes.

1-1- LES FORAMINIFERES

Les foraminifères benthiques sont abondants et bien conservés dans le site d'Andalanabo. Ils sont formés par des foraminifères à test hyalin, à test porcelané et rarement de test agglutiné.

L'importance des foraminifères à test hyalin et à test porcelané est remarquable dans toutes les couches qui constituent la coupe.

Les nummulites et les alvéolines prédominent dans le site d'Andalanabo. Ces deux groupes sont présents dans toutes les couches de la coupe.

1-2- LES OSTRACODES

Les espèces des ostracodes sont rares par rapport aux foraminifères. Dans la carrière d'Andalanabo, les 5 genres ci-dessous sont rencontrés. Ces différents genres appartiennent dans la famille suivante : famille des CYTHERELLIDAE, famille des CYTHERURIDAE, famille des PARACYPRIDIDAE, famille des BAIRDIIDAE et famille des HEMICYTHERIDAE.

Le genre *Cytherella* est très diversifié dans le gisement d'Andalanabo.

2- LA BIOSTRATIGRAPHIE

L'Eocène est constitué de 3 étages distincts : Eocène inférieur ou l'Yprésien, Eocène moyen et Eocène supérieur.

2-1- ANDALANABO

Les observations sur le terrain combinées avec les résultats des études des microfossiles surtout les grands foraminifères prélevés donnent une indication plus précise sur la lithologie. Les dépôts sédimentaires dans le site d'Andalanabo sont constitués par des calcaires et des marnes. Le tableau de l'annexe IV résume les caractéristiques litho-biostratigraphiques de la carrière.

Les genres : *Cibicides*, *Pullenia*, *Ammonia*, *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Patellina*, *Rhabdammina*, *Textularia*, *Cytheropteron*, *Cytherella*, *Bairdia*, *Aurilia*, *Paracypris*, *Plesiolampas*, *Orbitolites* existent au Trias mais certaines genres sont présents jusqu'à l'Actuel.

Les nummulites et les alvéolines sont datés de l'Eocène, seul les espèces des nummulites (*Nummulites narindaensis*, *Nummulites atacicus* et *Nummulites globulus*) et d'alvéolines (*Alveolina elliptica*, *Alveolina olbonga* et *Alveolina rectiangula*) permettent de dater le site d'Andalanabo (tableau 3). Les espèces suivantes (*N. atacicus* et *A. rectiangula*) donnent la stratigraphie précise de la carrière car elles ne se trouvent qu'à l'étage Yprésienne, mais toutes les associations fauniques sont des formes existantes à l'Yprésien. En effet, la stratigraphie de la carrière correspond à l'Yprésien.

La présence du genre *Orbitolites* marque le début de l'Eocène.

2-2-LA BIOSTRATIGRAPHIE DE L'EOCENE DES AUTRES BASSINS DE MADAGASCAR

La biostratigraphie de l'Eocène de Madagascar est basée sur les foraminifères.

2-2-1- Bassin d'AMBILOBE

D'après BESARIE, 1971, les études réalisées dans le bassin d'Ambilobe montrent la présence de l'Eocène dans la Montagne des Français. Les foraminifères rencontrés sont des globigérines et des nummulites et d'alvéolines (*A. subpyrenaica*).

2-2-2-Bassin de MAHAJANGA

D'après DONCIEUX, 1948, les foraminifères identifiés sont des nummulites (*N. narindaensis*, *N. atacicus*, *N. beaumonti*, *N. uroniensis*, *N. subatacicus*, *N. guettardi*, *N. globulus*, *N. irregularis*, *N. acutus*) ; d'Alvéolines (*A. subpyrenaica*, *A. frumentiformis*) ; des globorotalidés (*Globorotalia*) ; des assilines et des discocyclines.

2-2-3- Bassin de MORONDAVA

D'après BESAIRIE, 1971 et RAMAKAVELO, 1985, les foraminifères trouvés dans l'Eocène du bassin de Morondava sont essentiellement des espèces de nummulites (*N. atacicus*, *N. stamineus*, *N. gallensis*, *N. uroniensis*, *N. narindaensis*, *N. acutus*, *N. lahirii*, *N. somaliensis*), des espèces d'alvéolines (*A. subpyrenaica*, *A. elliptica*, *A. oblonga*, *A. globosa*) et plusieurs genres des petits foraminifères.

Dans la partie Sud du bassin de Morondava où se situe le gisement d'Andalanabo, les foraminifères rencontrés dans ce site sont les suivants : des nummulites (*N. narindaensis*, *N. atacicus* et *N. globulus*), d'alvéolines (*A. oblonga*, *A. rectiangula*, *A. elliptica*) et diverses familles des petits foraminifères dont les miliolidés, rotaliidés et nonionidés.

2-3- L'YPRESIEN DE MADAGASCAR

La division stratigraphique de l'Eocène de Madagascar n'est pas toujours précise dans les autres bassins (Mahajanga et Ambilobe) tandis que les données de cette étude par les microfossiles nummulites et alvéolines ont permis de dater le site à l'Yprésien.

L'Yprésien de Madagascar est caractérisé par les grands foraminifères qui sont représentés dans le tableau de l'annexe V.

L'association formée d'*Orbitolites*, d'*A. subpyrenaica*, *A. oblonga*, *A. elliptica*, *N. atacicus*, *N. narindaensis* et *N. globulus* représente une biozone de l'Yprésien de Madagascar.

3- PALEOENVIRONNEMENT

La reconstitution de l'histoire du milieu est basée sur les données paléontologiques et sédimentologiques :

3-1- Apport des microfossiles

La prédominance des foraminifères benthiques surtout les grands foraminifères (nummulites et alvéolines) dans la carrière d'Andalanabo témoigne que le milieu est un milieu sédimentaire lié étroitement aux faciès des dépôts néritiques de mer peu profonde qui ont largement couvert la marge continentale grâce à une transgression (GALL, 1976). Les alvéolines préfèrent un milieu profond jusqu'à 200m de profondeur à basse énergie et très carbonatés tandis que les nummulites peuvent vivre dans un milieu plus profond que les alvéolines : aéré, riche en calcium avec une énergie moyenne. Ces deux genres des grands foraminifères à test calcaire, peuvent proliférer dans les eaux chaudes à température 25° et une salinité normale : 33 à 37 g/litre (BIGNOT et NEUMAN, 1997).

Parmi les nummulites (figure 23), l'espèce *narindaensis* est plus représentée (41%) par rapport aux autres espèces *globulus* (37%) et *atacicus* (22%). L'espèce *Nummulites atacicus* possède un nombre de tours de spire plus élevé (9) que *Nummulites narindaensis* (6-8) et *Nummulites globulus* (5). Est-ce-que la formation de tours de spire influencerait-elle sur le nombre d'espèce ?

Chez les alvéolines (figure 23), l'espèce *rectiangula* (67%) est dominante par rapport aux autres espèces : *elliptica* (17%) et *oblonga* (16%). Elle est aussi plus longue avec une moyenne de 13 mm tandis que les deux espèces suivantes : *elliptica* et *oblonga* ne dépassent pas de 7 mm. En outre, l'espèce *elliptica* possède un diamètre beaucoup plus élevés (*elliptica* : 5mm, *oblonga* et *rectiangula* : 3mm). Les alvéolines sont les plus nombreuses. En effet, la question suivante se pose : est-ce que l'abondance des espèces d'alvéolines dépend-t-elle de la longueur ? D'autres recherches ultérieures permettront-elles de répondre ce problème.

La présence des formes juvéniles pour chaque groupe de grands foraminifères rencontrés montre l'autochtonie de microfossiles dans les sédiments c'est - à- dire les microfaunes présentes dans la formation sédimentaire ne subissent ni de transport nide remaniement.

L'existence d'un seul genre *Rhabdammina* montre la rareté de la forme agglutinée. En effet, le milieu étudié se trouve dans un environnement néritique.

L'abondance de la famille des spirillinidés, des nonionidés et des rotaliidés dans les résidus de lavage témoigne que ces associations fauniques sont des faunes caractéristiques de la zone infralittorale d'eaux chaudes et peu profondes (LE CALVEZ, 1972).

La présence de la famille pénéropidés (g : *Orbitolites*) indique un environnement marin à une bathymétrie comprise entre 50 à 100 mètres (LE CALVEZ, 1972)

Les miliolidés (g : *Quinqueloculina* et le g : *Triloculina*) qui sont très nombreux dans tous les résidus de lavage caractérisent une formation plus littorale.

La présence des tests d'ostracodes épais (g : *Bairdia*), lisses (g : *Cytherella*, *Cytheropteron* et *Paracypris*) et ornementés (g : *Aurilia*) témoigne d'un environnement qui se trouve dans la zone infralittorale à salinité de 26 à 27‰ et qui est soumise sous l'action des vagues.

Les algues, les échinodermes, les bryozoaires qui se trouvent dans la plupart des lames minces montrent que le gisement d'Andalanabo ne serait pas loin d'un environnement récifal : une bathymétrie inférieure à 40 m, de la température élevée, avec des eaux plus agitées.

L'apport des microfossiles montre que la carrière d'Andalanabo se formait dans un environnement marin néritique, plate-forme continentale de la zone infralittorale.

3-2-Apport des microfaciès

La base de la coupe (Andl 2) montre un faciès microsparitique à grands foraminifères, caractéristique du milieu marin ouvert de faible profondeur mais à haute énergie (ADAMS et al, 1994).

Le microfaciès de type biomicritique qui domine dans les autres échantillons renfermant des sections des microfossiles montre que la carrière d'Andalanabo se forme dans le domaine néritique d'eaux chaudes bien oxygéné et calme.

L'apport des microfaciès montre que le site se situe dans un milieu bien oxygéné et calme.

3-3-Apport de la sédimentation

L'affleurement d'Andalanabo correspond à une sédimentation calcaire évoquant un environnement marin.

De la base au sommet, la couche renferme des marnes riches en petits foraminifères, ensuite, des calcaires durs (Andl 2-6) environ de 10m, suivis de 3m des calcaires marneux et à la fin des calcaires durs. Cette série témoigne d'une transgression mais les deux couches (Andl 10 et 11) méritent l'attention (CHAMLEY, 1987):

- Le calcaire (Andl 10) de 1m d'épaisseur contient des éléments grossiers plus petits à la base et plus gros au sommet. Cela pourrait être dû à un complexe d'altération ou à l'apport détritique lors de la transgression.
- La présence d'une fine couche de marne verte proviendrait d'une distribution latitudinale des argiles sédimentaires marines.

L'apport de la sédimentation témoigne que le gisement étudié se formait à partir d'une transgression.

Pour conclure, le site d'Andalanabo est formé au cours d'une transgression dans un milieu marin, néritique de la zone circalittorale. Ces divers types de milieux sont de faible profondeur dont la température est entre 18°C à 25°C, la salinité est normale et les eaux sont chaudes et en communication avec la mer ouverte. (Annexe VI).

Selon BELLIER, MATHIEU et GRANIER, 2009, les grands foraminifères qui accompagnent les sédiments, sont considérés comme ayant vécu dans les eaux chaudes. A part leur originalité anatomique s'y ajoute une particularité écologique. En effet dans la nature actuelle, ils se rencontrent dans des eaux dont les TAM sont supérieures à +22-23 °C avec un optimum de +25 °C et un écart annuel inférieur de 3-4 °C.

Par analogie avec les associations rencontrées en Aquitaine septentrionale (Suisse) et en Carinthie, les grands foraminifères auraient indiqué des biotopes marins infralittoraux, d'eaux bien éclairées et chaudes avec des TAM au moins égales à +22°C et atteignant peut-être plus de 25°C.

4 -LA PALEOBIOGEOGRAPHIE

La paléobiogéographie a pour but d'étudier les aires de répartition des fossiles à travers le temps géologique dans le monde.

Les associations de nummulites et d'alvéolines caractéristiques de l'Yprésien de Madagascar sont différentes de celle de l'Europe qui contient des plusieurs espèces dont les nummulites et les alvéolines sont les suivants *N. atacicus*, *N. involutus*, *N. planulatus*, *N. manfredi*, *N. praelaevigatus*, *A. ellipsoidalis*, *A. cucumiformis*, *A. violae* et *A. oblonga*. Cela montre qu'il s'agit de deux bioprovinces différentes mais il y a des espèces communes entre ces deux provinces (*N. ataccus* et *A. oblonga*).

CONCLUSION

Cette étude a permis d'identifier et d'inventorier les microfossiles rencontrés dans l'Eocène de la carrière d'Andalanabo. Elle apporte l'identification de 16 genres dont 10 sont de foraminifères, 5 sont des ostracodes et 1 microéchinoderme.

La région d'Andalanabo est caractérisée par la richesse en foraminifères surtout les alvéolines et les nummulites. Sur les 155 échantillons de nummulites et 132 échantillons d'alvéolines, 3 espèces de nummulites : *Nummulites ataticus* ; *Nummulites narindaensis* ; *Nummulites globulus* et 3 espèces des Alvéolines : *Alveolina elliptica* ; *Alveolina oblonga* ; *Alveolina rectiangula* sont rencontrés dans la carrière d'Andalanabo.

Les résultats d'étude confirment que la carrière d'Andalanabo est datée de l'Eocène plus précisément de l'Yprésien. La datation précise de cette carrière correspond donc à l'Yprésien.

Les associations fauniques constituées par des foraminifères benthiques (les alvéolines et les nummulites, des miliolles, du genre *Cibicides*, du genre *Pullunia*), des ostracodes, des échinodermes, des bryozoaires et d'algues témoignent que la paléoécologie de la région d'Andalanabo correspond à un domaine néritique de la zone circalittorale de la plate-forme continentale à mer ouverte. Ce milieu est caractérisé par des eaux chaudes, de température variée (25°C à 30°C), de profondeur entre de 40 m à 200 m et une salinité normale.

Il y a donc environ de 55- 47 millions d'années la carrière d'Andalanabo se trouverait dans la mer mais actuellement, elle est à environ 45 km de la mer avec un climat et un paysage présentés dans l'annexe I.

Etant donné que la plupart des terrains peu ou pas étudiés par les scientifiques malgaches, il serait grand temps de : d'abord, consacrer un peu plus de fonds d'appui de recherches pour les investigations dignes de ce nom en vue des valorisations scientifiques ; puis, multiplier les documents à la disposition des chercheurs, des enseignants et des étudiants ne serait-ce que pour des mises à jours des connaissances actuelles.

Ainsi, pour les futures recherches, les résultats obtenus méritent d'être améliorés en vue d'une investigation plus étoffée et rationnelle aussi bien dans le présent site que partout ailleurs à Madagascar, et également les environs de la grande Ile, aussi bien dans le cadre de la micropaléontologie sensu stricto que sensu lato, et pourquoi pas dans celui de la paléontologie et de la géologie sédimentaire toute entière.

Références Bibliographiques

BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - ADAMS A.E., MACKENZIE W.S. et GUILFORD C., 1994.** Les roches carbonatées in Atlas des roches sédimentaires, ouvrage, Masson Paris Milan Barabone, pp.34-57.
- 2 - BELLIER J.P. MATHIEU R. et GRANIER B., 2009.**Essentiel sur les foraminifères actuels et fossiles in cours traité des foraminifèrologies, article, vol.1, pp 1- 10.
- 3 - BESAIRIE H., COLLIGNON M., 1971.** Les terrains sédimentaires in Annales géologiques de Madagascar, fascicule n° **XXVe**, Tananarive, Imprimerie Nationale, pp.325-428.
- 4 - BIGNOT G., NEUMAN M., 1997.** Les grands foraminifères, indicateur thermiques des eaux de la mer de la craie, Bulletin trimestriel, fascicule **n°2**, pp. 6-13.
- 5 - BLONDEAU A., SHAMAH K. et BOUKHARY M., 1984.** Les microfaciès de l'Eocène et de l'Oligocène de la province du Fayoum in Revue de paléobiologie, vol. Spécial **n°3**, publié par le muséum d'histoire nature, congrès de l'association des palynologues de la langue française, université de Genève, octobre 1981, pp.243-258, 5 pl.
- 6 - BOBIER C., BEN ISMAIL K. et LATRACHE, 1986.** Les foraminifères benthiques cénozoïques du cap Bon dans leurs paléo-environnement in Revue de paléobiologie, vol. Spécial **n°2**, ISSN n°0253.6730, Genève, Mars 1988, pp. 487-495.
- 7 - BOUCHET V. M. P., 2007.** Dynamique et réponse fonctionnelle des foraminifères et des macrofaunes benthiques en zone Ostréicole dans les pertuis charentais, Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre et de l'Univers, Université d'Angers, pp.1-200.
- 8 - BOUR I., 2003.** Interprétation du gisement de Meynes, Beausemblant et Villedien en terme bathymétrique et environnement à la Pliocène in Reconstitution paléogéographique et paléoenvironnementale, apport de la micropaléontologie via les foraminifères cas du couloir Rhodanien, pp. 1-6.
- 9 -CHAMLEY H., 1987.** Origine des composants sédimentaires in Sédimentologie, ouvrage, Paris, pp. 1-162.
- 10 - CHAVAN A., MONTOCCHIO H., 1960.** Les fossiles classiques, enchaînement et de détermination, revue nouvelle édition, société d'édition d'enseignement supérieure 5 place de la carbone, Paris V, pp.1-17 ; 27-46.
- 11 - DENIZOT G., 1987.** Les fossiles tertiaires et quaternaires in Atlas des fossiles, fascicule **III**, sixième édition, société nouvelles, Saint-Michel, Paris VI, pp .13-18.
- 12 - DONCIEUX L., 1948.** Les foraminifères de l'Eocène et Oligocène de la côte Ouest de Madagascar, Fonds grandidier, Académie Malagasy n°**1451**, pp. 10-33, 5 pl.
- 13 - DRONE K., HOTTINGER L., 1988.** Alvéolines tertiaires: quelques problèmes à la conception de l'espèce in revue de paléobiologie, vol. Spécial **n°2**, ISSN n°0253.6730, Genève, pp.665-688.

- 14 - DUCASSE O., GUERNET C. et TAMBAREAU Y., 1985.** Paléogène in Atlas des ostracodes de France, mémoire, Elf-Aquitaine, 9, Pau, pp.258-264.
- 15 - DUCASSE O. et MOYES J., 1971.** Intérêt des ostracodes dans une esquisse paléogéographique du tertiaire Nord-Aquitaine in Paléoécologie des ostracodes, revue publiée par l'institut française de Pétrole, Paris, pp. 490-512.
- 16 - FOLK, R.L., 1959.** Practical petrographic classification of limestone, American association of Petroleum Geologists Bulletin, vol. **43**, pp. 1-38.
- 17- GALL J.C., 1976.** Introduction à la paléoécologie : environnements, sédimentaires anciens et milieux de vie, ouvrage, Institut de Géologie Université Louis Pasteur de Strasbourg, Paris. 210p.
- 18- GEOFFREY A. C., 2008.** The foraminifera and stratigraphy of the Melinau limestone, Sarawak and its importance in Tertiary correlation, article *quarterly journal of geological society*, Cardiff University, vol. **121**, pp. 283-338.
- 19- GUERNET C., 1984.** Les ostracodes de l'Auvervien du bassin de Paris, revue de micropaléontologie trimestrielle, vol.**27 n°2**, maison de la géologie, Paris v, pp.118-130, 4 pl.
- 20- HALLOCK P., POMAR L., 2008.** Paleooceanographic evidence for changing habitats in cenozoic evolution of larger benthic foraminifera, article *international coral reef symposium* session n°1, pp.1-3.
- 21- LAURA J. C. et PEARSON P.N., 2012.** Larger benthic foraminifera from the middle Eocene to Oligocene of Tanzania, journal *Austral of Earth Sciences*, vol. **105**, pp. 189-199.
- 22- LAURA J.C. et PEARSON P.N., 2011.** Extinction of larger benthic foraminifera at the Eocene /Oligocene boundary, article, *elsevier* vol.**311**, pp.281-294.
- 23 - LE CALVEZ Y., 1970.** Contribution à l'étude des foraminifères paléogènes du bassin de Paris, ouvrage éditonné par le Centre Nationale de la Recherche Scientifique, France, Paris VII.
- 24- LE CALVEZ Y., 1972.** Etude écologique de quelques foraminifères de la côte Saharienne de l'Atlantique, ouvrage, pp.245-254.
- 25- LETHIERS F. et GUERNET C., 1989.** Ostracodes et recherche des milieux anciens : possibilité et limites, article, vol.**3**, Université de Paris, pp.577-588
- 26- MAGNIER-JANNIN F., 1975.** Les foraminifères de l'Albien de l'Aube, paléontologie, stratigraphie, écologie, centre nationale de la recherche scientifique, Quai Anatole- France, Paris, pp. 25,97.
- 27- MATHELIN J. C., 1988.** Le paléogène des falaises de Biarritz : révision bio-stratigraphique, Paléo- environnement et diapirisme, Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, pp. 1-200.
- 28- NEUMAN M., 1967.** Manuel de micropaléontologie des foraminifères, ouvrage, p.10-297, 60 pl.

- 29- OERTLI H.J., GREKOFF N., 1971.** Ecologie et paléoécologie in Paléoécologie des Ostracodes, bulletin du centre de recherche, suppl.1 au vol.5, colloque Pau 1970, publié par la Société Nationale des Pétrole d'Aquitaine, pp. 20-26.
- 30- PIRARD Cl., 1965.** La systématique des foraminifères, document de recherche sur le cours de Monsieur NEUMAN, pp.1-159.
- 31- PIVETAU J., 1952.** Le stade inférieur et l'organisation du règne Animal in traité de Paléontologie, ouvrage complet, tome premier, Mars 1975, pp.1-134.
- 32- POIGNANT A.F. et LOBITZER, 1982.** Les algues de l'Albien supérieur du Nigeria in Cahiers de Micropaléontologie, article vol.2, pp.35-40.
- 33- RABEREHAREHA S. N., 2014.** La limite crétacé – paléogène (k-P_g) dans la région de Berivotra et de Boanamary du Bassin de Majunga, mémoire de DEA en Sciences de la Terre, université d'Antananarivo, pp.1-51.
- 34- RAHANTARISOA L. J., 1994.** Contribution à l'étude des foraminifères benthiques et des ostracodes Maastrichtiens de Berivotra et d'Antonibe du Bassin de Majunga. Mémoire de DEA en science de la Terre et de l'Evolution, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, pp. 1-51.
- 35- RAJOELISOLO T. A., 2004.** Etude des invertébrés et microfossiles dans la région de Vohipaly, bassin de Morondava : biostratigraphie, paléoécologie, paléogéographie. Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, pp.1-50.
- 36- RAMAKAVELO M. G., 1989.** Etude micropaléontologique du Crétacé supérieur et du paléogène de la région de Toliary, Bassin de Morondava, Thèse de doctorat, Université de Paris IV, p.1-174, 20pl.
- 37- RAMIHANGIHASON T. N., 2011.** Kuphus Guettard 1770 du Miocène du bassin de Majunga, paléoécologie basée sur la micropaléontologie et l'analyse séquentielle. Mémoire de DEA en Sciences de la Terre et de l'Evolution, Université d'Antananarivo, p.1-81, 4pl.
- 38- RASOLOFOTIANA E., 2010.** Bio-stratigraphique du Jurassique supérieur- Crétacé inférieur dans la région d'Antsalova (Bassin de Morondava) et d'Andranomavo (bassin de Majunga), Mémoire de DEA en Sciences de la Terre et de l'Evolution, Université d'Antananarivo, pp.1-50.
- 39- RAYMOND C. M., 1961.** Systematic descriptions in Treatise on invertebrate paleontology, geologic society of America and University of Kansas Press, pp.99-423.
- 40- RAZANAMALALA F. N., 2009.** Etude paléoenvironnementale du plateau calcaire de Soalar du bassin de Morondava. Mémoire d'ingénieur de l'Ecole Supérieure polytechnique, Université d'Antananarivo, pp. 1-57.
- 41- ROGER A., FROGET C. et RECY J., 1975.** Sédimentation ralentie et diagenèse sous marine au sein de la Nouvelle-Calédonie (dolomitisation, ferruginisation, phosphatisation), Université de Provence Marseille, France, pp. 301-316.

42-.RAZAFIMBELO E. ,1987. Les formations sédimentaires du bassin de Morondava in le bassin de Morondava (Madagascar) : synthèse géologique et structurale, Thèse de doctorat (ingénieur en géologie), Université Louis Pasteur, Institut de géologie STRASBOURG, pp.45-56 ;

43 - WALKER C., DAVID W., 1992. Le guide visuel de plus de 500 spécimens de fossiles à travers le monde in les fossiles, fascicule, muséum d'histoire naturelle, pp.175-185.

WEBOGRAPHIE

[http : www.carte géologique du bassin de Morondava.mg](http://www.carte_géologique_du_bassin_de_Morondava.mg)

[http : www_écologie des foraminifères. mg](http://www_écologie_des_foraminifères.mg)

[http : www.foraminifera.mg](http://www.foraminifera.mg)

[http : www.les grands foraminifères .mg](http://www.les_grands_foraminifères.mg)

ANNEXES

ANNEXE I

CLIMATOLOGIE ACTUELLE D'ANDALANABO

1- LE TYPE DE CLIMAT

La côte Ouest, de la région Atsimo Andrefana a un climat semi-aride avec brève saison de pluie (2 à 3 mois) où la pluviométrie descend à 300mm /ans surtout dans la zone côtière. Par conséquent, le Sud-ouest de Madagascar est formé par un climat tropical de type semi-aride avec un maximum humide unique et de saison chaude, à caractère cyclonique.

2- LE TYPE DE VEGETATION

La végétation de la région se confond au type du climat qui existe dont :

- dans la région orientale et centrale où se situe la carrière d'Andalanabo, est couverte d'une végétation prairie et savanes à tamariniers, très claires parsemées de quelque belles zones forestières tropophiles à grands feuillus, qui sont malheureusement en régression ;
- dans la région occidentale du plateau calcaire où poussent de bush épineux xérophile.

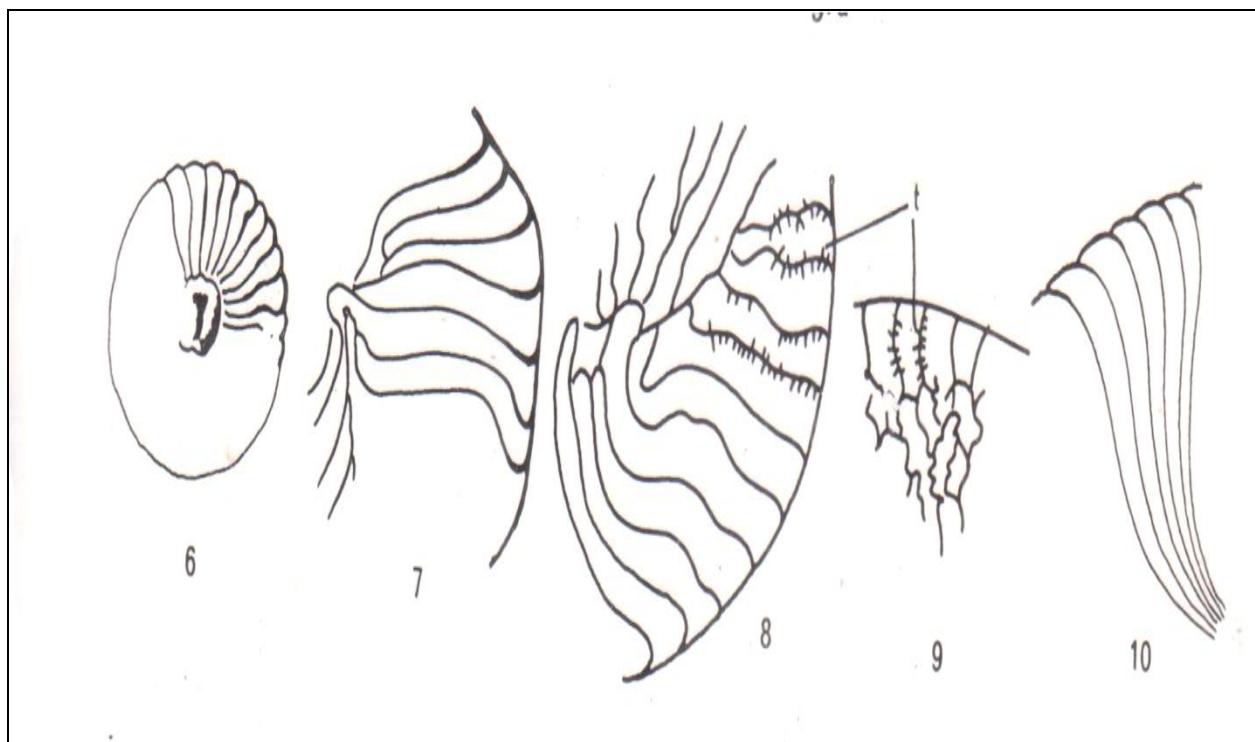
ANNEXE II

ECHELLE STRATIGRAPHIQUE DE L'EOCENE

Epoques	Etages d'Europe occidentale	Foraminifères planctoniques
OLIGOCÈNE — 37 MA ? —	Stampien inf. (Sannoisien)	<i>Hastigerina micra</i> <i>Cassigerinella chipolensis</i>
ÉOCÈNE SUPÉRIEUR	Priabonien ou Bartonien	<i>Globigerina gortanii</i> ou équivalent <i>Globorotalia cerroazulensis</i> <i>Globigerapsis semiinvoluta</i>
ÉOCÈNE MOYEN	Lutétien supérieur ou Biarritzien moyen inférieur	<i>Truncorotaloides rohri</i> <i>Porticulasphaera mexicana</i> ou équivalent <i>Globorotalia lehneri</i> <i>Globigerapsis kugleri</i> <i>Hantkenina aragonensis</i>
ÉOCÈNE INFÉRIEUR — 55 MA — PALÉOCÈNE	Yprésien Cuisien Sparnacien Ilherdien Thanétien	<i>Globorotalia palmerae</i> <i>Globorotalia aragonensis</i> <i>Globorotalia formosa formosa</i> <i>Globorotalia aequa</i> <i>G. subbotinae</i> = <i>G. rex</i> <i>Globorotalia velascoensis</i> <i>Globorotalia pseudomenardii</i>

ANNEXE III

DIFFERENTS TYPES DE FILETS CLOISONNAIRES CHEZ LES NUMMULITES



LEGENDES

- 6: raides
- 7: flexueux
- 8: tourbillonnants
- 9: réticulés
- 10: sinueux

ANNEXE IV

LITHOLOGIE DE LA CARRIERE D'ANDALANBO

Les caractères litho-biostratigraphiques de la carrière d'Andalanabo sont représentés dans le tableau ci-dessous :

N° d'échantillon	Lithologie	Biotopes
Andl 12 et 13	Calcaire induré	Diverses associations fauniques où les nummulites sont fréquentes.
Andl 11	Bande d'argiles vertes	Cette bande ne présente plus de bioclastes.
Andl 7,8, 9 et 10	Calcaire-marneux induré	Ces couches contiennent des nummulites, d'alvéolines et d'échinodermes.
Andl 6	Calcaire induré	Elles ont composés d'alvéolines et des nummulites avec la dominance de nummulites
Andl 5	Calcaire avec des débris latéritiques	Cette couche renferme de forme dégagée des grands foraminifères (nummulites et alvéolines)
Andl 2,3 et 4	Calcaire induré à grains grossiers	Les contenus paléontologiques présents dans ces couches sont les échinides, des quelques coquilles minces de bivalves et des grands foraminifères.
Andl 1	Marne	Cette couche présente des formes dégagées de petits foraminifères dont les miliolidés, rotaliidés, et spirilinidés ainsi que des ostracodes

ANNEXE V

**LES FOSSILES STRATIGRAPHIQUES DE L'YPRESIEN DANS LES BASSINS DE
MADAGASCAR**

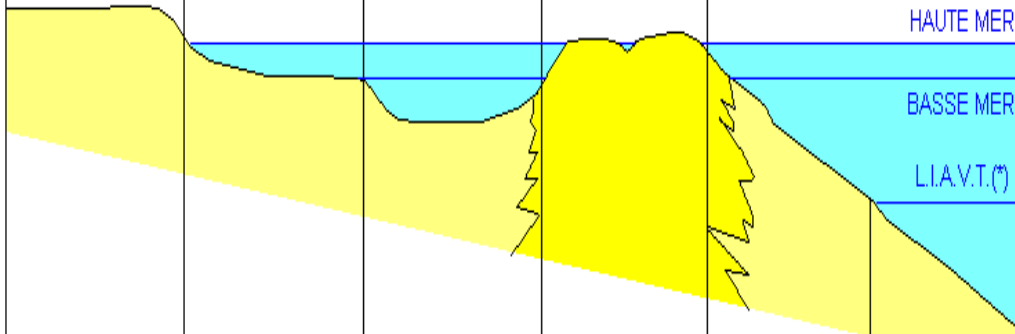
Les microfossiles stratigraphiques de l'Yprésien dans tous les bassins de Madagascar en comparant avec la carrière d'Andalanabo sont figurés dans le tableau suivant :

Bassin Etage	AMBILOBE	MAHAJANGA	MORONDAVA	ANDALANABO
Y	g : <i>Alveolina</i>	g : <i>Nummulites</i>	g : <i>Nummulites</i>	g : <i>Nummulites</i>
P	A.	(<i>N. narindaensis</i> ,	(<i>N. atacicus</i> ,	<i>N. narindaensis</i> ,
R	subpyrenaica	<i>N. atacicus</i> ,	<i>N. stamineus</i> ,	<i>N. atacicus</i>
E		<i>N. guettardi</i> ,	<i>N. gallensis</i> ,	<i>et N. globulus</i> ,
S		<i>N. globulus</i> ,	<i>N. uroniensis</i> ,	g : <i>Alveolina</i>
I		<i>N. irregularis</i>);	<i>N. narindaensis</i> ,	<i>A. oblonga</i> ,
E		g : <i>Alveolina</i>	<i>N. acutus</i> ,	<i>A. rectiangula</i> ,
N		(<i>A. subpyrenaica</i> ,	<i>N. lahirii</i> ,	<i>A. elliptica</i>
		<i>A. frumentiformis</i>)	<i>N. somaliensis</i>),	g : <i>Orbitolites</i>
		g : <i>Orbitolites</i>	g : <i>Alvéolina</i>	
			<i>A. subpyrenaica</i> ,	
			<i>A. elliptica</i> ,	
			<i>A. oblonga</i> ,	
			<i>A. globosa</i>	
			g : <i>Orbitolites</i>	

ANNEXE VI

LA ZONATION D'UN LITTORAL D'UNE SEDIMENTATION CARBONATEE

La figure ci- dessous présente les différentes associations fauniques et floristiques qui les caractérisent la zonation marine.

MILIEUX	PLATE-FORME INTERNE			BARRIERE	PLATE-FORME EXTERNE	
ETAGE	Supratidal (supralittoral)	Intertidal (médiolittoral)	Subtidal (infralittoral)	Barre ou Barrière (Récif)	Marin ouvert (circalittoral)	
						
ENERGIE	variable	moyenne à basse	basse	très forte	moyenne	basse
FAUNE	limnique saumâtre ou sursalée	benthique oligospécifique plus variée		constructeurs ou désert oolithique	benthique et pélagique Bryozoaires Echinodermes	
FLORE	Characées	Cynobactéries Stromatolites	Algues vertes Oncolites	Algues rouges		

(*) Limite Inférieure d'Action des Vagues de Tempête

Auteur : ANDRIASETRARIVO Onjanianarisoa Sabine

Titre : BIOSTRATIGRAPHIE et PALEOENVIRONNEMENT DU SITE D'ANDALANABO

Nombre de pages : 51

Nombre de figures : 23

Nombres de tableaux : 03

E-mail : onjanianarivo@gmail.com

Encadreur : Docteur RAMAKAVELO Geneviève, Maître de Conférences

Résumé

Le site d'Andalanabo qui fait partie du bassin de Morondava, est un gisement riche en microfossiles : foraminifères (nummulites et alvéolines) et ostracodes. Les 3 espèces respectives de nummulites et d'alvéolines identifiées sont : *N. narindaensis*, *N. atacicus*, *N. globulus*, *A. rectiangula*, *A. elliptica* et *A. oblonga*. Le *N. narindaensis* dont nous avons trouvé les deux formes (forme A à la lame spirale de 6 tours et forme B à lame spirale de 8 tours), ne se retrouve qu'à Madagascar. Les nummulites, les alvéolines et l'*Orbitolites* ont permis de dater la carrière d'Andalanabo à l'Eocène inférieur (Yprésien), il y a environ de 55 - 47 millions d'années. Les fossiles rencontrés : les bryozoaires, les échinodermes (*Plesiolampas saharæ*) et les ostracodes (*Paracypris*, *Cytherella*, *Aurilia*, *Cytheropteron*, *Bairdia*) ont permis de déterminer que cette carrière constitue l'environnement marin de la plate-forme continentale néritique, chaud et à mer ouverte.

Mots- clés: Nummulites –Alvéolines-Yprésien – Andalanabo – Bassin de Morondava –Madagascar.

Abstract

The Andalanabo site is among the Morondava basin a layer rich in microfossil: foraminifera (nummulites and alveolina) and ostracods. The 3 species respectively nummulites and alveolina to identify are: *N. narindaensis*, *N. atacicus*, *N. globulus*, *A. rectiangula*, *A. elliptica* and *A. oblonga*. The *N. narindaensis* of which we found the two shapes (shape A in the spiral blade of 6 turns and B shape to spiral blade of 8 turns), only meet to Madagascar. The nummulites, the alveolina and the *Orbitolites* permitted to date the career of Andalanabo to the Eocene lower (Ypresian), there are about 55 - 47 millions of years. The fossils met: the bryozoa, the echnids (*Plesiolampas saharæ*) and the ostracodes(*Paracypris*, *Cytherella*, *Aurilia*, *Cytheropteron*, *Bairdia*), so to determine that this career constitutes the marine environment of the platform continental neritic, warm and open environment.

Keywords: Nummulites – Alveolina - Ypresian - Andalanabo –Basin of Morondava- Madagascar.