



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT GEOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DE L'ESPA

Spécialité Géologie

**« EVOLUTION TECTONO – SEDIMENTAIRE DU
JURASSIQUE SUPERIEUR AU CRETACE INFERIEUR
DANS LE BASSIN DE MORONDAVA, LIMITE PAR LES
FLEUVES MANAMBOLO ET MANGOKY.
CONTRIBUTION A L'EXPLORATION PETROLIERE »**

Présenté et soutenu publiquement le 11 Août 2009 par

ANDRIAMAMONJY Dominique

Membres du Jury

Président : M. RAKOTONDRAOMPIANA Solofo, Chef de Département Géologie

Examineurs : M. ANDRIANAIVO Lala

Mme RAHARIJAONA Léa Jacqueline

Rapporteur : Mme LALAOHARIJAONA RASOAMBOLANORO

Promotion 2006



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT GEOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DE L'ESPA

Spécialité Géologie

**« EVOLUTION TECTONO – SEDIMENTAIRE DU
JURASSIQUE SUPERIEUR AU CRETACE INFERIEUR
DANS LE BASSIN DE MORONDAVA, LIMITE PAR LES
FLEUVES MANAMBOLO ET MANGOKY.
CONTRIBUTION A L'EXPLORATION PETROLIERE »**

Présenté et soutenu publiquement le 11 Août 2009 par

ANDRIAMAMONJY Dominique

Membres du Jury

Président : M. RAKOTONDRAOMPIANA Solofo, Chef de Département Géologie

Examineurs : M. ANDRIANAIVO Lala

Mme RAHARIJAONA Léa Jacqueline

Rapporteur : Mme LALAOHARIJAONA RASOAMBOLANORO

Promotion 2006

REMERCIEMENTS

J'aimerais adresser mes vifs remerciements :

- à Dieu sans qui je n'aurais jamais accompli mes études universitaires et le présent mémoire de fin d'étude,
- à Monsieur RAMANANTSIZEHENA Pascal, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo,
- à Monsieur RAKOTONDRAOMPIANA Solofo, Professeur, Chef de Département Géologie à l'ESPA et Président du Jury,
- à Monsieur RANDRIANASOLO Ignace, Directeur des Hydrocarbures de l'OMNIS,
- à Madame LALAOHARIJAONA RASOAMBOLANORO qui a accepté de diriger ce mémoire pour son soutien et son aide le long de la réalisation de ce travail
- aux membres du Jury :
 - Monsieur ANDRIANAIVO Lala
 - Madame RAHARIJAONA Léa
- au corps des enseignants au sein du département Géologie de l'ESPA,
- aux personnels du département exploration de la Direction des Hydrocarbures,
- à mes parents et à mes deux frères, Ando Ludovic et Hoby Cédric
- à Dina Miarintsoa RAKOTONIRINA
- à Ndimby

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
<i>1 Généralités</i>	<i>4</i>
1.1 Aperçu de la géologie de Madagascar	4
1.1.1 Contexte géologique.....	4
1.1.2 La couverture sédimentaire de Madagascar	4
1.1.3 Cadre structural.....	7
1.1.4 Le bassin de Morondava.....	10
1.1.5 Influence de la dérive de Madagascar dans le bassin de Morondava	16
1.2 Travaux antérieurs	23
1.2.1 Stratigraphie.....	27
1.2.2 La géologie structurale	46
<i>2 Méthodologie.....</i>	<i>49</i>
2.1 Les travaux de terrain.....	51
2.2 Méthode biostratigraphique pour la datation des coupes.....	53
2.2.1 Les échantillons contenant des foraminifères.....	53
2.2.2 Les échantillons contenant des Nannofossiles calcaires	55
2.3 Elaboration de la carte tectonique.....	57
2.3.1 Les principaux accidents structuraux	58
2.4 Méthode géophysique (la sismique réflexion)	63
2.4.1 Notion de sismique réflexion.....	63
2.4.2 Les principales figures observées sur une ligne sismique	64
<i>3 Résultats.....</i>	<i>69</i>
3.1 Résultats de l'analyse des échantillons	69
3.1.1 Les formes dégagées	69
3.1.2 Les datations des échantillons de terrains :	72
3.2 Résultats des coupes de terrain	74
3.2.1 Les coupes stratigraphiques de terrain	75
3.2.2 Conclusion partielle	82
3.3 Carte des failles à partir du traitement des images satellites.....	83
3.4 Lignes sismiques.....	86
<i>4 Interprétations des données</i>	<i>93</i>
4.1 Stratigraphie	93
4.2 Structure en surface	95
4.2.1 Analyse de cartes de réseaux hydrographiques	95
4.2.2 Les directions structurales	97
4.3 Structure des séries Jurassique – Crétacé Inférieur en subsurface	105
4.3.1 Coupes sismiques de direction E-W	105
4.3.2 Coupes sismiques de direction N-S	111
4.3.3 Synthèse sur l'interprétation des lignes sismiques.....	114
4.4 Contribution à l'exploration pétrolière	117
4.4.1 Potentiel pétrolier des séries syn-dérive dans la zone d'étude	117
4.4.2 Piégeage.....	118
CONCLUSION.....	120

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de la géologie sédimentaire de Madagascar	5
Figure 2: Carte structurale de Madagascar	8
Figure 3 : Position de Madagascar au Gondwana il y a 175 Ma d'après De Wit, 2003	16
Figure 4: Position de Madagascar à la fin du Karoo (Ramahavory, 1993 modifié)	17
Figure 5: Schéma structural pour la partie Nord du bassin de Mozambique (Ségoufin, 1981)	19
Figure 6 : Position de Madagascar au Jurassique Supérieur (Ramahavory, 1993)	20
Figure 7 : Carte structurale du bassin de Morondava (Bésairie et Collignon 1972)	22
Figure 8 : Localisation de la zone d'étude	24
Figure 9: Carte d'occupation de la zone d'étude [BD 500]	25
Figure 10: Carte géologique de la zone d'étude [Géol. 500 FTM]	26
Figure 11 : Coupe Behera Soanafindra, région de Begidro (Tsiribihina)	29
Figure 12 : Localisation des puits de forages dans une carte géologique	34
Figure 13 : Log du puits Ankazofotsy	36
Figure 14 : Log du puits Manja	38
Figure 15 : Log du puits Betsimba	41
Figure 16 : Log du puits Namakia	43
Figure 17 : Log du puits West Kirindy	45
Figure 18: Carte montrant le trajet de la campagne géologique	52
Figure 19 : Loupe Binoculaire	53
Figure 20: Les accidents structuraux sur l'image panchromatique 160 074	59
Figure 21: Les accidents structuraux sur l'image panchromatique 160 075	60
Figure 22 : Les accidents structuraux sur l'image 160 074 RVB : TM4, TM3, TM2	61
Figure 23 : Les accidents structuraux sur l'image 160 075 RVB : TM4, TM3, TM2	62
Figure 24: Différenciation des couches	64
Figure 25: Disposition d'une faille dans une ligne sismique	66
Figure 26: Aspect d'une discordance dans une ligne sismique	67
Figure 27 : Onlap ou transgression	67
Figure 28: downlap ou régression	67
Figure 29 : Carte montrant la localisation des coupes	76
Figure 30 : Coupe I Ambahibe-Ankilizato	77
Figure 31 : Coupe II Beranomaso-Filanjara	79
Figure 32 : Coupe III, Mandabe – Mahabo	80
Figure 33 : Coupe IV Manja – Mahabo	81
Figure 34 : Coupe V Ambararata	82
Figure 35 : Carte des failles	84
Figure 36: Les failles répertoriées superposées sur une carte géologique 1/500 000a	85
Figure 37 : Positions des lignes sismiques	86
Figure 38 : Ligne sismique A	87
Figure 39 : Ligne sismique	88
Figure 40 : Ligne sismique C	89
Figure 41 : Ligne sismique 1	90
Figure 42 : Ligne sismique 2	91
Figure 43: Carte du réseau hydrographique <i>Source : BD 500 FTM</i>	95
Figure 44: Failles Bemaraha et Ilova	99
Figure 45: Les failles actives pendant la dérive de Madagascar	101
Figure 46: Les directions marquant la fin de la dérive de Madagascar	103
Figure 47 : Carte tectonique de la zone d'étude	104
Figure 48: Coupe sismique A	107

Figure 49 : Coupe sismique B	109
Figure 50 : Coupe sismique C.....	112
Figure 51 : Coupe sismique 1	113
Figure 52: Coupe sismique 2	115

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tectono-stratigraphie de Madagascar (Ramahavory L. , 2002 in Rasolofomanantsoa R.,2002)	6
Tableau 2 : Délimitation du Karoo et du Post-Karoo selon les différents auteurs.....	10
Tableau 3 : Les séries contemporaines à la dérive	33
Tableau 4 : Description des puits	34
Tableau 5 : Localisation des échantillons	69
Tableau 6 : Répartition des marqueurs dégagés d' A1	72
Tableau 7 : Répartition des marqueurs dégagés de B1.....	73
Tableau 8 : Répartition des marqueurs dégagés de D1.D2 D3 D4 D5.....	73
Tableau 9: Répartition des marqueurs dégagés de B2.....	74
Tableau 10: Répartition des marqueurs dégagés de M1	74

ABREVIATIONS

E – W : Est - Ouest

E : Est

FTM : Foibe Taotsaritanin' i Madagasikara

NNE – SSW : Nord Nord Est – Sud Sud Ouest

NNW – SSE : Nord Nord Ouest – Sud Sud Est

W : Ouest

Ma : Millions d'années

INTRODUCTION

Depuis le début du siècle dernier, les bassins sédimentaires malgaches ont fait l'objet de campagnes intensives d'explorations et d'études pour les recherches pétrolières.

Madagascar avec les zones de l'Afrique de l'Est, est classé dans les zones à haut risque en ce qui concerne le potentiel pétrolier car aucune accumulation économique n'y a encore été définie. Les bassins sédimentaires de Madagascar renferment de grands potentiels pétroliers (Ramahavory, 2004), les principaux gisements reconnus officiellement se situent dans le bassin de Morondava : les grès bitumineux de Bemolanga dont la réserve est estimée à trois milliards de tonnes, et Tsimiroro avec ses deux milliards de barils d'huiles lourdes.

Suite à la crise d'énergie qui a sévi le monde ces dernières années, la promotion de l'exploration pétrolière a connu un nouveau essor de par le monde. Avec ses 1 600 000 km² de superficie incluant ses zones économiques exclusives, Madagascar offre 820 400 km² de bassins sédimentaires terrestre jusqu'en haute mer potentiel pour l'exploration cœur de l'industrie pétrolière en amont. D'où l'intérêt de toute étude qui contribue au développement de cette dernière.

Auusi, ce mémoire qui s'intitule « Evolution tectono – sédimentaire du Jurassique Supérieur au Crétacé Inférieur du bassin de Morondava entre les fleuves Manambolo et Mangoky, contribution à l'exploration pétrolière » a pour objectif l'application des techniques d'exploration pour mettre en exergue le potentiel pétrolier général des dépôts sédimentaires contemporains de la dérive de Madagascar, datés du Jurassique au Crétacé Inférieur dans la zone limitée par les fleuves Manambolo et Mangoky du bassin de Morondava, partant du principe que la présence de système pétrolier est liée à cinq paramètres à savoir la présence de roche mère qui doit être mature pour générer de l'huile, la présence de réservoir pour contenir les accumulations, la présence de couverture pour empêcher le lessivage des accumulations, la présence de système de piégeage, l'existence de bons systèmes de drainage des hydrocarbures vers les réservoirs ultérieurement piégés.

Les différents événements tectoniques qui ont contrôlé la sédimentation depuis la latitude Somalie – Kenya jusqu'à sa position actuelle seront évoqués dans ce mémoire et plusieurs approches ont été sélectionnées pour mener l'étude à savoir :

- l'analyse des microfossiles (méthode biostratigraphique),

- la lithostratigraphie des affleurements sur terrain et à la description des puits de forages,
- la télédétection et analyse des cartes pour apprécier les éléments structuraux perceptibles en affleurement et
- la sismique réflexion pour mettre en exergue quelques types de structurations du subsurface.

A partir de ces considérations, nous tenterons de nous prononcer sur les périmètres remplis par les séries contemporaines de la dérive de Madagascar à partir de l'Afrique de l'Est qui contribueraient à la présence de système pétrolier dans cette zone d'étude.

GENERALITES

1 Généralités

1.1 Aperçu de la géologie de Madagascar

1.1.1 Contexte géologique

Madagascar est divisé en deux entités géologiques :

- Le socle cristallin d'âge Précambrien, polystructuré par les événements orogéniques et/ou tectono – métamorphiques successifs, affleurant sur les deux tiers orientaux de l'île ;
- Les terrains sédimentaires, peu déformés et non métamorphisés, affleurant sur le tiers occidental et reposant en discordance sur le socle cristallin, recouvrant aussi les zones marines économiques exclusives (eaux territoriales malgaches), datés du Carbonifère Supérieur à l'Actuel.

1.1.2 La couverture sédimentaire de Madagascar

Les séries sédimentaires affleurent sur le tiers de la surface de Madagascar (Figure 1) et occupent du Nord au Sud toute la partie ouest de l'île. Elles couvrent aussi une petite partie de la bordure orientale et les zones marines, allant jusqu'à 3000 m de profondeur, incluses dans la zone économique exclusive de Madagascar.

Les trois principaux bassins de Madagascar, Ambilobe, Mahajanga et Morondava, affleurent dans la partie Ouest de l'île, séparés par des dorsales transversales. Ils sont matérialisés par des soulèvements du socle (le horst d'Ampasindava, séparant les bassins d'Ambilobe et de Majunga). L'éperon cristallin de Bekodoka délimitant les bassins de Majunga et de Morondava (Rajaomazava, 1991). Ces trois bassins partagent une histoire commune.

En effet, Les formations sédimentaires de ces principaux bassins malgaches sont représentées par:

- le Karoo, daté du Carbonifère Moyen au Lias Moyen, constitué principalement par des formations continentales ;
- le Post-Karoo, constitué par des apports détritiques déposés en milieu marin interrompus par deux accrétions de plateaux carbonatés : le Bajocien – Bathonien et le Paléocène – Eocène. (Tableau 1), le premier plateau reposant en discordance sur le Toarcien bien mis en évidence en subsurface (Ramahavory, 1993).

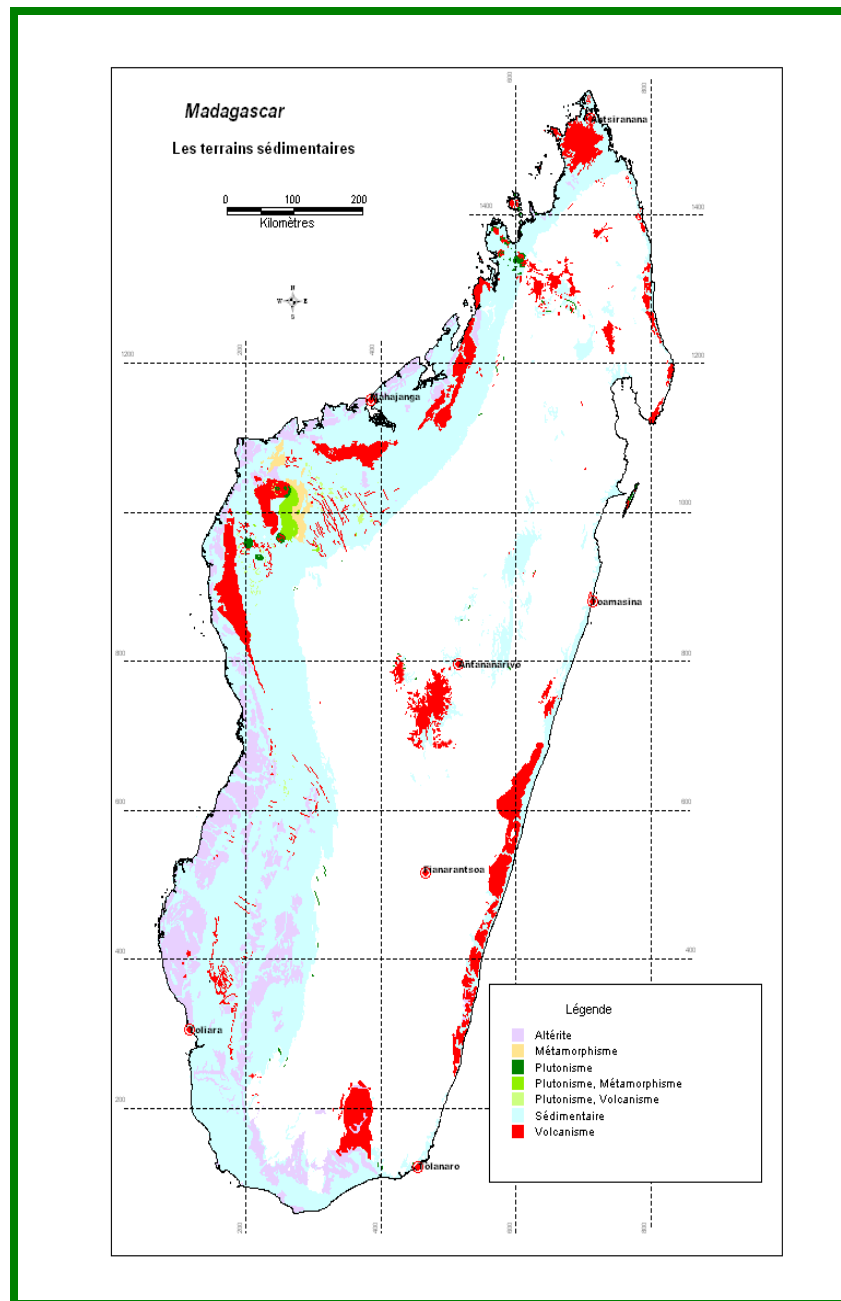


Figure 1: Carte de la géologie sédimentaire de Madagascar
[Source : Géol. 500 FTM]

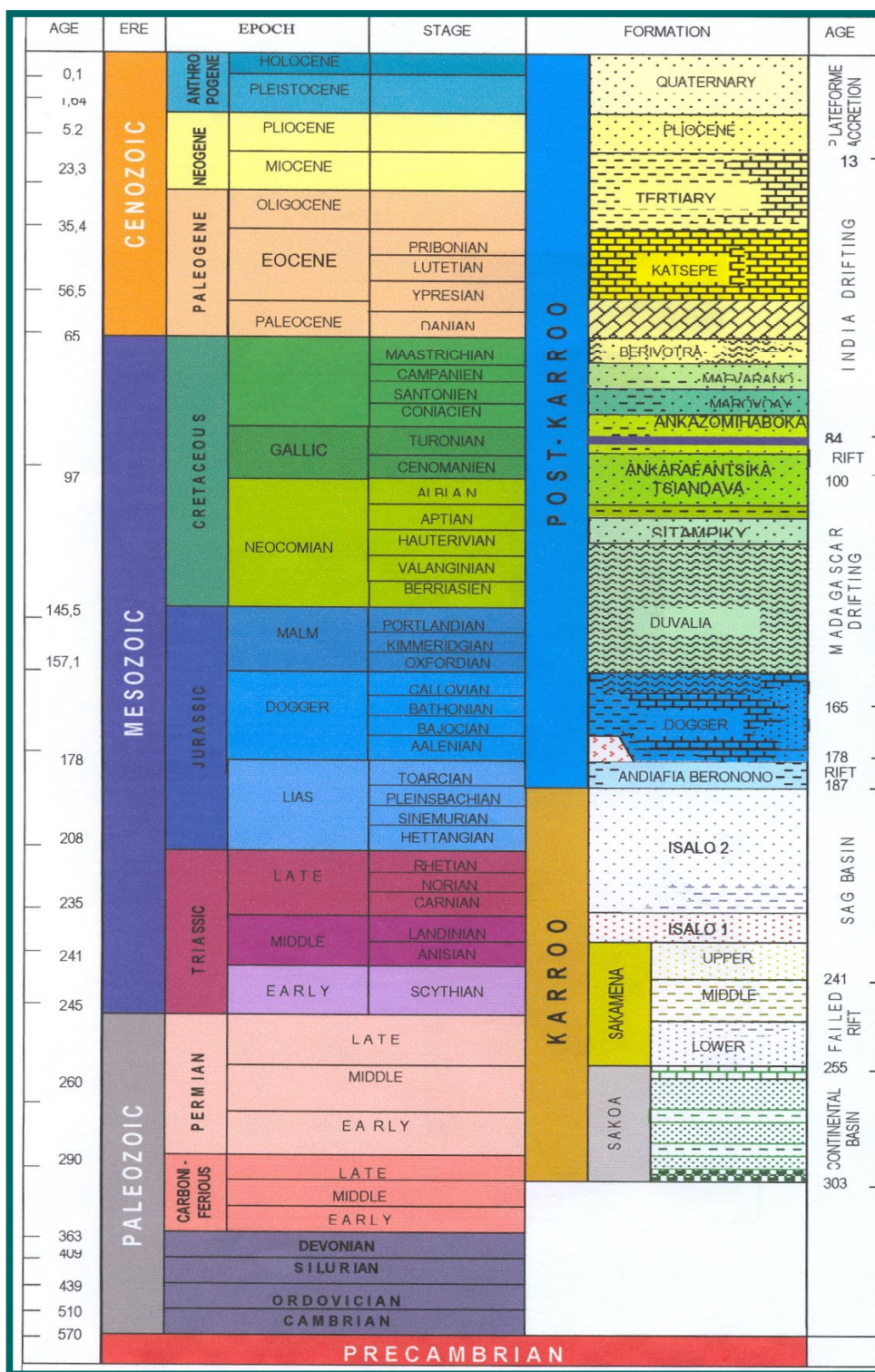


Tableau 1 : Tectono-stratigraphie de Madagascar (Ramahavory L. , 2002 in Rasolofomanantsoa R.,2002)

1.1.3 Cadre structural

L'allure générale des côtes malgaches (Figure 2) reflète fidèlement les directions des fracturations majeures qui ont affecté l'île surtout lors de la dislocation du Gondwana.

La sédimentation dans les bassins sédimentaires malgaches est contrôlée par les principaux événements tectoniques qui ont affecté l'île. Ces événements sont responsables de l'existence des failles majeures qui sont en général hérités du socle et ont été rejoués à travers le temps géologique.

A. La mise en place du Bassin Sakoa

Le bassin de la Sakoa est né de l'affaissement (au Permien Moyen) et des mouvements d'extensions (fin Carbonifère) et a permis l'envahissement marin précoce. Cet envahissement marin est représenté par les couches à *Productus* et *Spirifer* de Vohitolia.

Ces dépôts de la Sakoa sont donc des dépôts pré – rift et leur absence dans les zones hautes peuvent s'expliquer par leur érosion locale (Piqué, 1996).

B. Le rift avorté Permo – Trias

Ce rift est un processus de distension E – W le long des accidents subméridien. Il serait actif pendant le Néopermien – Eotrias (Ramahavory, 1993)

Dans le Sud du bassin de Morondava, ce rift avorté affecte les séries permo – triasique dessinant les bordures des fosses Karroo, dominés par le « Horst de Vohidolo » qui serait un haut fond, relique de soulèvement. Au Nord, il dessine toujours les bordures d'une grosse fosse, et dominé par les hauts fonds de Tsimiroro

Dans le bassin de Majunga, il est constitué par la fosse d'Ankara, recouverte en partie par des séries post – karroo

Cette fosse se poursuit en zone marine dans le bassin d'Ambilobe et abrite des sédiments franchement marins à Ammonoïdes.

C. La mise en place du rift Toarcien

Ce rift est actif à l'Ouest de l'axe du rift Permo – Triasique. Il dessine des demi – graben dans le bassin de Morondava, l'axe de ce rift se trouverait en zone marine au – delà de la ride de Davie (Ramahavory, 1993).

Il dessine des demis – grabens sous formes de blocs basculés suivant des failles antithétiques de direction NNE – SSW, héritée du socle dans le bassin de Morondava Sud Tsiribihina et le bassin de Majunga et suivant la direction NNW-SSE épousant la direction du système de failles de Bemaraha toujours héritée du socle dans le bassin de Morondava Nord Tsiribihina.

D. La mise en place de la marge passive

La marge passive débute au Bajocien – Bathonien et se subdivise en quatre phases :

- les dépôts de la série toarcienne, première incursion marine généralisée dans les bassins ouest malgaches scellant les blocs basculés du toit du Karoo
- l'accrétion de la plate – forme carbonatée, séparation du Gondwana,
- l'accrétion de croûte océanique dans les bassins de Somalie et de Mozambique,
- le basculement dû à un effondrement suivi de fente de tension remplies par les dykes albo-cénomaniens,
- l'initiation de la séparation par des fissures foyers du magmatisme effusif Turonien et
- le détachement de l'Inde du bloc Gondwana au Maastrichtien suivi de l'accrétion de plate – forme, bien mise en évidence au Paléocène et
- la mise en place des séries régressives Plio-Quaternaire.

E. Le rifting Crétacé

Le coulisement de Madagascar et du bloc oriental du Gondwana a cessé il y a environ 101 Ma âge de la dernière anomalie magnétique datant l'ouverture des bassins océaniques Somalie et Mozambique (Aptien – Albien). Après une période de calme magnétique, la dislocation du Gondwana Est a repris, contemporanément à l'accrétion océanique dans le bassin des Mascareignes débutant par l'anomalie 34, (84 Ma), correspondant au Turonien.

Dans l'état actuel des connaissances le scénario possible est le suivant :

- Arrivée d'un panache mantellique par le passage de Madagascar sur le point chaud actuel de Marion au Crétacé Supérieur, responsable en surface de la mise en place d'une importante couverture de basaltes et, en profondeur, de la fragilisation de la lithosphère.
- Ces forces aux limites sont responsables d'un étirement E – W à ENE – WSW à l'origine de la mise en place de la côte orientale.

- Par la suite jusqu'à la limite Crétacé – Tertiaire l'orientation des anomalies magnétiques dans le bassin des Mascareignes indiquent que la trajectoire de l'Inde est orientée vers le NE. Remarquons que cette orientation est aussi celle de la Cote - Est Malgache des dykes du Sud Ouest – malgaches et de ceux de l'Afrique orientale.

1.1.4 Le bassin de Morondava

Dans le bassin de Morondava, les sédiments affleurent au contact socle – sédimentaire et s'étendent au large de la littorale sous 3000 m d'eau couvrant la zone économique exclusive.

A. Le Karoo

Essentiellement continental, le Karoo est daté du Carbonifère Supérieur au Lias Inférieur (Pleinsbachien) (Tableau 2). Il atteint son maximum de développement dans le bassin de Morondava, de 6000 à 9000 m de profondeur. A caractère grès – argileux dominant, la formation Karoo est interrompue par des événements marins témoins des premières incursions marines à Madagascar. Bésairie (*in* Bésairie et Collignon, 1972) a subdivisé la formation du Karoo en trois principaux groupes séparés par des discordances, cette subdivision comprend de bas en haut : le groupe de la SAKOA, le groupe SAKAMENA et le groupe de l'ISALO.

Nomenclature du Karoo à Madagascar									
160MA					BESAIRIE, 1929-1960		TORTOCHAUX , 1948 KUNTZ & BIRQ, 1953	RAZAFIMBELO E. 1987	
	MESOZOIQUE	JURASSIQUE	DOGGER	BATHONIEN		ISALO	Marin	ISALO « C »	BATHONIEN BAJOCIEN
				BAJOCIEN			IIIb		
					Continental				
					Marin				
					IIIa				
		LIAS	SUPERIEUR		Continental	II	MAKAY		
			MOYEN						
			INF						
					I			ISALO « B »	
				ISALO « A ₂ »					
200MA	TRIAS	NEO		SAKAMENA	SUP	ISALO « A ₁ »	SAKAMENA SUPERIEURE		
		MESO			MOYEN	SAKAMENA II			
		EO			INF	SAKAMENA I		SAKAMENA MOYENNE	
		SUP			Calc. de Vohitolia			SAKAMENA INFÉRIEURE	
230MA	PERMIEN	MOYEN		SAKOA	SÉRIE ROUGE (GRES)				
		INF			COUCHE A CHARBON (GLOSSOPTERIS, GANGAMOPTERIS)				
					SCHISTES NOIRS ET TILLITES				
280MA	PALÉOZOIQUE	CARBONIFERE SUPERIEUR		RAZAFIMBELO M. Rachel					

RAMAHAVORY 1993 Lalaoharijaona RAMAHAVORY		
P O S T K A R O O	BAJOCIEN BATHONIEN	
	AALENIEN	
	TO ARCIEN	
K A R O O	ISALO	
	SAKAMENA	
	SAKOA	

- ***Le groupe de la Sakoa (Carbonifère Supérieur – Permien Moyen)***

Le groupe de la Sakoa affleure principalement dans le Sud du bassin de Morondava (Razafimbelo, 1987), discordant sur le socle précambrien. Il est défini de la base vers le sommet par :

- la série glaciaire, caractérisée par une alternance de schistes noirs, de tillites et localement de grès souvent conglomératiques;
- les couches à charbons, débutant par un ensemble de grès moyens à stratification intercalé à des schistes noirs et de grès calcaires et contenant des niveaux à *Glossopteris* et *Gangamopteris* leur conférant l'âge Permien Inférieur à Moyen
- la série rouge caractérisée, non seulement par des couches d'argiles rouges à *Glossopteris* et à *Theropsidea* à miche calcaire plate, mais aussi par des grès moyens arkosiques;
- les calcaires de Vohitolia, correspondant à la première transgression marine constituée par des dépôts de plateforme carbonatée. L'invasion marine viendrait du Sud en se basant sur le fait que le Permo-Trias, débutant aussi par une série périglaciaire, est défini par des appareils gréseux déposés en milieu marin profond pendant un régime régressif.

- ***Le groupe de la Sakamena (Permien Supérieur - Trias Moyen)***

Dans le bassin de Morondava, ce groupe est discordant sur la Sakoa au Sud et transgressif sur le socle. Les couches de la Sakamena sont schisto-gréseuses à la base et argilo- gréseuses au sommet. Elles affleurent d'une façon continue dans tout le bassin.

a) La Sakamena Inférieure datée du Permien Supérieur

Elle présente une alternance de schistes plus ou moins argileux et de grès micacés très durs, se débitant en dalle, et comprend de bas en haut :

- des conglomérats de base ;
- des bancs de calcaire marins ;
- des schistes à plantes et à Estheries ;
- de complexes schisto – gréseux à Reptiles ;

b) La Sakamena Moyenne datée du Trias Inférieur

D'âge Scythien correspondant à la zone palynologique Z2 et Z 3 (Razanajovy, 1995), On attribue à la Sakamena Moyenne un milieu de dépôts laguno-lacustres caractérisé par un faciès à

dominance argilo-schisteuse, pélitique, verdâtre à Botriococcus. On note la présence de bancs de calcaire à structure cône in cône. Les niveaux argileux contiennent des nodules à poissons et des restes de reptiles.

c) La Sakamena Supérieure datée du Trias Moyen

Correspondant à Z4 et Z5 (Razanajovy, 1995), elle est représentée par un complexe grès-schisteux, des argilites et de grès psammitiques. Les grès sont à structures entrecroisées. Cette série terminale se différencie des couches sous-jacentes par sa lithologie comprenant une succession de grès fin à moyen, micacé et d'argile rouge.

- Le groupe de l'Isalo

Basé sur la lithostratigraphie, l'Isalo est défini comme le terme final du système Karoo, séparé de la Sakamena par une discordance majeure par (Bésairie et Collignon, 1972) qui a défini trois ensembles lithologiques dont les correspondances avec les autres auteurs seront :

a) Isalo I, daté du Trias Supérieur au Lias Moyen par (Bésairie et Collignon, 1972), constitue le terme supérieur de la Sakamena Supérieure par (Razafimbelo, 1987). Mais daté du Trias Moyen à Supérieur correspondant à la zone 6 palynologique par (Razanajovy, 1995). Il est formé par de grès grossiers, conglomératiques à stratifications obliques et entrecroisées. Cette formation est très étendue dans le Sud du bassin où elle affleure en une bande de plusieurs kilomètres avec un aspect ruiniforme. Localement, il présente des caractères marins dans sa partie sommitale, argile de base à gypse de Tsimiroro.

b) Isalo II : caractérisé par l'abondance de bois silicifiés : *Araucarioxylon*, *Cedroxylon*, *Dadoxylon*, dans des grès argileux, fins à moyens, à stratifications obliques ou entrecroisées ; de puissantes couches d'argilites lie de vin, plus rarement vertes ou bigarrées, Bésairie et Collignon (1972) lui confère un âge Lias Supérieur indéterminé. (Razafimbelo, 1987) (Tableau 2) aurait défini une discordance majeure de cette formation avec celle qui la supporte, et l'a baptisée Makay 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 lentille d'argile gréseuse

A partir des résultats de forage (Ramahavory, 1993), l'Isalo II est daté du Carnien, Trias Supérieur à Plensbaschien et Lias Moyen correspondant aux zones palynologiques Z7, Z8, Z9 de

(Razanajovy 1995)

c) Isalo III, daté du Bajocien Bathonien par Bésaire 1972 définit cette série comme étant le sommet du système Karoo en se basant sur le lithofaciès argilo-gréseux et des calcaires avec de grandes formations marines latéralement. A partir de la tectonique des plaques, la mise en place du rift Toarcien de direction générale NNE-SSW répondant à l'extension WNW-ESE, suivi d'une surface d'aplanissement expliquant l'absence du Lias en affleurement due à une érosion éventuelle avant l'accrétion de la plateforme carbonatée du Dogger, l'Isalo III tel défini par (Bésaire et Collignon 1972) équivaldrait au pôle continental du faciès mixte du Jurassique Moyen. (Ramahavory L. 1993), bien développé dans le bassin de Morondava, au sud du fleuve Tsiribihina.

B. Le système post-Karoo

Le Post – Karoo désigne, les formations marines allant du Jurassique à l'Actuel. Il débute avec le Toarcien (reconnu dans quelques forages). Sa lithologie et sa puissance sont marquées par des variations très rapides verticales et latérales. Des lacunes stratigraphiques sont présentes dans la formation Post – Karoo et ses affleurements sont limités.

- Le Jurassique

Le Jurassique, se subdivise de la base vers le sommet en trois parties :

a) Jurassique Inférieur : défini par le Toarcien, n'affleure pas mais est défini en subsurface par des séries argilo-calcaires, Mandabe 1, Manja 1, Betsimba 1, Manambolo 1.

b) Jurassique Moyen : Il débute par l'Aalénien, traversé par des forages et correspond aux dépôts salifères définis en offshore profond dans les trois principaux bassins sédimentaires malgaches, il aurait été affecté par le phénomène d'aplanissement (Ramahavory, 1993). Aussi, le Jurassique moyen commence à présenter une distribution spatiale régionale à partir du Bajocien - Bathonien (dépôt de la première accrétion de plateforme à Madagascar), discordant sur le Toarcien et constituant le plateau de Bemaraha au Nord, évoluant vers les séries de plateforme détritique au Sud.

En profondeur, dans le bassin de Morondava, ce plateau évolue relativement vite en talus dans la partie Nord, favorisant des dépôts condensés (Manambolo 1, Sérinam 1) alors qu'il persiste dans la partie sud (Betsimba 1, Saronanala 1). Dans le bassin de Majunga, la plateforme

carbonatée du Jurassique moyen souligne le littoral actuel.

La distinction biostratigraphique entre Bajocien et Bathonien n'est pas nette aussi bien par les microfaunes que par les Palynomorphes car les milieux de dépôts ne favorisent pas la prolifération des organismes.

Un approfondissement du milieu de dépôt signalé par le début de prolifération des *Ammonites* et des *Lagenidae*, s'annonce au Bathonien supérieur et au Callovien. Les sédiments sont associés à des ensembles argilo – gréseux. (Bésairie et Collignon, 1972) a placé le Callovien dans le Jurassique Supérieur sûrement à cause de son lithofaciès.

c) Jurassique Supérieur.

- L'Oxfordien

Dans le bassin de Morondava, l'Oxfordien Inférieur est représenté par des faciès calcaro – gréseux, tandis que l'Oxfordien Moyen par des marnes, évoluant vers le Sud en des grès de type « deep sea fan » (éventails des mers profonds).

- Le Kimméridgien - Portlandien

Une grande transgression marine au début du Kimméridgien a favorisé le dépôt de niveaux riches en *Ammonites*. Ils sont associés à des grès. L'identification du Kimméridgien - Portlandien s'est faite par des *Ammonites* en affleurement mais dans les forages, leur limite n'est pas nette.

- Le Crétacé

Le Crétacé est subdivisé en trois ensembles selon des critères stratigraphiques :

a) Le Crétacé Inférieur : Berriasien à Aptien, se présentant comme suit de la base au sommet par :

- des marnes et calcaires glauconieux,
- des grès marneux glauconieux à nodules de calcaire,
- des séries grès – marneuses, argileuses, glauconieuses avec intercalations de niveaux calcaires.

La biozonation du Crétacé Inférieur n'y est possible que par étude d'association d'*Ammonites*, de *Foraminifères* benthiques et de *Nannofossiles* calcaires.

Le Crétacé Inférieur apparaît partiellement dans la partie centrale du bassin. Il redevient complet dans l'extrême Sud.

b) Le Crétacé Moyen :

Albien à Turonien, il est défini par des ensembles gréseux déposés en régime régressif, correspondant au remplissage de vallées sous-marines taillées après le basculement de Madagascar provoqué par les contre-mouvements et variation isostatique dus à l'initiation de la dislocation du continent de Gondwana Est, alors que Madagascar a atteint sa position actuelle il y a 100 millions d'années environ. Cette vallée est cartographiée en subsurface, dans la région de Manambolo. La partie sommitale du Crétacé Moyen est caractérisée par des dépôts de barres sableuses et des séries turbidites. Elle est constituée par le grès de Tsiandava dont l'équivalent dans le bassin de Majunga est le grès d'Ankarafantsika.

Le Turonien est manifesté dans le bassin par la coulée volcanique qui a affecté remarquablement la partie Nord et timidement la partie Sud du bassin. Ces épanchements volcaniques sont symétriques à l'éperon cristallin du Cap Saint-André. Ils constituent en subsurface un bon marqueur sismique.

c) Le Crétacé Supérieur : Coniacien à Maastrichtien n'est pas développé en affleurement. La partie basale correspondrait à des séries régressives. Le passage de la partie sommitale avec le Paléogène transgressif n'est pas distinct.

- Le Tertiaire

Le Tertiaire est transgressif et discordant sur le Crétacé Supérieur. On distingue :

a) Le Paléogène, qui se présente sous forme de plateaux délimités par des escarpements avec un faible pendage Ouest. Il est constitué de :

- calcaires francs, à Alvéoline et à Nummulites,
- calcaires marneux à *Huîtres*

b) Le Néogène : d'origine continentale est constitué par des plateaux et buttes sur les différentes assises sédimentaires. Il est constitué par des grès ferrugineux.

c) Le Pliocène est formé par des carapaces sableuses. Il s'agit de séries argilo-sableuses et d'épaisseur allant du mètre aux dizaines de mètres.

1.1.5 Influence de la dérive de Madagascar dans le bassin de Morondava

A. Place de Madagascar dans le Gondwana

Madagascar est l'un des fragments du continent Gondwana. Au stade initial, Madagascar était solidaire de l'Afrique, de l'Inde et de l'Antarctique (entre 00° et 10°S) (figure 3). Madagascar occupait le cœur du super continent Gondwana (de Wit, 2003).

Madagascar a une histoire géologique commune avec les autres parties du Gondwana qui lui étaient rattachés. En effet, il a quitté l'Afrique il y a 160 Ma (+ / - 5Ma) (figure 4), pour atteindre sa position actuelle il y a 100 Ma environ (Aptien). L'île s'est individualisée 70 Ma plus tard en se séparant de l'Inde. Dorénavant la géologie de Madagascar se développe individuellement.

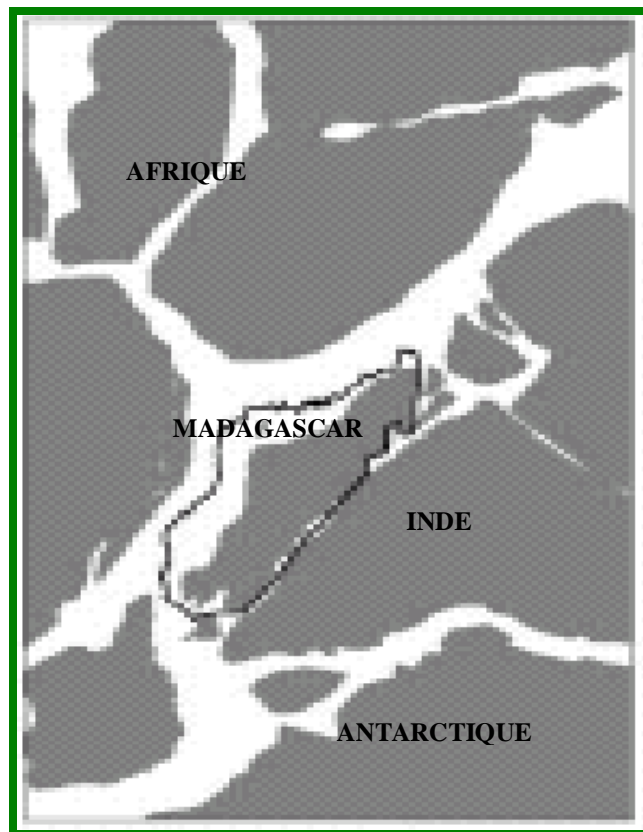


Figure 3 : Position de Madagascar au Gondwana il y a 175 Ma d'après De Wit, 2003

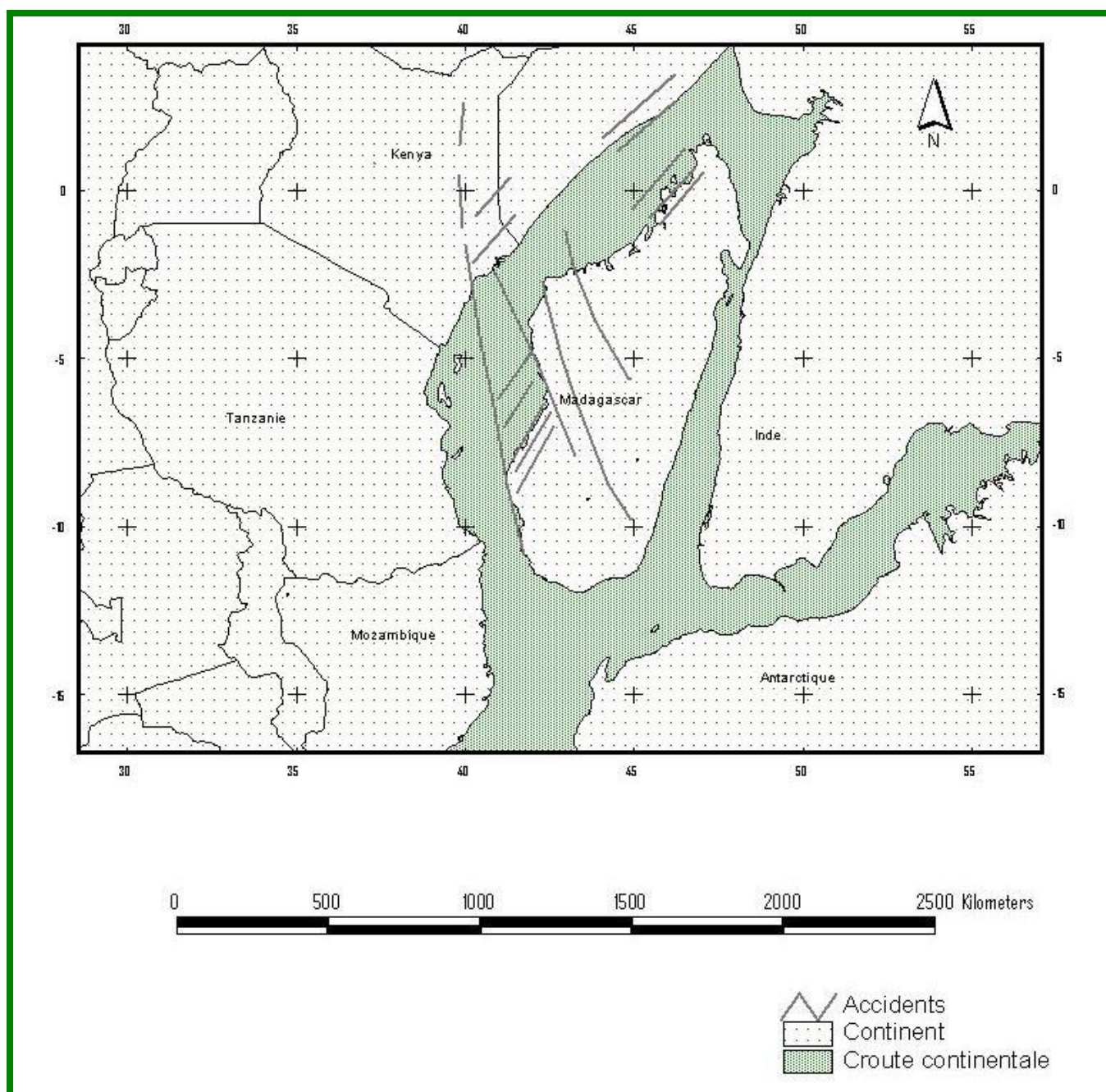


Figure 4: Position de Madagascar à la fin du Karoo (Ramahavory, 1993 modifié)

B. Déplacements de Madagascar

Avant les années 80, l'origine de Madagascar et ses mouvements restaient incertains en raison de l'absence de données magnétiques des bassins du Mozambique et de Somalie. Dans les premiers moments de la fracturation du Gondwana, le taux d'expansion moyen est de 1,5 cm par an (Segoufin, 1978).

Le Bassin de Somalie et celui de Mozambique (Figure 5), respectivement au Nord et au SSW de Madagascar ont un substratum océanique. Dans le bassin du Mozambique, les linéations magnétiques Mésozoïques, orientées schématiquement E – W, sont découpées par des accidents subméridiens qui les décalent d'Ouest en Est vers le Nord. (Segoufin, J. 1981) (Piqué, A.1996)

La paléoposition de Madagascar par rapport à l'Afrique est déduites des linéations magnétiques mesurées dans la croûte : les reconstitutions effectuées permettent elles aussi de situer à l'origine Madagascar le long des côtes Somaliennes. (Piqué, A.1996)

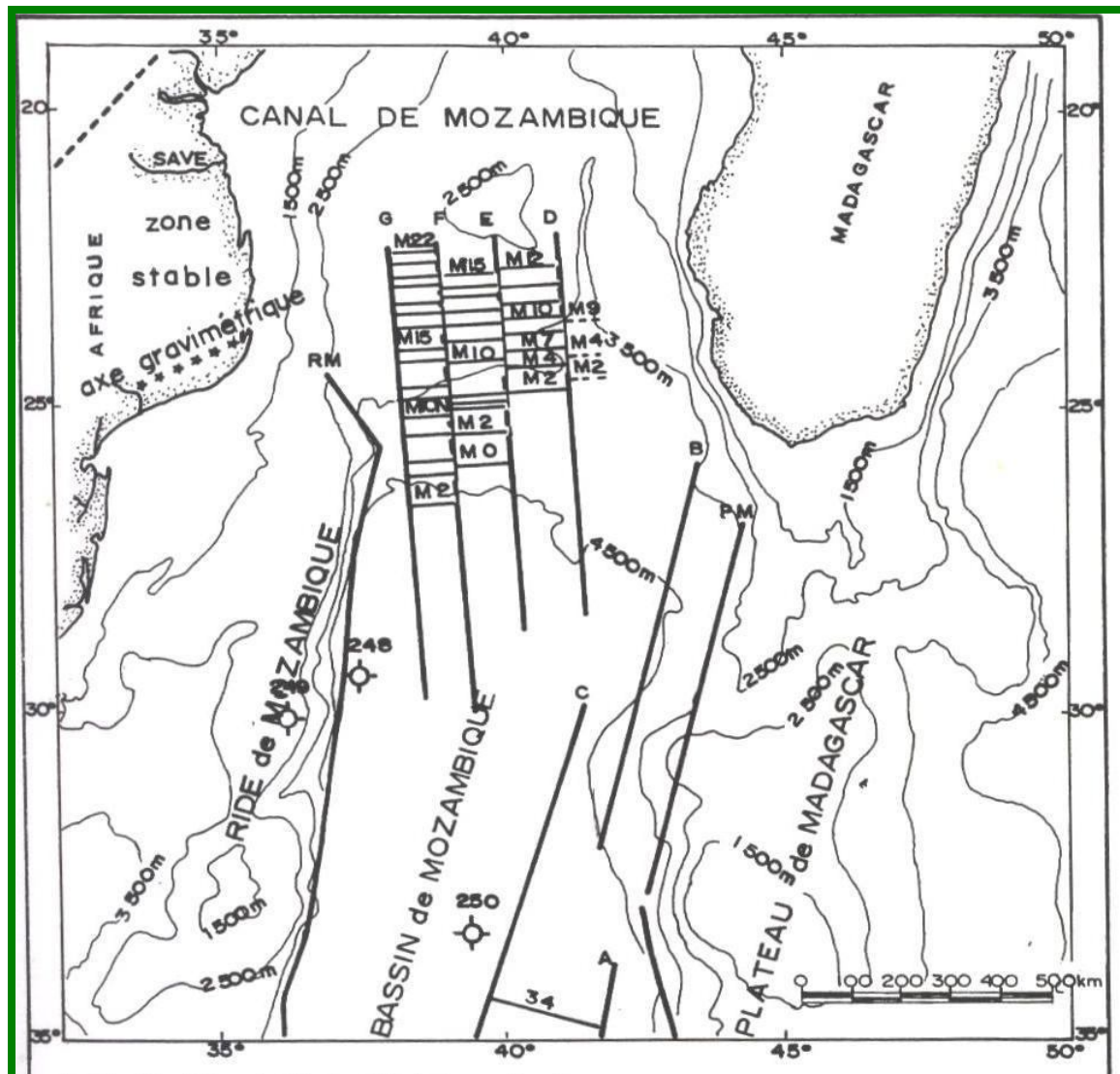
C. Accrétions océaniques

Les anomalies magnétiques correspondant à l'accrétion océanique du bassin de Somalie, correspondent aux valeurs M 25 à M 0, datées respectivement de 165 Ma à 105 Ma, et la valeur enregistrée pour celle du bassin de Mozambique, anomalie M22 à M0 datées respectivement de 150 Ma (Oxfordien) à 105 Ma (Aptien). Ces anomalies définissent une ouverture océanique NNW-SSE à subméridienne (Segoufin, J. 1978) (Segoufin, J. et Patriat 1980)

L'ouverture subméridienne des espaces océaniques sépare le supercontinent du Gondwana en deux blocs : un bloc occidental constitué de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, et un bloc oriental comprenant Madagascar, l'Antarctique, l'Australie et l'Inde, qui se déplace vers le SSE par rapport au premier bloc. (Piqué, A.1996) (Rabinowitz P et al, 1983)

Les bassins océaniques somalien et mozambicain qui se sont mis en place en servant comme relai la zone de fracture de la ride de Davie où le coulisement de Madagascar vers le Sud, contemporain des accrétions des croûtes océaniques des deux bassins jusqu'à l'Aptien âge de l'anomalie M0 (Rabinowitz P et al, 1983).

Le coulisement de Madagascar et du bloc oriental du Gondwana a cessé il y a environ 101 Ma (figure 6), âge de la dernière anomalie magnétique datant l'ouverture des bassins océaniques de Somalie et du Mozambique (Aptien – Albien) coïncidant avec l'apparition des dykes Albo - Cénomaniens.



D, E, F, G : Accidents et linéaments mésozoïques

B, PM, RM : Accidents et limites du plateau malgache et de la ride de Mozambique

A, C : Accidents appartenant à la séquence d'anomalie magnétiques 1 à 34

----- : Alignements d'épanchements volcaniques

Figure 5: Schéma structural pour la partie Nord du bassin de Mozambique (Ségoufin, 1981)

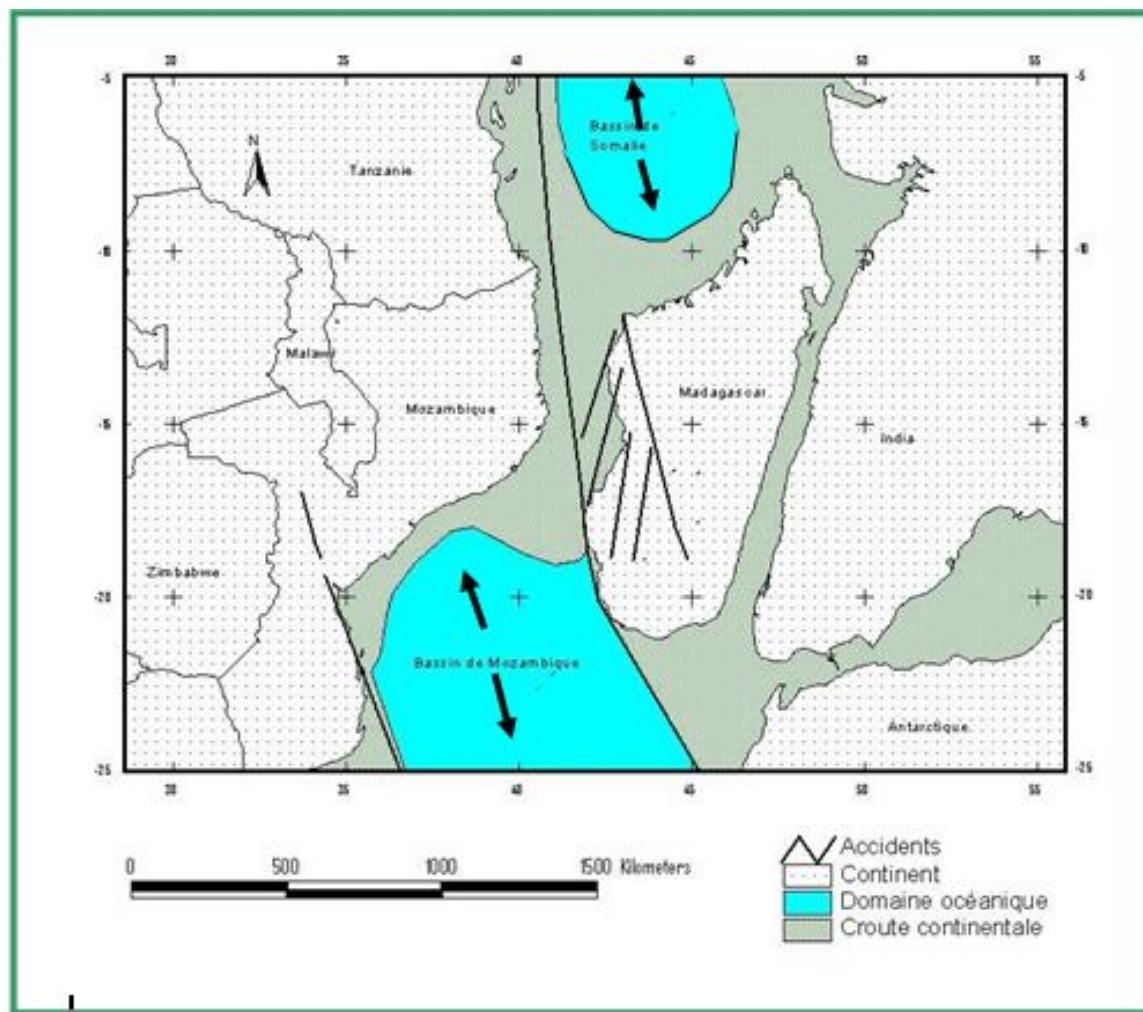


Figure 6 : Position de Madagascar au Jurassique Supérieur (Ramahavory, 1993)

- Quelques remarques sur ces bassins

L'âge du début de l'accrétion océanique reste controversé. Selon quelques hypothèses émises par différents auteurs (Piqué, 1996 par exemple), le début de l'accrétion se manifeste au Malm dans les bassins de Mozambique et de Somalie (anomalie M22). Au Bathonien Supérieur pour le bassin de Somalie (anomalie M25) (Segoufin 1981). Au moins ce qui est sûr, c'est que l'accrétion océanique s'opère simultanément du Malm jusqu'à l'Aptien. (M22 à M0, dans le bassin de Mozambique et M21 à M0 dans le bassin de Somalie).

- Contrôle des événements syn-dérive sur la sédimentation du bassin de Morondava

La traversée du bloc continental afro-malgache est marquée par l'activation de segments d'accidents en relais, parallèles à la ride de Davie (par exemple la faille de Ranotsara et les autres de direction NNW - SSE) et la réutilisation en failles normales des accidents préexistants dont les orientations sont compatibles avec les déplacements globaux envisagés. C'est le cas, en premier lieu, des failles NNE-SSW (Ilovo, Sikily) déjà fortement imprimées dans la fracturation du socle (rifting Karoo). Il est à souligner que ces jeux de failles normales NNE-SSW s'inscrivent de manière cohérente dans le fonctionnement d'un couloir décrochant dextre correspondant globalement au bassin de Morondava. Le taux de sédimentation très rapide entraîne aussi par ailleurs la formation d'anticlinaux de compensation (Ramahavory, 1993).

Les profils sismiques montrent que c'est à la fin du Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur que ces jeux de failles normales se manifestent nettement, alors que l'accrétion océanique et le jeu coulissant en relais le long de la ride de Davie sont plus actifs.

A la fin de l'Aptien, l'expansion ralentit puis se bloque dans le bassin de Somalie situé à l'Est de la ride de Davie.

La carte structurale de Morondava de la figure 7, établie par Bésairie et Collignon (1972) démontre aussi l'existence de ces événements.

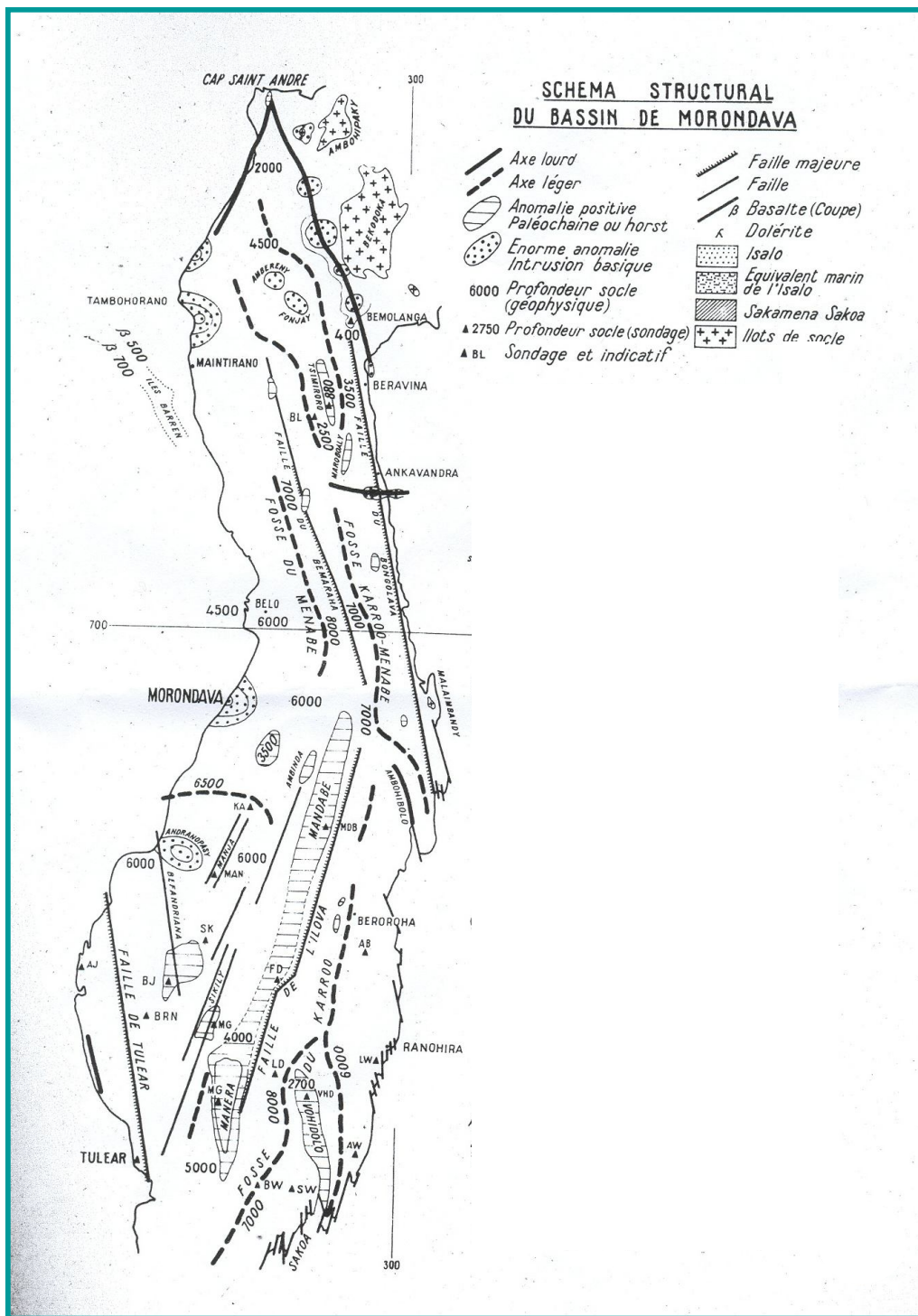


Figure 7 : Carte structurale du bassin de Morondava (Bésairie et Collignon 1972)

1.2 Travaux antérieurs

La zone d'étude se trouve dans le centre du bassin de Morondava, limitée par les fleuves Manambolo et Mangoky, correspondant approximativement à la région Menabe.

Elle est délimitée au Nord par Maintirano, à l'Est par Antananarivo et la région d'Amoron'i Mania et au Sud par la région d'Atsimo Andrefana au niveau du fleuve Mangoky. Le Canal du Mozambique la sépare de l'Afrique. La carte (figure 8) montre l'emplacement de la zone d'étude.

Nombreux sont les îlots et bancs de sable qui séparent la côte de la haute mer. Le littoral est formé de mangroves qui couvrent presque la totalité de la superficie. On rencontre aussi de vastes étendues de plaines. Les principaux plateaux sont Bemahara et Besabora. La végétation est essentiellement composée de savanes arborées (Satrana, Mokoty) et herbeuses, d'après l'occupation du sol de la figure 9.

Les massifs : Bongolava (point culminant : 1.342 m, entre Ankavandrakely et Tsiroanomandidy), et Makay (point culminant : Andranomita, à 1.034 m) (U.P.D.R. 2003).

Les séries contemporaines à la dérive de la zone d'étude datées du Jurassique Supérieur au Crétacé Inférieur, feront l'objet de ce mémoire. La carte géologique de cette zone est complétée par la cartographie de la figure 10 mentionnée dans la partie généralité.

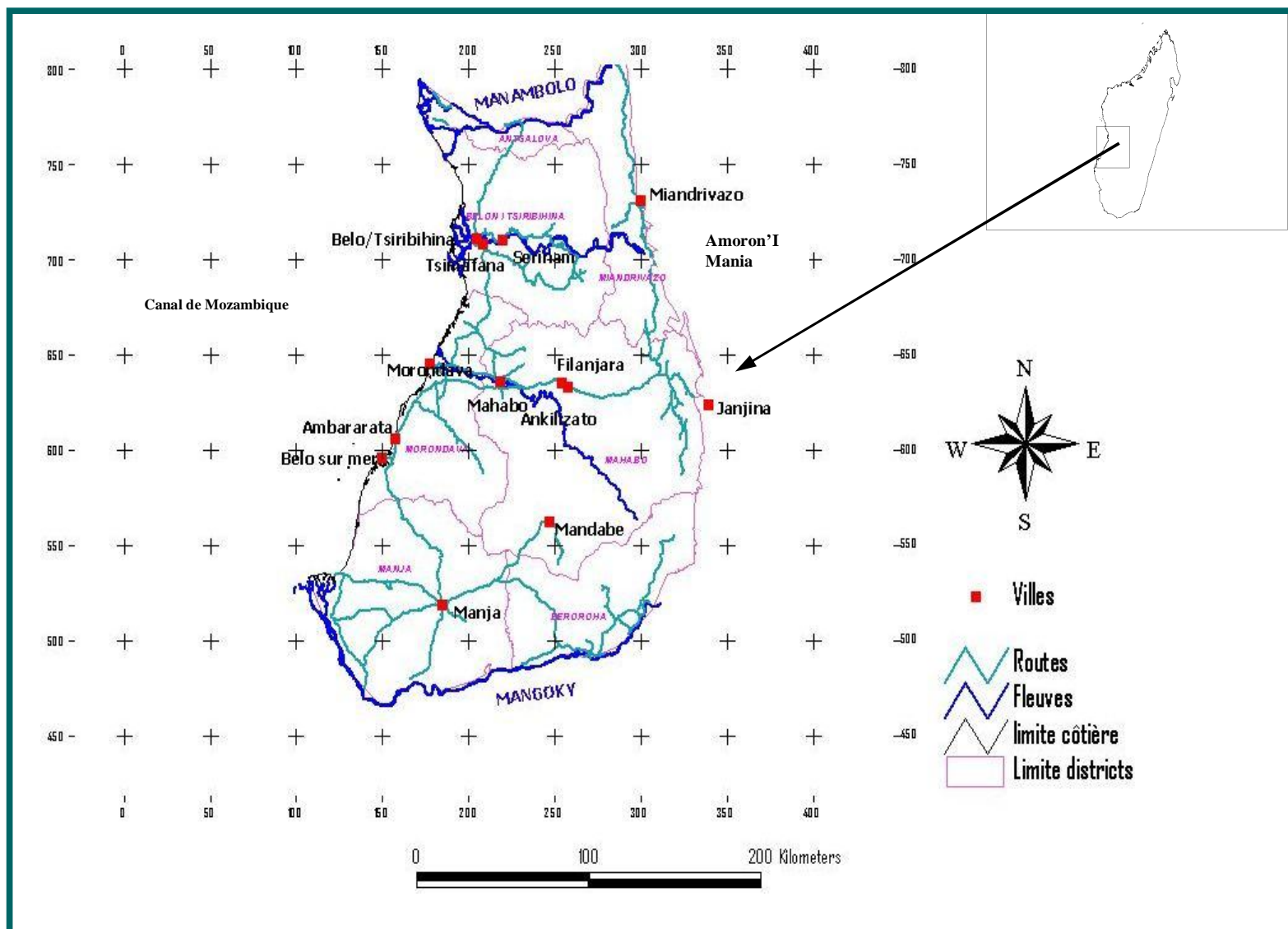


Figure 8 : Localisation de la zone d'étude

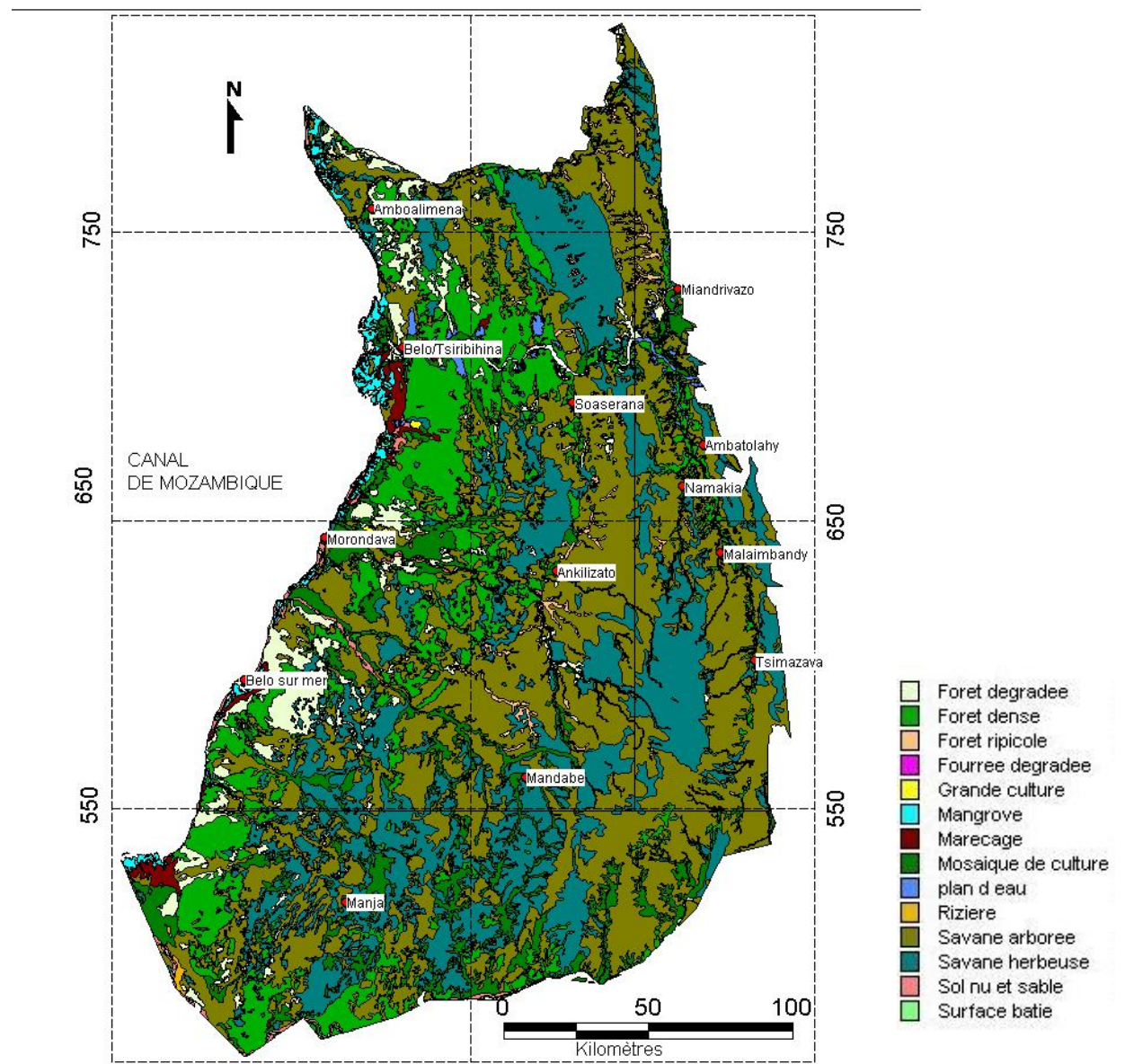


Figure 9: Carte d'occupation de la zone d'étude [BD 500]

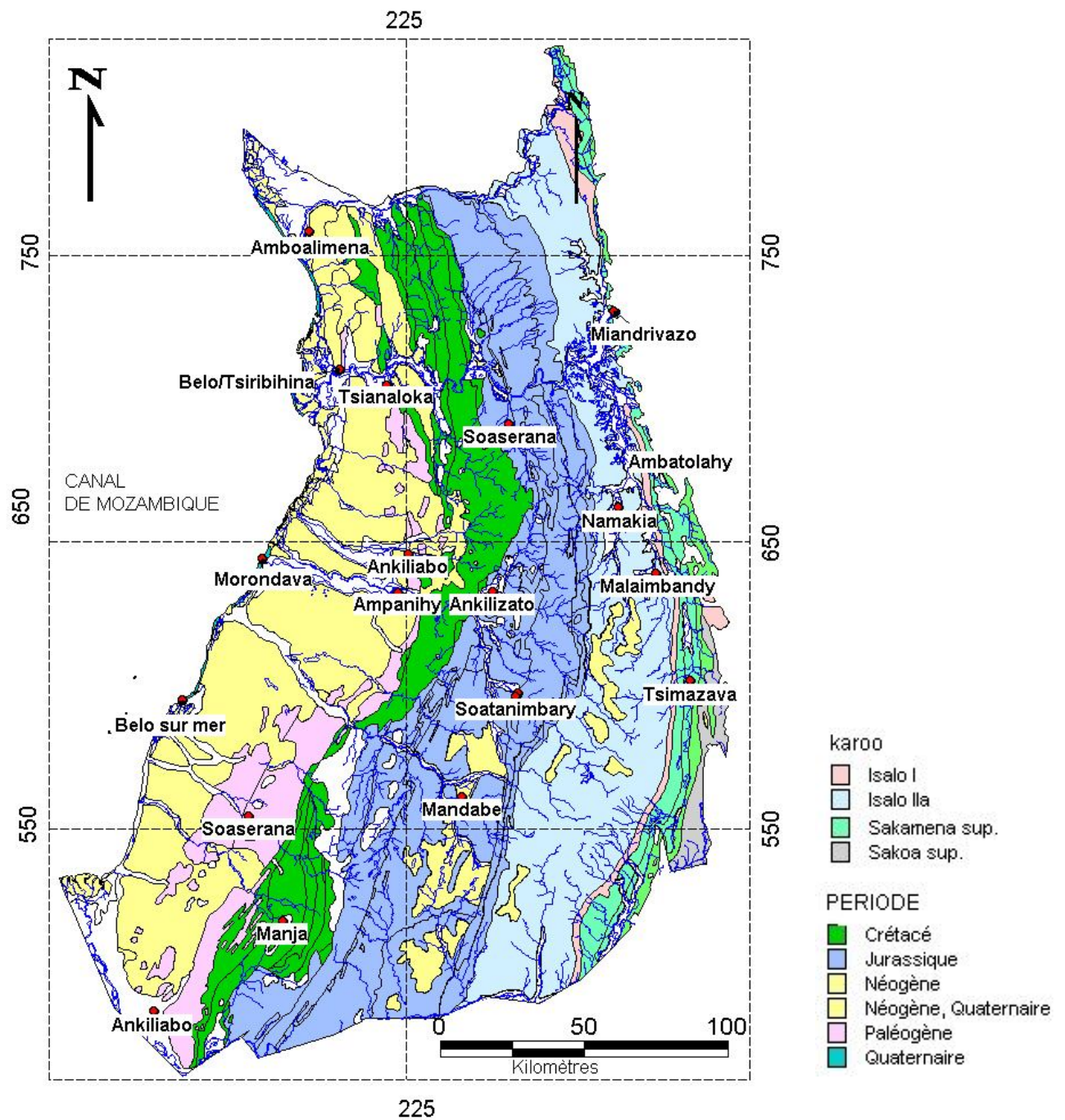


Figure 10: Carte géologique de la zone d'étude [Géol. 500 FTM]

1.2.1 Stratigraphie

A. Descriptions stratigraphiques

Cette partie est consacrée à l'étude stratigraphique des séries sédimentaires syn – dérive (Jurassique Supérieur à Crétacé Inférieur), elle a été tirée de la bibliographie (Bésairie et Collignon, 1972), (Razafimbelo 1987), (Ramahavory L.1993), (Piqué A. 1996),

- *Le Jurassique Supérieur*

Les séries du Jurassique Supérieur s'étalent du Callovien au Portlandien.

a) Le Callovien

Au Nord de la zone d'étude

Dans la Tsiribihina, le Callovien présente des conglomérats de base surmontés par des marnes grises et de petites *Ammonites* pyriteuses.

Sur l'axe routier Miandrivazo-Morondava

A l'Est d'Ankilizato, le Callovien est représenté de bas en haut par :

- des marnes jaunes surnommés « les marnes jaunes d'Ankilizato », comportant de minces niveaux gréseux gris-bruns et des niveaux décimétriques de calcaires marneux à Polypiers, Lamellibranches, Gastéropodes, ces marnes sont de couleurs claire généralement jaune, parfois grise ou verte (Bésairie et Collignon ,1972)

- des bancs de calcaires bioclastiques coupés de marnes jaunes à galets calcaires.

Les trois étages du Callovien ont été différenciés par leurs contenus faunistiques :

- Callovien Inférieur

Le Callovien Inférieur renferme des *Ammonites* tels : *Macrocephalites triangularis*, *M.formosus*, *M.chariensis*, *Choffatiasp.*, *Indocephalites transitorius*, *I. diadematus*, *I.chrysoolithicus*, *Dolikephalites flexuosus*, *Pygurus depressus*, *Polypiers* (Bésairie & Collignon, 1972).

- Callovien Moyen

Obtusicoelites ushas, *O.cf.waageni*, *Notocephalites semilaevis*, *Eucycloceras encyclum*, *Epilgrimi*, *Kikelinicerias catillus*, *K.anygaster*, *K.indra*, *Choffatia aurita*, *Sindeites sp.*.

- Callovien Supérieur

Il n'a pas donné de formes caractéristiques.

Secteur Sud de la zone d'étude : aux alentours de Mangoky

Les affleurements du Callovien sont médiocres et envahis par les formations continentales dont des grès entrecroisées et d'argiles:

- le Callovien Inférieur est marin avec une faune à *Macrocephalites*,
- le Callovien Moyen est représenté par un mince niveau de calcaire à *Reieckia cf. greppini*, *Obtuscostites cf. obtusicosta*, *Sivajiceras sp.* *Belemnopsis calloviensis* (Bésairie & Collignon, 1972),
- le Callovien Supérieur est représenté localement par une série marneuse à *Peltoceras aff. kachhense*, *Putealicerias trilineatus*, *Sablunuceras dynastes*, *S. intermedium*, *S. discoides*.

b) L'Oxfordien

L'Oxfordien Inférieur est confondu avec le Callovien, mais sa reconnaissance a été possible grâce aux *Ammonites*.

Secteur Nord

- Oxfordien Inférieur

A Soanafindra, (Figure 11), l'Oxfordien Inférieur est formé par une succession de bancs calcaires de puissance métrique et de marnes fossilifères. Il est représenté par les *Foraminifères* suivantes : *Lenticulina sculpta*, *Lenticulina fracta*, *L. quenstedti*, *Saracenaria aculeata*, *Astacolus erytheles*, *Espitomina cf. minuteriticolata* (Ramahavory, 1993)

- Oxfordien Moyen

L'Oxfordien Moyen est défini par une succession de bancs décimétriques de calcaires, de marnes et de grès calcaires. Les marnes ont révélés l'association de microfaunes telles que *lenticulina fracta*, *L. subtilis*, *L. lithuanica*, *Astacolus debilis*, *A. erytheles*, *Saracenaria aculeata*, *Espitomina alveolata*, *E. ventriosa*, *Globulina oolothilica* (Ramahavory, 1993).

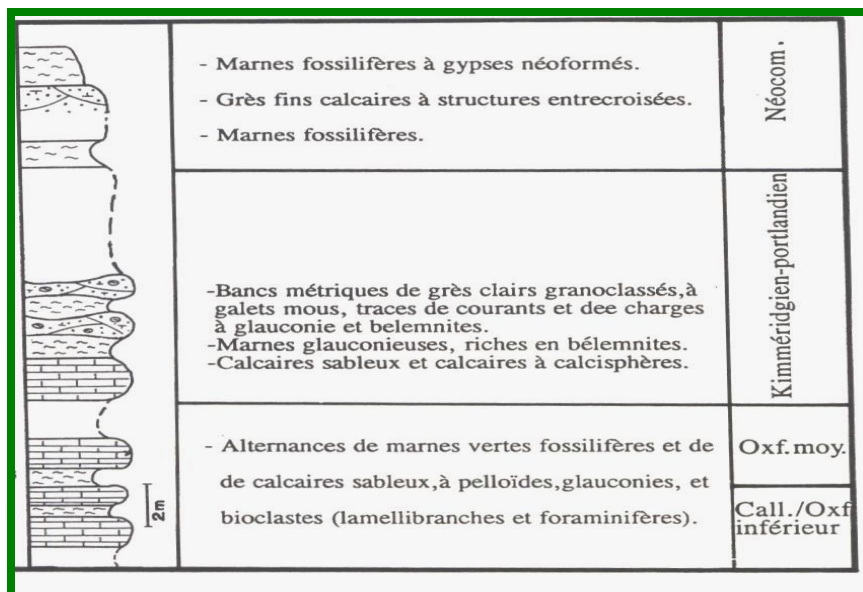


Figure 11 : Coupe Behera Soanafindra, région de Begidro (Tsiribihina)
(Ramahavory, 1993)

Secteur Central

L'Oxfordien Inférieur et l'Oxfordien Moyen affleurent à partir d'Ankilizato jusqu'à la rivière Maharivo.

• Oxfordien Inférieur

Du Nord vers le Sud, les dépôts de l'Oxfordien Moyen (Argovien) évoluent depuis un faciès de marne jaune (faciès bassinale de décantation) vers un faciès dans lequel la même marne alterne avec des grès granoclassés correspondant à des écoulements gravitaires et qui participent à l'édification d'éventails détritiques sous-marins.

Les marnes jaunes d'Ankilizato, qui ne contiennent que de rares intercalations de bancs gréseux, sont des dépôts à caractères pélagiques renfermant de nombreux *Foraminifères* à test calcaire et des Céphalopodes.

Des coulées sableuses gravitaires sont bien exposées dans deux localités de la région d'Ambinda : il s'agit d'intercalations gréseuses dans les marnes argoviennes se présentant sous forme de bancs de puissances métriques. Ces grès à ciment calcaire montrent un granoclassement décroissant. A la base, l'ensemble renferme des galets mous qui sont des remaniements de la série encaissante constituée de marnes épipélagiques. Ils se débitent en bancs décimétriques et les bases des bancs gardent les moulages des traces de courants ou « flute cast » et des traces de charges ou « load cast ». Ces coulées gravitaires se rencontrent aussi dans les niveaux supérieurs de l'Oxfordien.

Secteur Sud

Entre la Maharivo et le Mangoky, l'Oxfordien Inférieur et l'Oxfordien Moyen sont différenciés. Le premier est à tendance calcaire et le second à prédominance détritique.

- L'Oxfordien Inférieur

L'Oxfordien Inférieur est défini par une alternance de bancs métriques, de grès calcaires glauconieux riches en Bélemnites et en Bois calcifiés.

- L'Oxfordien Moyen

Au Sud, il est représenté par un ensemble à prédominance gréseuse avec structure entrecroisée contenant de rares et minces niveaux marins fossilifères à *Liogryphea sp.*, *Aspidoceras sp.*, *Dichotosphinctes sp.*, (Bésairie et Collignon, 1972).

L'Oxfordien Supérieur est absent dans la zone d'étude.

c) Le Kimméridgien-Portlandien

Le Kimméridgien et le Portlandien sont difficilement différenciables. En effet, ils présentent une même lithologie constituée généralement par des grès à ciments calcaires, à granoclassement décroissant, montrant des figures d'écoulement gravitaire.

Dans le secteur Nord de la zone d'étude

Le Kimméridgien-Portlandien se présente sous forme d'intercalations de marnes et de grès calcaires. Les corps gréseux qui sont sous forme de bancs décimétriques à métriques présentent un granoclassement décroissant et renferme des galets mous de marnes vertes. Les traces de charges et de courants des bases de bancs sont analogues à celles des corps turbiditiques mentionnés précédemment dans l'Oxfordien Moyen d'Ambinda. Ces niveaux diffèrent des précédents par la richesse en glauconie et la présence des Bélemnites parfois accumulées en poche dans les figures des charges. Les niveaux marneux alternant avec des bancs gréseux sont de teintes verdâtres. Ils sont moins puissants et contiennent des Bélemnites et des *Foraminifères* essentiellement des Lagénidae

Au centre de la zone d'étude

Entre Ankilizato et Ankilimanjaka, le Kimméridgien et le Portlandien présentent les mêmes faciès que dans le Nord avec, cependant, un meilleur développement des niveaux

marneux très fossilifères. Dans la région d'Andranomadio (Nord d'Ankilizato), le Kimméridgien est défini par une série marneuse dont la puissance n'a pas été estimée. Elle est surmontée par une série marno-silteuse riche en glauconies et en Bélemnites dans la région de Filanjara et Ankilimanjaka et renferme des lentilles gréseuses rappelant les écoulements sableux de l'Oxfordien Moyen d'Ambinda et du Kimméridgien-Portlandien du Nord du secteur d'étude. L'ensemble Kimméridgien-Portlandien atteint 60 mètres de puissance en affleurement.

Le Kimméridgien est représenté par : *Taramelliceras* sp. *Torquatisphinctes torquatus*, *T.alterneplicatus*, *Streblites* sp. (Andranomadio).

Le Portlandien par : *Trigonia smeei*, *Bélemnopsis* aff. *Kankotensis*, *Hibolites flemingi*, *H. claviger* au Nord d'Ankilimanjaka.

Secteur Sud

Aux environs de Mangoky, le Kimméridgien-Portlandien est indifférencié et présente une puissance de 400 mètres. Il s'agit d'une série calcaire avec quelques intercalations de grès continentaux et de niveaux argilo-marneux à trace de gypses néoformés. A la base, des poudingues sont présents, soulignant une transgression sur l'Oxfordien Moyen. Les fossiles rencontrés dans le secteur consistent en *Rynchonella* sp., *Phylloceras* sp. et des Nautilites.

- Le Crétacé Inférieur

a) Le Crétacé Inférieur : Berriasien à Aptien

Secteur Nord de la zone d'étude

Dans ce secteur, le Crétacé Inférieur-Aptien est représenté par les « marnes à Duvalia » jusqu'au Sud de la Tsiribihina (Y= 693). Cette formation est définie par des marnes à Duvalia, Bélemnites, Serpules, glauconies et gypses, comportant des lits de calcaires, de grès calcaires, arno-calcaires et parfois de grès silicieux. Son épaisseur est environ de 10 mètres.

Au centre de la zone d'étude

- Le Valanginien (Razafimbelo 1987)

A l'Ouest d'Ankilizato, un petit affleurement coïncé entre deux intrusions basiques, au pied de la falaise de grès rouges du Tsiandava, montre, au-dessus des marnes jaunes d'Ankilizato, des marnes et des calcaires marneux jaunâtres avec une faunule du Valanginien Supérieur caractérisée par : *Holcostephanus* sp., *Neocomites neocomiensis* ORBIGNY et

Bochianites sp.

Au Sud de la zone d'étude

Le Crétacé Inférieur est identifiable au Nord de Mangoky. Il affleure dans la région de Betsioky au Sud-Est de Manja et dans la vallée de Ianandranto aux environs de Vondrove. Le Crétacé Inférieur débute par des marnes plus ou moins glauconieuses à gypses ou avec de gros *Belemnopsis* et *Duvalia* représentant le Valanginien et se poursuit par des calcaires, des marnes et des grès sans fossiles caractéristiques, constituant un Crétacé Inférieur indifférencié dont l'épaisseur est d'environ 150 mètres.

A 10 kilomètres au Nord-Nord-Ouest de Betsioky, se trouve une colline nommée Ambohimi halo, dont la base est formée de marnes vertes, glauconieuses à gros *Belemnopsis africanus* TATE et *Duvalia*, surmontée de 20 mètres d'argiles à gypse, de 5 mètres de calcaires et de grès, de 70 mètres de grès ferrugineux fins, grossiers à la base, de 20 mètres d'argiles à gypse, de 40 mètres de grès ferrugineux fins, violacés, et au sommet, des plaquettes calcaires avec de petits Lamellibranches appartenant au Crétacé Moyen.

La colline d'Ambohivary, à trois kilomètres de Betsioky, est formée à la base par de marnes vertes à *Belemnopsis africanus* TATE et *Belemnopsis madagascariensis*. BSR, suivis de 15 mètres de grès blancs sableux, de 10 mètres de Marnes à Huîtres, de 20 mètres de calcaires gréseux, de 5 mètres de Marnes grises, de 35 mètres de calcaires gréseux et au sommet des grès ferrugineux grossiers.

- Aptie Il n'affleure qu'à 20 kilomètres au Nord-Est de Manja, avec, à la base, de grès ferrugineux riches en bois fossiles, surmontés de 4 mètres d'argile bariolée à gypse, de 40 mètres de calcaires à débris de fossiles, glauconieux à la base, avec une intercalation de marnes à fossiles et le sommet.

En résumé, Piqué A (1996) a établi les observations suivantes :

Le Jurassique Supérieur et le Crétacé Inférieur dans la partie centrale du bassin : La série montre des calcaires à *Ammonites*, *Septaria* et Bois silicifiés du Callovo – Oxfordien et au dessus des niveaux gypseux, des grès glauconieux à Bélemnites du Valanginien, et des marnes à *Ammonites*. En profondeur, l'épaisseur croît vers l'Ouest.

Le tableau 3 suivant résume ce que les différents auteurs ont annoncé :

AGE	ERE	EPOQUE		ETAGE	FORMATION		AGE	
97	MESOZOIQUE	CRETACE	NEOCOMIEN	ALBIEN	POST-KAROO	TSIANDAVA	100	
				APTIEN				
				BARREMIEN				
				HAUTERIVIEN				
				VALANGINIEN				
				BERRIASIEN				
145,5		JURASSIQUE	MALM	PORTLANDIEN		DUVALIA		
				KIMMERIDGIEN				
				OXFORDIEN				
157,5			DOGGER	CALLOVIEN				

B. Stratigraphie par les puits de forages

Pour la stratigraphie du Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur en subsurface, l'étude stratigraphique des puits de forages est très indispensable.

Les positions des cinq forages d'Est en Ouest sélectionnés (BTS 1, NK 1, KAZO 1, MAN 1 et WKRD 1) dans la zone d'étude sont sur la carte (Figure 12) :

Nom	Abréviation	SP	SONIC	GAMMA RAY	RESISTIVITE	COMPAGNIE
Betsimba 1	BTS 1		X	X		AMOCO
Namakia 1	NMK 1		X	X		AMOCO
Ankazofotsy1	KAZ 1	X			X	SPM
Manja 1	MAN 1	X			X	SPM
West kirindy 1	WKRD 1		X	X		CHEVRON

Tableau 4 : Description des puits

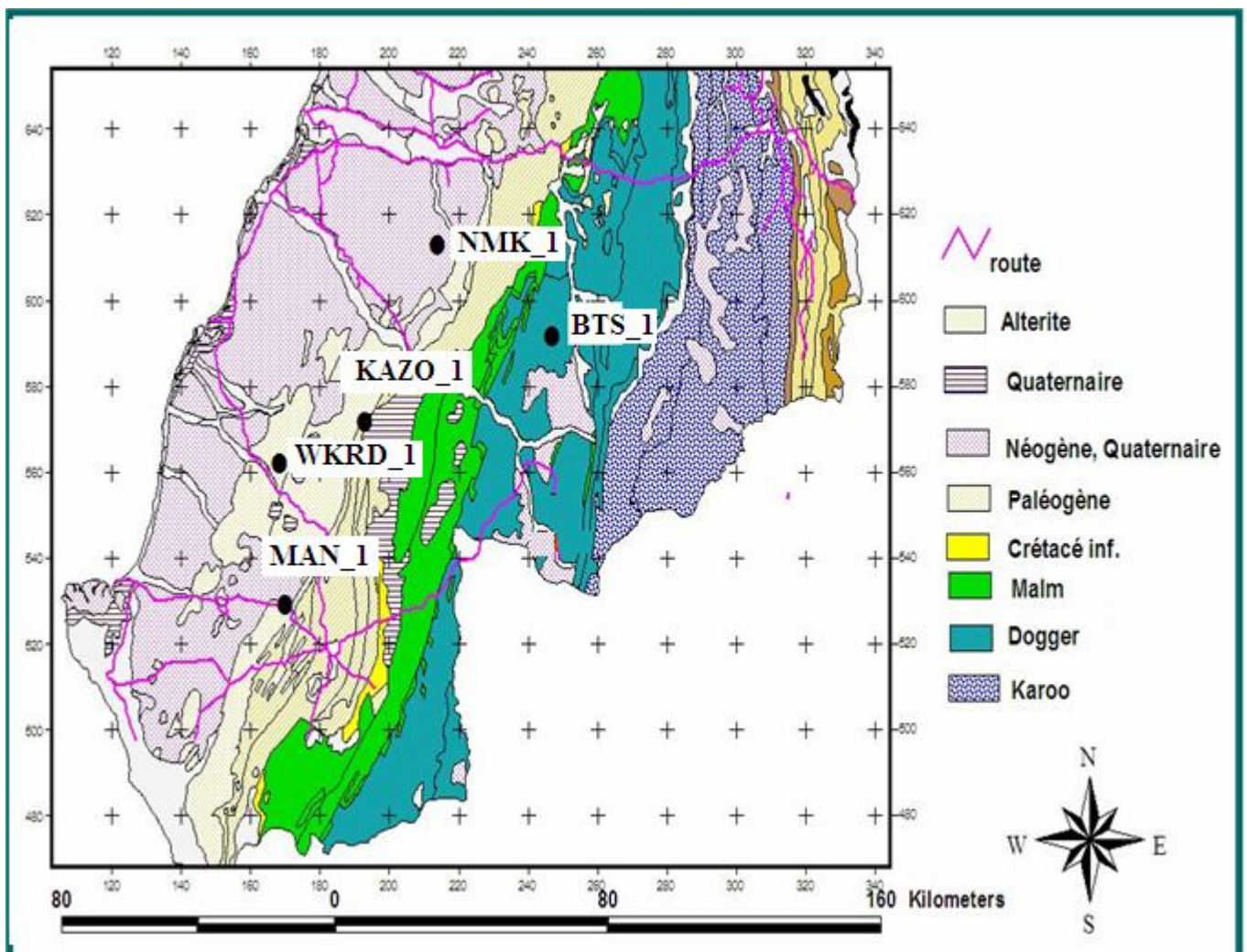


Figure 12 : Localisation des puits de forages dans une carte géologique

- Le puits Ankazofotsy 1 ou KAZ 1 (Figure 13)

De par les études biostratigraphiques récentes effectuées pour ce puits, les séries syn dérivées traversées va du Kimméridgien-Portlandien au Callovien entre 911m et 2346m de profondeur.

Ainsi en remontant les séries :

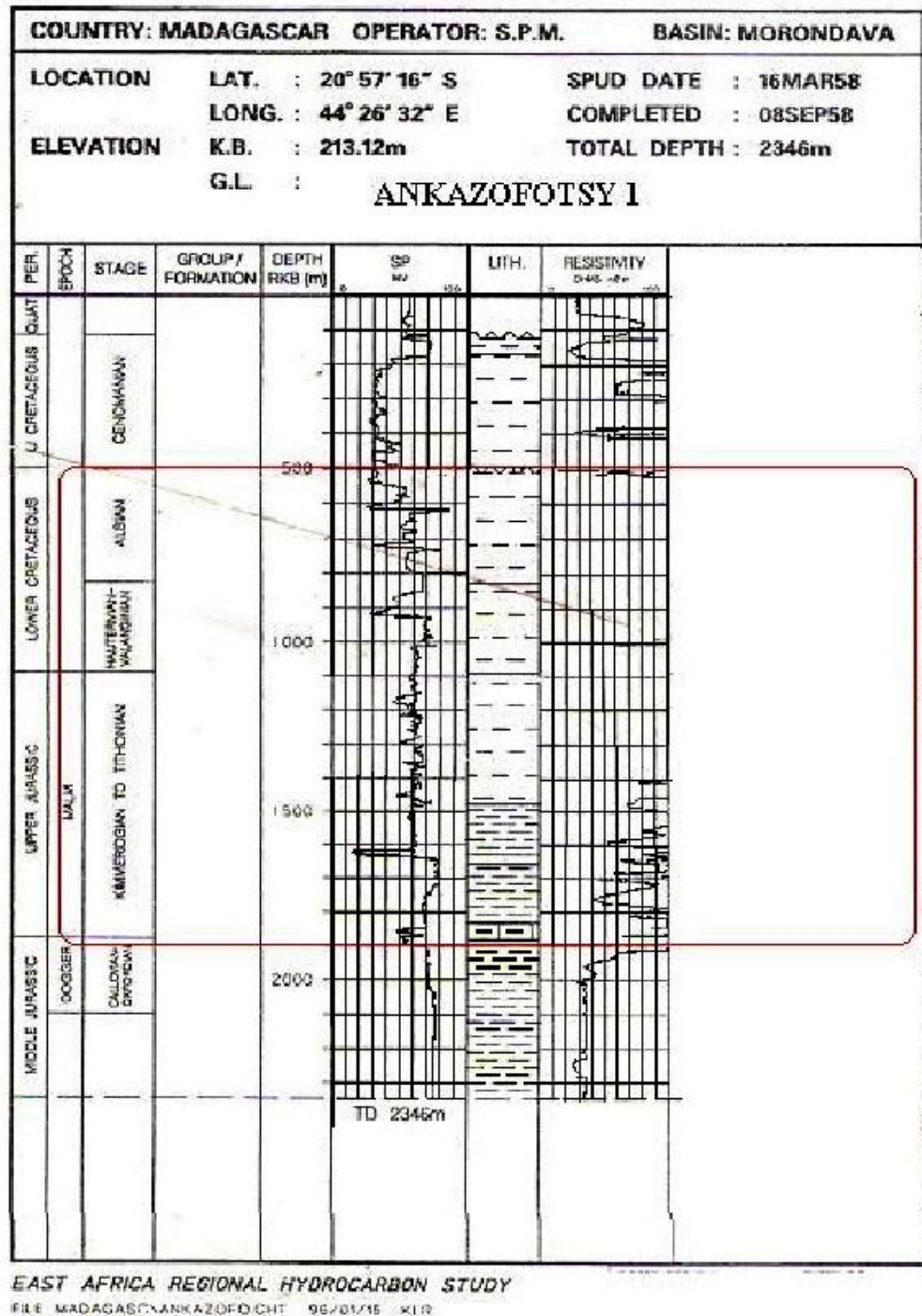
Le Callovien situé entre 2346m et 2160m constitué de succession d'argiles et d'argiles silteuses renfermant des niveaux schisteux a été daté par les Palynomorphes *Araucariacites ssp* et *Callialasporites ssp* ainsi que les Dinoflagellés *Wanaea thysanota* et *Ctenidodinium staurotamatos*.

L'Oxfordien entre 2160m et 2100m constitué d'un ensemble argilo calcaire daté par les Nannofossiles calcaires : *Lotharingus crucicentralis*, *Hexapodorhabdus cuvillieri* et les Dinoflagellés *Wanaea digitata*, *Komewuia stoveri*, *Scriniodinium crystallinum*.

Le Kimméridgien entre 2100m et 1950 défini par un ensemble argilo calcaire à tendance gréseuse daté par les Nannofossiles calcaires *Stephanolithion bigoti*, *Cyclagelosphaera tubolata*, *C. deflandrei*, *Axopodorhabdus cylindratus*, *Ethmorhabdus gallicus* et les dinoflagellés *Adnasphaeridium aemulum*, *A. caulberyi*, *Ellipsoidictyum cinctum*, *Endoscrinium luridum*.

Le Portlandien Bérriasien est biostratigraphiquement indifférencié. Entre 1950m et 1616m sa lithologie est définie à la base par une centaine de mètres de grès fins friables surmontés par de puissante séquence argileuse à tendance péliteuse vers le haut le tout coiffés par 30m de grès fins. Cet intervalle est daté par le Nannoplancton *Polycostella senaria* et les dinoflagellés *Komewuia glabra*, *Broomea ramosa*, *Egmontonidium cf. torynum*, *Pareodinia ceratophora*, *Sytemaphora Spp.*, *Endoscrinium luridum*.

Le Crétacé inférieur est daté de Hauterivien à Albien composé essentiellement de 600m de marne sablonneuse intercalée parfois par des bancs de sables de quelques mètres.



Série Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur

Figure 13 : Log du puits Ankazofotsy

- Le puits Manja 1 ou MAN 1(Figure 14)

La série syn-dérive est bien individualisée à partir du Callovien remontant de 2130m à 1900m définie par :

- De 2130m à 2042m, un ensemble silteux à importantes intercalations d'argiles gypseuses
- De 2042m à 2017m, des niveaux à prédominance calcaire, renfermant des grès, d'argiles silteuses et des calcaires indurés
- De 2017m à 1900m, série détritique toujours à gypse et à silts et passées gréseuses au sommet.

Le Callovien est daté par les Dinoflagellés *Ctenidodidium gotchii*, *C.sellwoodii*, *C.strauromatos*, et les Palynomorphes *Araucariacites Spp.*, *Callialasporites Spp.*

L'Oxfordien défini par un ensemble détritique à granoclassement croissant allant de l'argile au grès, contient du gypse et de glauconie. Il est daté par l'extinction du Foraminifère *Majungalella mundula* à sa base et l'apparition de *M.kimmeridgiana*.

Le Kimméridgien entre 1815m et 1720m défini par une succession de 15m d'argiles à glauconie et à gypse, 20m de grès et 50m de silt à corbules est limité à son sommet par le Dinoflagellé *Nannocertopsis pellucida*.

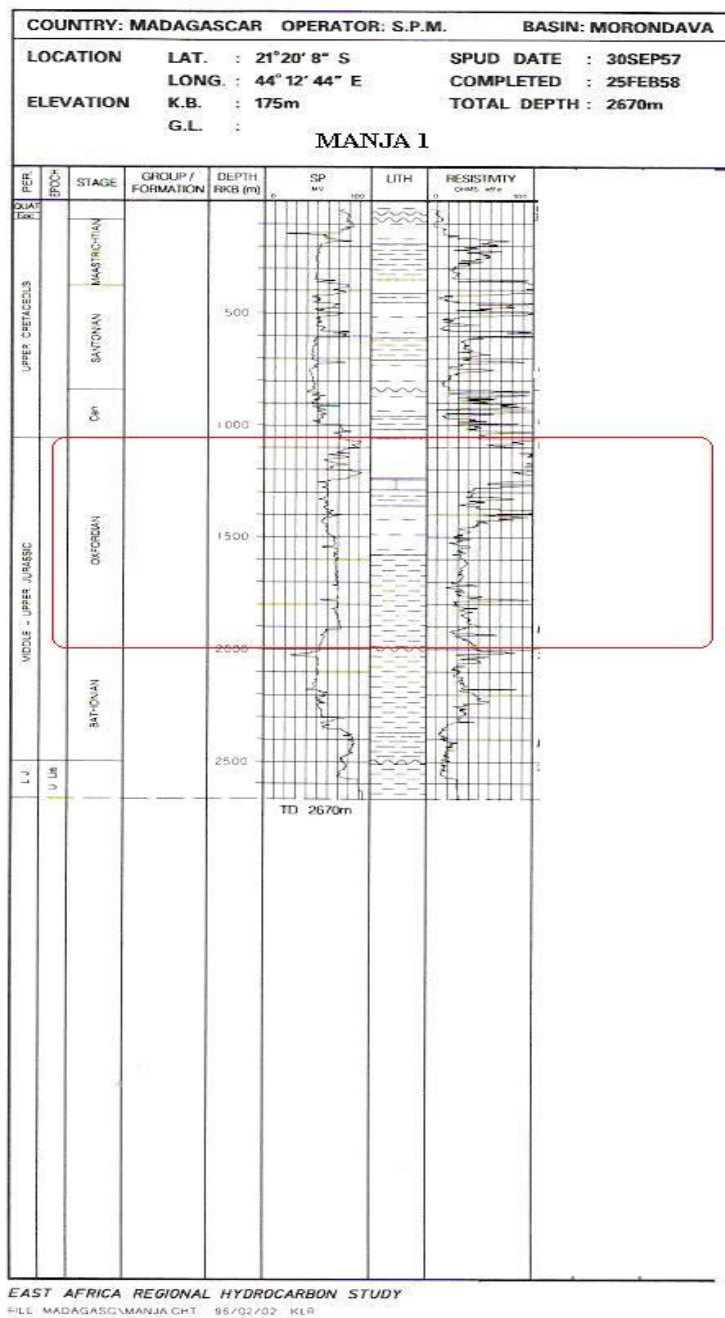
Le Portlandien se trouve entre 1700 m à 1020 m, constitué par un ensemble argileux sur une puissance de 175 m dont 10m est constitué par du calcaire induré,

De 1450 m à 1375 m, une formation greso – calcaire riche en glauconie

1375 m à 1280 m, l'intervalle est défini par une alternance greso – calcaire, glauconieux

De 1280m à 1020m, l'ensemble est constitué par un ensemble calcareo-gréseux, toujours glauconieux.

L'Albien se repose directement sur le Portlandien.



Série Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur

Figure 14 : Log du puits Manja

- Le puits Betsimba 1 (Figure 15)

Le Callovien a une puissance d'environ 400 m et contient du matériel détritique :

- 1470 m à 1290 m, ensemble argilo-marneux à veinules de grès à débris de charbon.
- 1290 m à 1240 m, alternances grés - argileuses et carbonatées.
- 1240 m à 1180 m, alternances grés - argilo - calcaire, les argiles se présentent sous forme de bancs indurés.
- 1180 m à 1066 m, succession d'interlits d'argiles et de grès sur 78 m

Foraminifères: *Epistomina s.p.p.*, *Lenticulina dracunculiformis*, *Lenticulina quenstedti*, *Trocholina conica*, *Miliolidae*

L'Oxfordien, de 1066 m à 1042 m, alternances argilo - sableuses. Il est constitué de la base au sommet :

- de 1066 m à 1042 m, alternance argilo - sableuses
- de 1042 m à 995 m, grès clair, à grains fins et ciment calcaire.
- 995 m à 905 m, ensemble gréseux de teinte sombre, à ciment calcaire
- 905 m 809 m, ensemble gréseux fin
- 809 m à 719 m, dolomie beige, microcristalline, puis ensemble silto - argileux gris sombre
- 719 m à 672 m, ensemble gréseux à ciment fortement calcaire (glauconie)
- 672 m à 533 m, 6 m de calcaires gris blanchâtre, indurés, à traces de glauconies,

Les foraminifères marqueurs sont *Lenticulina quenstedti*, *Lenticulina besairiei*, *Epistomina ventriosa*, *Trocholina granlata*

Le Kimméridgien est constitué par environ 50 m d'alternances de silts calcaires, d'argiles et de grès à glauconie.

Foraminifères : *Lenticulina subalata*, *Lenticulina spp.*

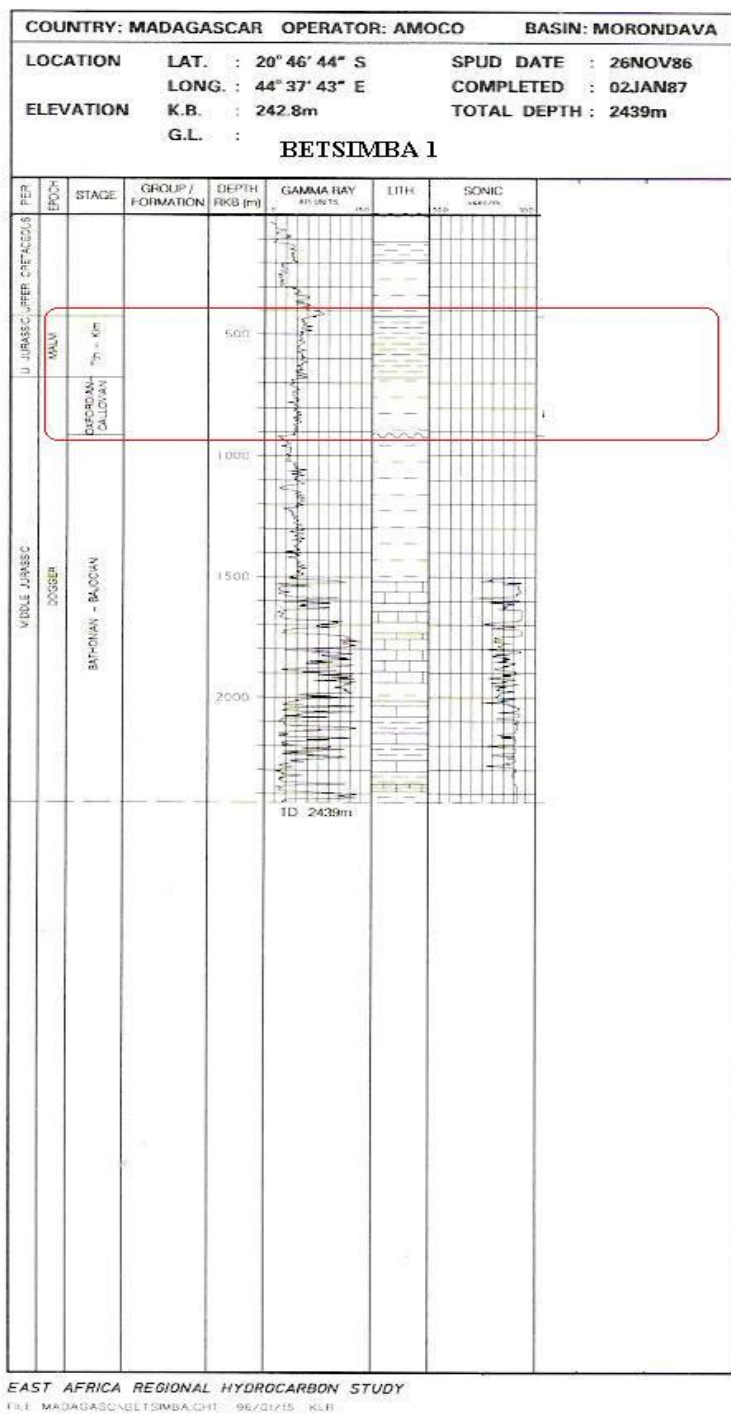
Nannoplancton: *Stephanolithion helatus*, *S. bigoti*, *Cyclageosphaera tubolata*

Le Portlandien, 456 m et 420 m, l'intervalle est surtout constitué par d'alternance d'argile et de grès.

Nannofossiles : *Cyclagelosphaera tubolata*

Le Berriasien est constitué aussi par des grès friables, hétérogènes intercalés à des silts, débris de charbon.

Nannofossiles : *Crucellipsis cuviellieri*



Série Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur

Figure 15 : Log du puits Betsimba

- Le puits Namakia 1 (Figure 16)

Bathonien – Callovien :

Cette série contient aussi deux ensembles lithologiques :

- de 2755 m à 2471 m, il s'agit d'un ensemble argilo – silteux de teinte brune à jaunâtre, modérément induré
- de 2471 m à 2343 m, il s'agit d'argiles silteuses et des marnes pyriteuses

Foraminifères : *Lenticulina sculpta*

Oxfordien :

La série rapportée à cet étage fait environ 90 m (entre 2343 m et 2253 m)

- de 2343 m à 2323 m, argiles silteuses brunes à jaunâtres modérément indurés, à passées de sables silteux
- 2323 m à 2250 m, l'argile silteuse a tendance à devenir calcareuse

Nannoplancton : *Cyclagelosphaera tubolata*, *Stephanolithion bigoti*

Kimméridgien :

Entre 2253 m et 2085 m, le Kimméridgien est constitué d'argiles incluant des niveaux silteux à débris carbonés, légèrement calcareux ainsi que des interlits de grès bien classés et matrice argileuse.

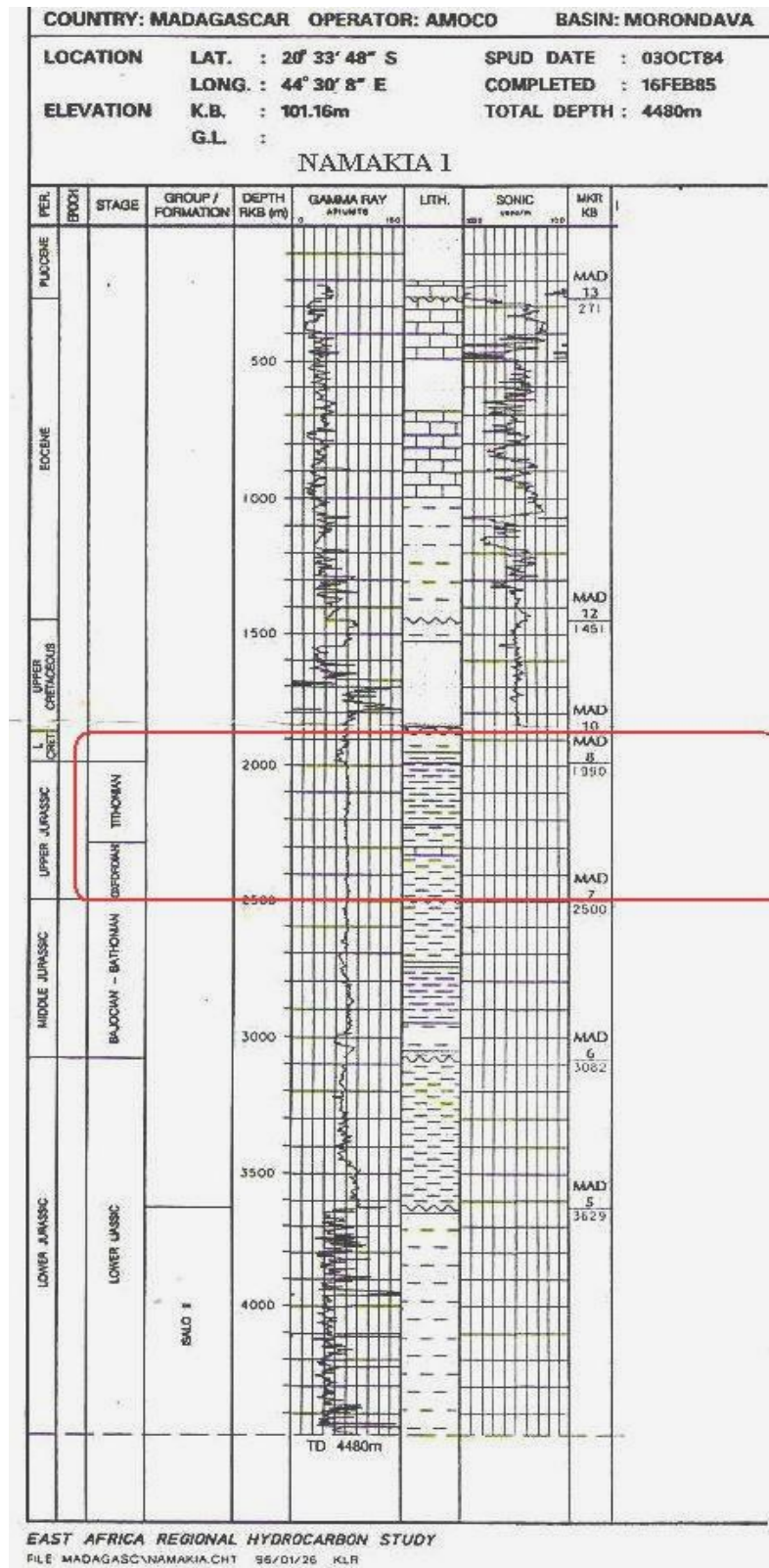
Nannoplancton : *Cyclagelosphaera spp.*

Portlandien :

- de 2085 m à 2017 m, argiles silteuses gris verdâtre, modérément indurées, à bancs de grès à grains fins.
- de 2017 m à 1959 m, grès et argiles brun jaunâtre. Ils supportent des grès friables

Nannoplancton : *Ellipsagelosphaeracea*

Le Crétacé Inférieur est formé par des grès légèrement argilo – calcaire à débris de charbons



Série Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur

Figure 16 : Log du puits Namakia

- Le puits West - Kirindy (Figure 17)

Callovien:

2763 m à 2590 m, la série callovienne est constituée comme suit :

- 2763 m à 2665 m, série argileuse ;
- 2665 m à 2590 m, ensemble argilo – calcaire ;
- 2665 m à 2623 m, présence de roches intrusives dioritiques ;

Palynologie : *Araucariacites australis*, *Callialasporites dampieri*, *Classopolis classoides*.

Oxfordien :

De 2590 m à 2523 m, la série oxfordienne est définie par une alternance argilo – silteuse

Dynoflagellés : *Lithodinia jurassica*

Kimméridgien :

2523 m à 2393 m, c'est un intervalle est défini par un ensemble argilo – silteux similaire au précédent.

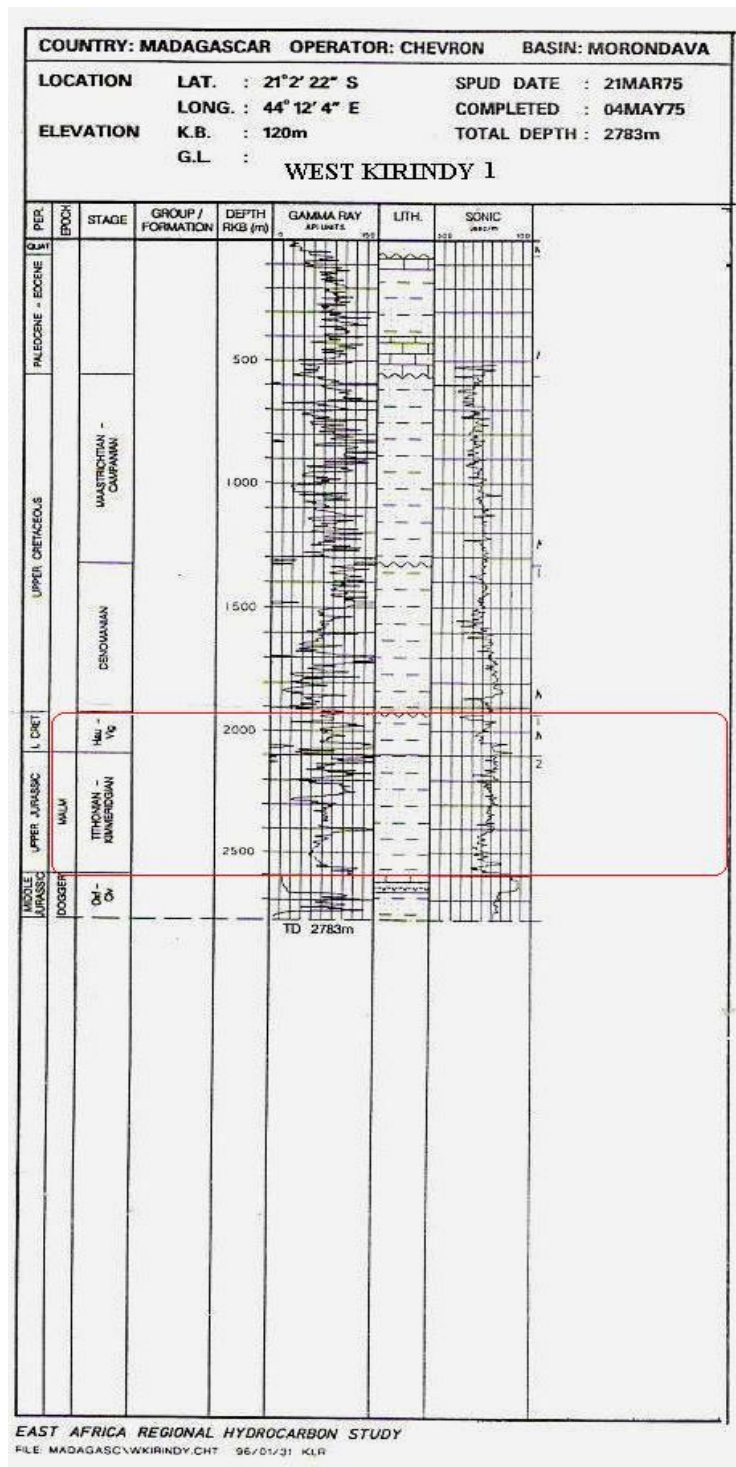
Portlandien :

De 2393 m à 2133 m, la série portlandienne est constituée par un ensemble argilo – gréseux ; son âge est attesté par les dinoflagellés suivants :

Hystrihogonyaulax cladophora,

Hauterivien – Valanginien :

La série argilo-gréseuse du Portlandien se poursuit, les grès sont beaucoup plus développés vers le sommet.



Série Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur

Figure 17 : Log du puits West Kirindy

1.2.2 La géologie structurale

A. NW – SE à NNW – SSE (N140° à N170°)

- Direction N160 – N170

Cette direction est représentée aux environs de la Tsiribihina par la faille de Bemaraha qui serait un relais de la faille de Ranotsara et se place parallèlement à elle. L'ensemble serait un accident décrochant senestre affectant le socle malgache dont l'origine est présumée d'âge Précambrien (Rolin, 1991). La sédimentation est étroitement contrôlée par cette structuration NNW-SSE. Elle influence la sédimentation au Bajocien-Bathonien qui, au Nord, est carbonatée ; tandis qu'au Sud, elle est de faciès mixte de nature détritique (Ramahavory, 1993).

Au Sud, la direction N160° coïncide avec l'alignement des intrusions gabbroïques d'Ankilizato.

- Direction N140

Elle correspond principalement à l'Ambohidolo, c'est-à-dire aux filons doléritiques traversant le Karoo et le Jurassique Moyen. Cet alignement rejoint en offshore les îles Barren dont le substratum est basaltique.

- ESE – WNW à E – W

Cette famille est surtout matérialisée par des filons doléritiques. Ces filons se trouvent dans le centre de la zone d'étude en longeant la vallée de Morondava et en adoptant une direction N100°. Ils pourraient être en relation avec l'intrusion basique de Morondava (Jurassique Supérieur à Crétacé Inférieur). Dans la partie Sud, les filons sont de directions N110° à N120° traversant le Karoo jusqu'au Crétacé Inférieur.

La côte Ouest au Sud de Morondava est parallèle à la faille de l'Ilovo, probablement contrôlée par une faille de même direction qui passerait par les intrusions de Morondava et d'Amparehetsy. L'intrusion de l'Amparehetsy se placerait à l'intersection de cette faille présumée et celle de Befandriana. L'intrusion de Morondava serait à l'intersection de la même fracture et d'un accident N100° révélé par des dykes et par l'orientation de la grande vallée de la Morondava et de la Kobatomena.

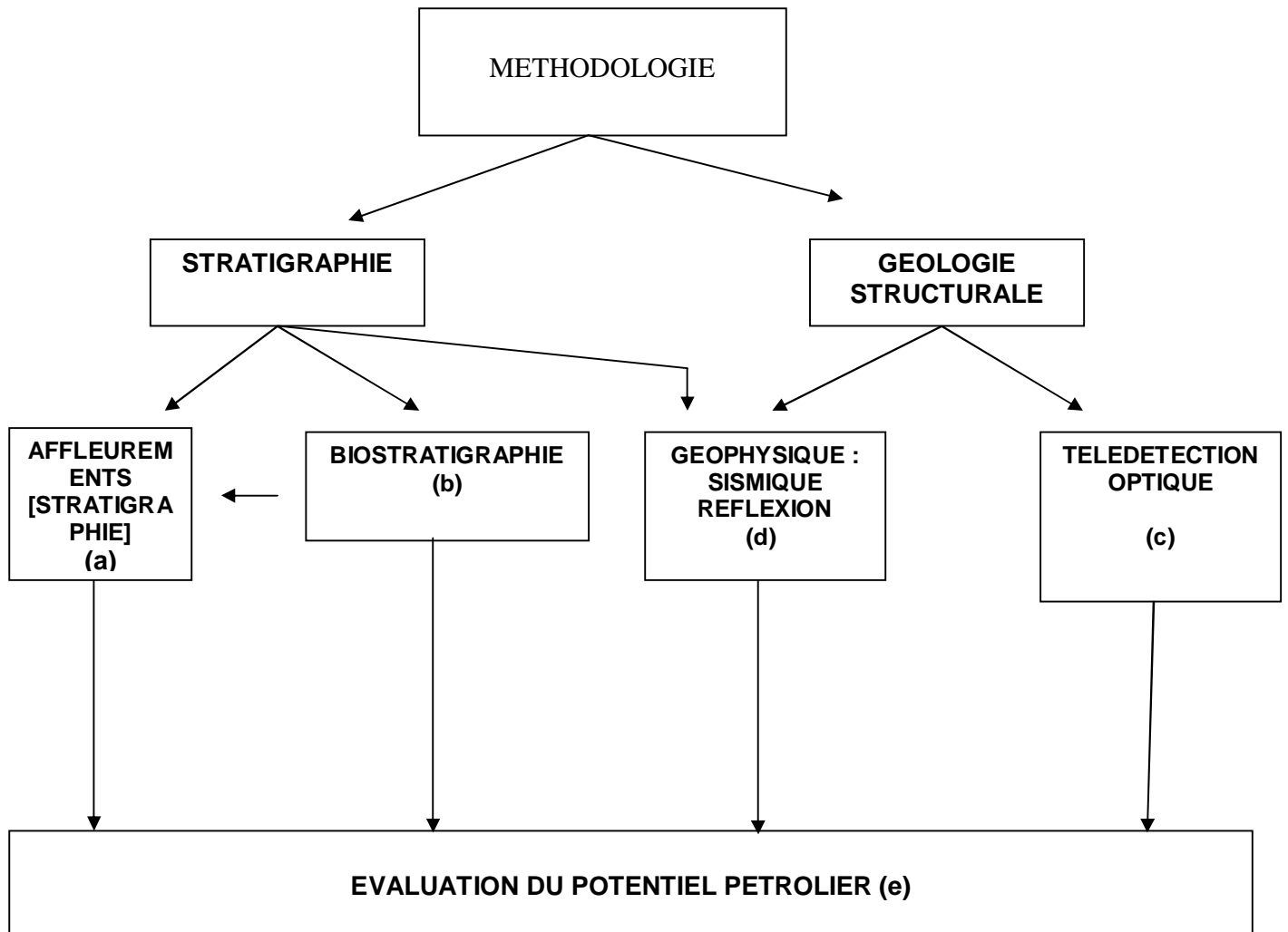
Leur âge de mise en place est échelonné entre le Jurassique Supérieur et Crétacé Inférieur terminal.

- *NNE – SSW*

Cette direction représente le réseau de failles de l'Ilovo et celui de la Sikily en surface, surtout représentée dans le Sud de la zone d'étude. Les failles de la Sikily mettent en contact le Jurassique Moyen et Supérieur dans le Sud du bassin, tandis que celles de l'Ilovo disparaissent dans la région de Tongobory.

METHODOLOGIE

2 Méthodologie



La méthodologie appliquée à ce travail se basera sur deux grandes approches : La stratigraphie et la géologie structurale.

(a) : A partir des données recueillies sur le terrain, Des études vont être faits pour déterminer les caractéristiques des formations étudiées, en tirer des conclusions sur l'évolution lithostratigraphique de la zone d'étude pendant la période du Jurassique Supérieur – Crétacé inférieur (la dérive de Madagascar)

(b) : La biostratigraphie, basée sur l'étude des microfaunes (Foraminifères et Nannofossiles) dans un premier temps, sera utilisée pour dater les coupes stratigraphiques à partir des échantillons recueillis sur le terrain ; dans un second temps, la présence des microfaunes et des quelques macrofossiles couplés avec la lithostratigraphie permettront de reconnaître l'histoire géologique du secteur.

(c) la télédétection optique sera utilisée pour dresser la carte structurale du secteur, les principales directions des accidents structuraux pendant la période considérée.

(d) : La sismique réflexion aura deux rôles majeurs :

A partir des réflecteurs, elle donne des indications sur la stratigraphie en subsurface, et confirme si les conclusions tirées à partir des informations en surface sont sincères.

Elle permettra d'étudier la géologie structurale en subsurface, surtout avec la connaissance des événements tectoniques majeurs.

(e) : L'évaluation du potentiel pétrolier répondra aux questions : « que peut-on attendre de ce secteur, en terme de potentiel pétrolier ? Quel élément du système pétrolier est le plus dominant après que les études stratigraphiques et structurales ont été réalisées ? »

2.1 Les travaux de terrain

Les travaux de terrain ont été effectués en profitant la mission 2006 de l'OMNIS, en vue de la promotion de l'exploration pétrolière à Madagascar. Ces travaux ont été faits dans la partie centrale et dans le Sud de la zone d'étude.

Les travaux se résument comme suit :

- échantillonnage pour la biostratigraphie,
- étude de la lithostratigraphie des affleurements,
- établissement des coupes stratigraphiques,
- étude de la tectonique à l'échelle régionale.

La zone étudiée (Figure 18) se trouve au centre de la zone d'étude, l'itinéraire suivi est montré sur la carte. On a prélevé des échantillons pour des analyses au laboratoire, et aussi établi de nombreuses coupes géologiques à partir des affleurements repérés depuis Miandrivazo (Karoo) à Soaserana (Tertiaire), ceux concernant le Jurassique Supérieur - Crétacé Inférieur sont présents dans ce mémoire. Les affleurements et les échantillons se trouvent souvent dans des zones inaccessibles aux véhicules, à cause de la dégradation des routes, et d'un autre côté, l'insécurité très élevée régnant dans cette région n'a pas facilité le travail. Néanmoins, les résultats obtenus sont satisfaisants et répondent au but poursuivi.

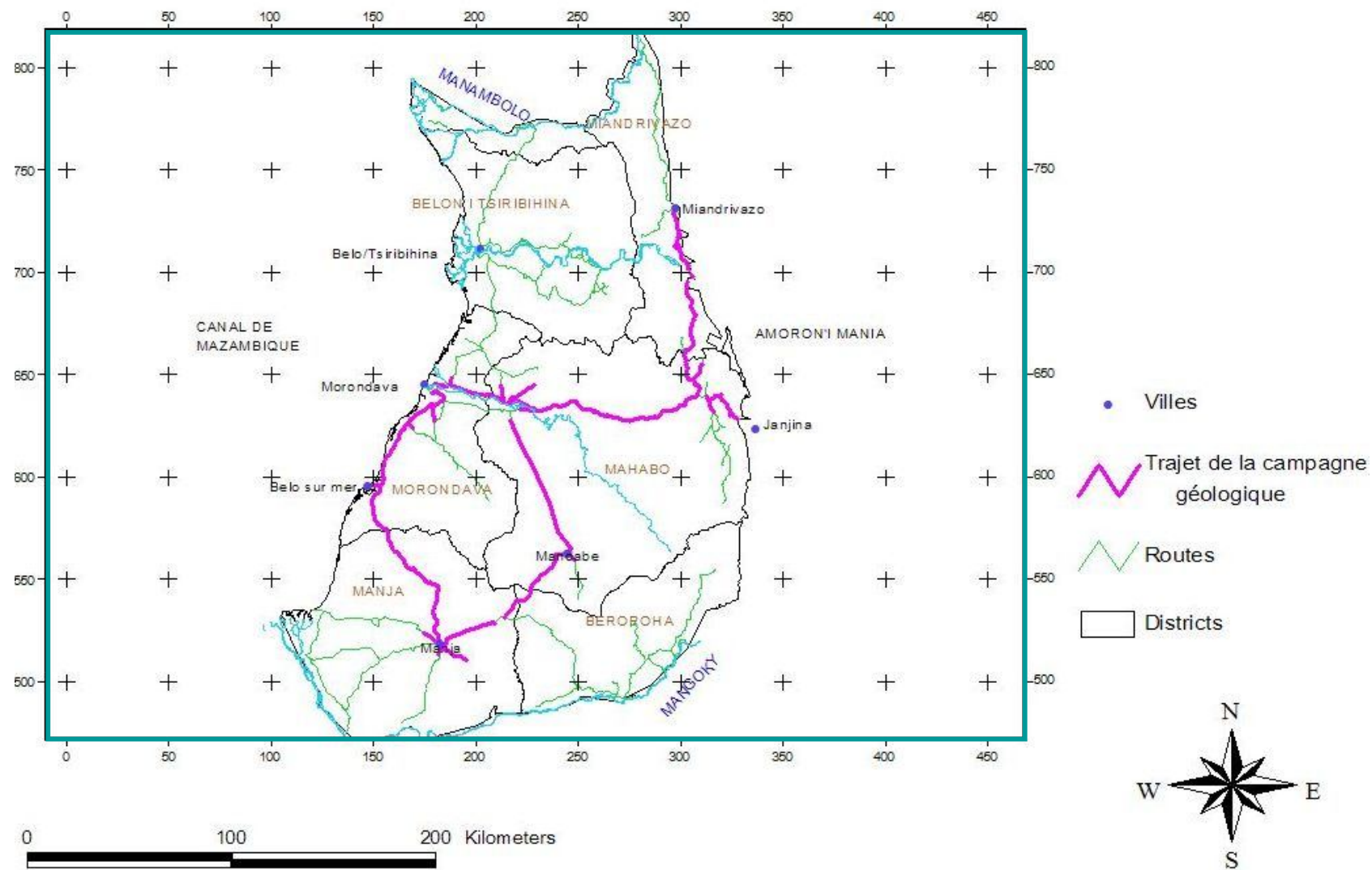


Figure 18: Carte montrant le trajet de la campagne géologique

2.2 Méthode biostratigraphique pour la datation des coupes

2.2.1 Les échantillons contenant des foraminifères

Parmi les échantillons qu'on a pris, 4 d'entre eux A1, B2, B1, M1 (voir carte résultat) ont livré des faunes qui ont permis de dater les coupes recueillis dans la zone d'étude. Les sous titres suivants montrent les procédés à suivre pour arriver à la datation par les Foraminifères, en partant de l'échantillon jusqu'à la détermination de l'âge de l'échantillon.

A. Méthode de traitement des échantillons

- *Matériels nécessaires*

- Un échantillon de marne dispersé dans de l'eau
- Une colonne de tamis, une étuve (figure 19)
- Une lame à concavité,
- Une loupe binoculaire, une lampe, une pointe lancéolée

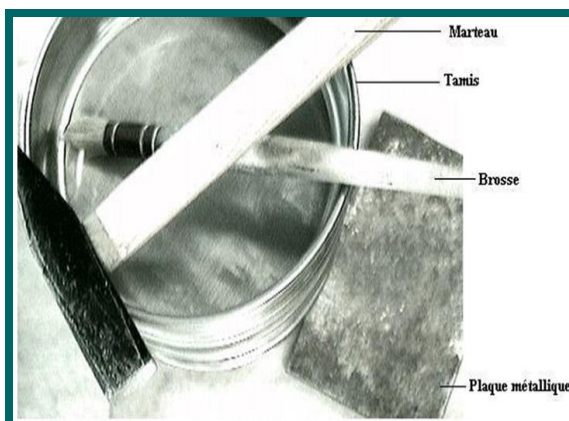
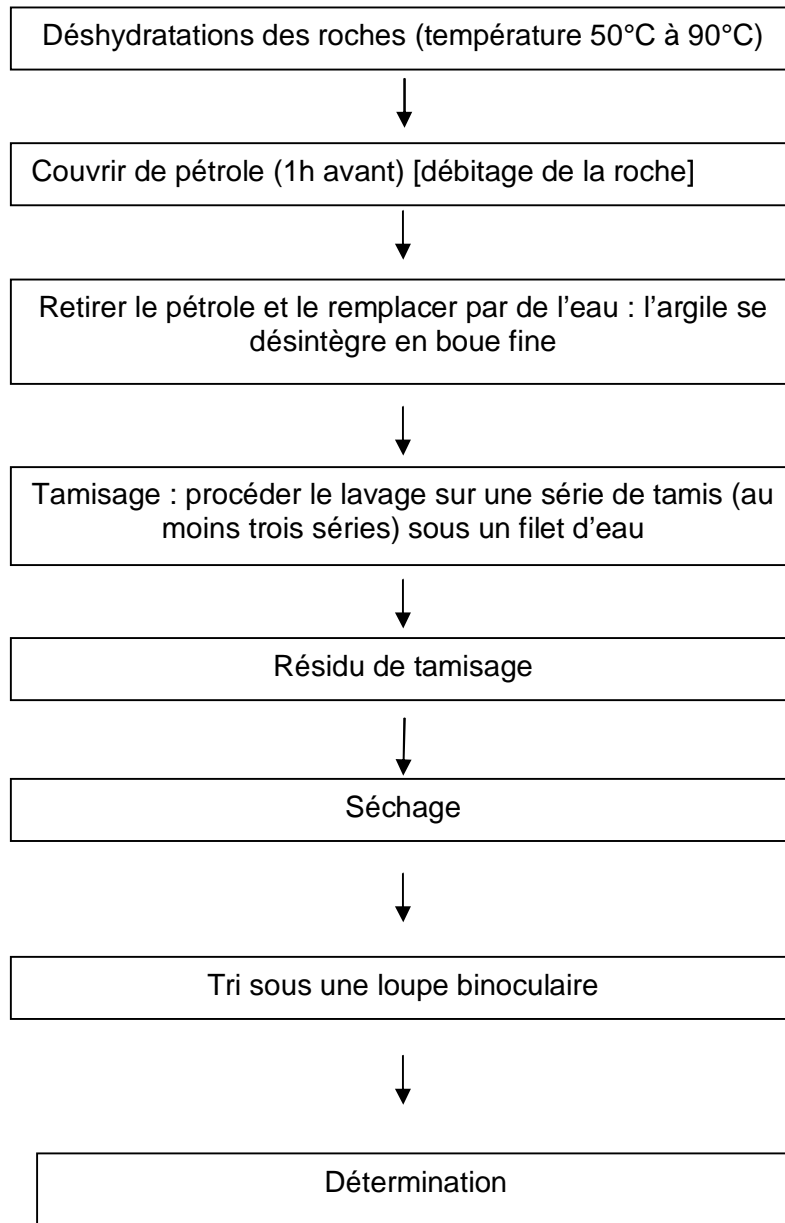


Figure 19 : Loupe Binoculaire

Préparation des échantillons



B. Zonation par les foraminifères

Pour la détermination de l'âge des foraminifères, nous avons pris comme référence « Contribution à l'étude des *Foraminifères* du Jurassique au Crétacé Inférieur du bassin de Majunga » d'ESPITALIE et SIGAL (1963)

Une échelle biostratigraphique des foraminifères a été établie par ESPITALIE et SIGAL (1963) à partir des Cénozones. Elle a été corrélée avec la zonation des Ammonites définie par Collignon (1962), de ce fait elle peut être raccordée aux étages classiques du Jurassique et du Crétacé Inférieur (Ramahavory, 1993)

Ces deux auteurs ont regroupés les *Foraminifères* et ont établi 6 cénozones principaux (zone d'associations) : A, B, C, D, E, F. Il existe aussi des biozones couplés AB, CD, EF. Les formes associées aux biozones préétablis sont détaillées en annexe. Nous allons nous baser sur ces études pour reconnaître les *Foraminifères* recueillis dans les échantillons prélevés sur le terrain.

Les datations des espèces de *Nannofossiles* calcaires se font habituellement à l'échelle mondiale pour le même horizon. Ils peuvent souvent dater les sédiments à une précision d'un million d'année.

2.2.2 Les échantillons contenant des Nannofossiles calcaires

9 échantillons A1, B2, B1, M1, D1, D2, D3, D4, D5 ont livré des faunes de *Nannofossiles calcaires*, qui, avec les *Foraminifères* ont permis de bien dater les coupes stratigraphiques présentes dans cet ouvrage. Les sous titres suivants montrent aussi le mode de traitement pour le recueil des faunes, les procédés de détermination des âges des échantillons qui les ont contenus.

A. Mode de traitement des *Nannofossiles calcaires* en Laboratoire

Le mode d'extraction de *Nannofossiles calcaires* dépend du but à atteindre
Il existe 2 types de traitement de *Nannofossiles calcaires* :

- Traitement classique (échantillonnage)
- Traitement pour un échantillon de forage

Dans notre cas nous utiliserons le traitement classique car les échantillons ont été recueillis en surface.

- *Traitement classique*

Le traitement classique peut se faire aussi de deux façons :

- Traitement avec centrifugeuse (appliqué aux échantillons A1, B2, B1, M1)
- Smear slide (A1, B2, B1, M1, D1, D2, D3, D4, D5)

Traitement avec centrifugeuse

Le but est de dégager les corpuscules de la roche qui les renferme et de les débarrasser autant que possible des particules argileuses qui les encroûtent :

- Prendre un échantillon de marne ou argile,
- Saisir 1 à 2g de cet échantillon,
- Mettre dans un tube à essai et recouvrir de 1 à 2 cm d'eau distillée ou d'autre mouillant,
- Mettre dans une centrifugeuse (1500 tours / minute),
- Mettre sur une lame et recouvrir de baume et de la lame couvre objet,
- Observation sur un microscope à fort grossissement.

Avantage : Faune très net

Smear slide

- Saisir 1 à 2g de cet échantillon de marne ou argile que l'on pose exactement sur la lame porte objet,
- On ajoute du mouillant de préférence l'eau distillée,
- On étale le tout avec un agitateur en plastique ou en verre,
- Sécher sur la plaque chauffante,
- Recouvrir avec du baume et de la lame couvre objet,
- Observation sur un microscope à fort grossissement.

Avantage : rapide et permet d'apprécier le nannofaciès.

B. Zonation par les Nannofossiles

Pour la détermination de l'âge des échantillons de *Nannofossiles calcaires* recueillis, deux ouvrages ont été utilisés :

- Jurassique

Pour le Jurassique nous avons utilisé la répartition stratigraphique des nannofossiles calcaires dans le bassin de Morondava établit par Ramahavory en 1993.

- Crétacé Inférieur

Pour la biozonation des *Nannofossiles calcaires*, nous avons choisi les biozonations établies par différents auteurs et revues par Katharina Pearch Nielsen en 1985.

2.3 Elaboration de la carte tectonique

Etant donné qu'il n'existe aucune carte tectonique disponible sur la zone d'étude, on a choisi de créer notre propre carte tectonique à partir des images satellites. Nous allons élaborer la carte tectonique de la zone d'étude, en tenant compte des événements tectoniques et de la cinématique ayant affecté Madagascar pendant la période de dérive Jurassico- Crétacé Inférieur.

- Les images satellites

Une image se définit par toute représentation d'un objet ou d'une scène dans un plan. Une image numérique de télédétection est une matrice géométrique à deux dimensions. Cette image est acquise en général par un capteur, embarqué à bord d'un vecteur et captant l'énergie provenant de la surface terrestre. Cette énergie reçue par le capteur est transformée en signaux électriques par les détecteurs.

- Images LANDSAT

Les satellites LANDSAT ont été mis en activité pour la première fois en 1972. Ce sont des satellites héliosynchrones dont l'altitude moyenne est de 700 km. Dans notre étude, nous allons utiliser les images du LANDSAT 5 Thematic Mapper destiné spécialement à la télédétection passive.

Les bandes spectrales sont:

- 0,45 – 0,52 μm (TM1)
- 0,53 – 0,61 μm (TM2)
- 0,63 – 0,69 μm (TM3)
- 0,78 – 0,90 μm (TM4)
- 1,57 – 1,78 μm (TM5)
- Infra rouge thermique (TM6)

2,08 – 2,35 μm (TM7)

10,4 – 125 μm (Panchromatique)

Résolution :

Panchromatique : 15 m x 15 m

TM6 : 60m x 60 m

Autres : 30m x 30m

Dimension scène : 180 km x 180 km

Pour cette étude, nous avons pris les images LANDSAT prises le 06/sept/1999. Les coupures utilisées portent les numéros 160 074 et 160 075. Pour le traitement des images et leur amélioration, on a choisi d'utiliser les logiciels **ERDAS Imagine 8.6** et **ARC View**.

2.3.1 Les principaux accidents structuraux

On a fait la composition colorée des images en RVB : TM4x TM3x TM2 et comparé à l'image Panchromatique en niveau de gris. Cependant, pour se limiter aux formations étudiées, il a été nécessaire de superposer les limites des affleurements du Jurassique et du Crétacé Inférieur, ainsi on a pu ressortir les principaux accidents structuraux de la zone d'étude (Figure 20, figure 21, figure 22, figure 23).

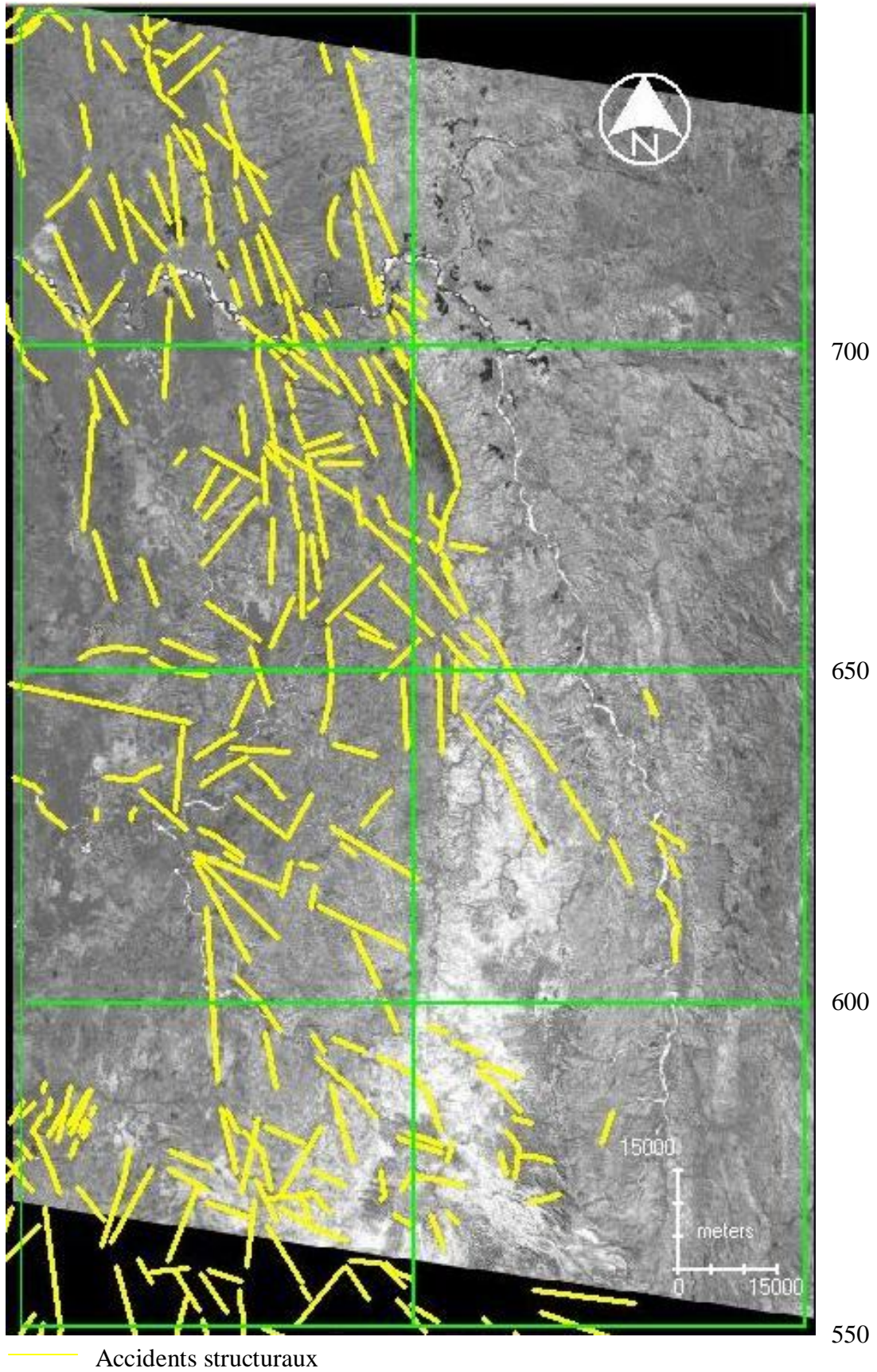
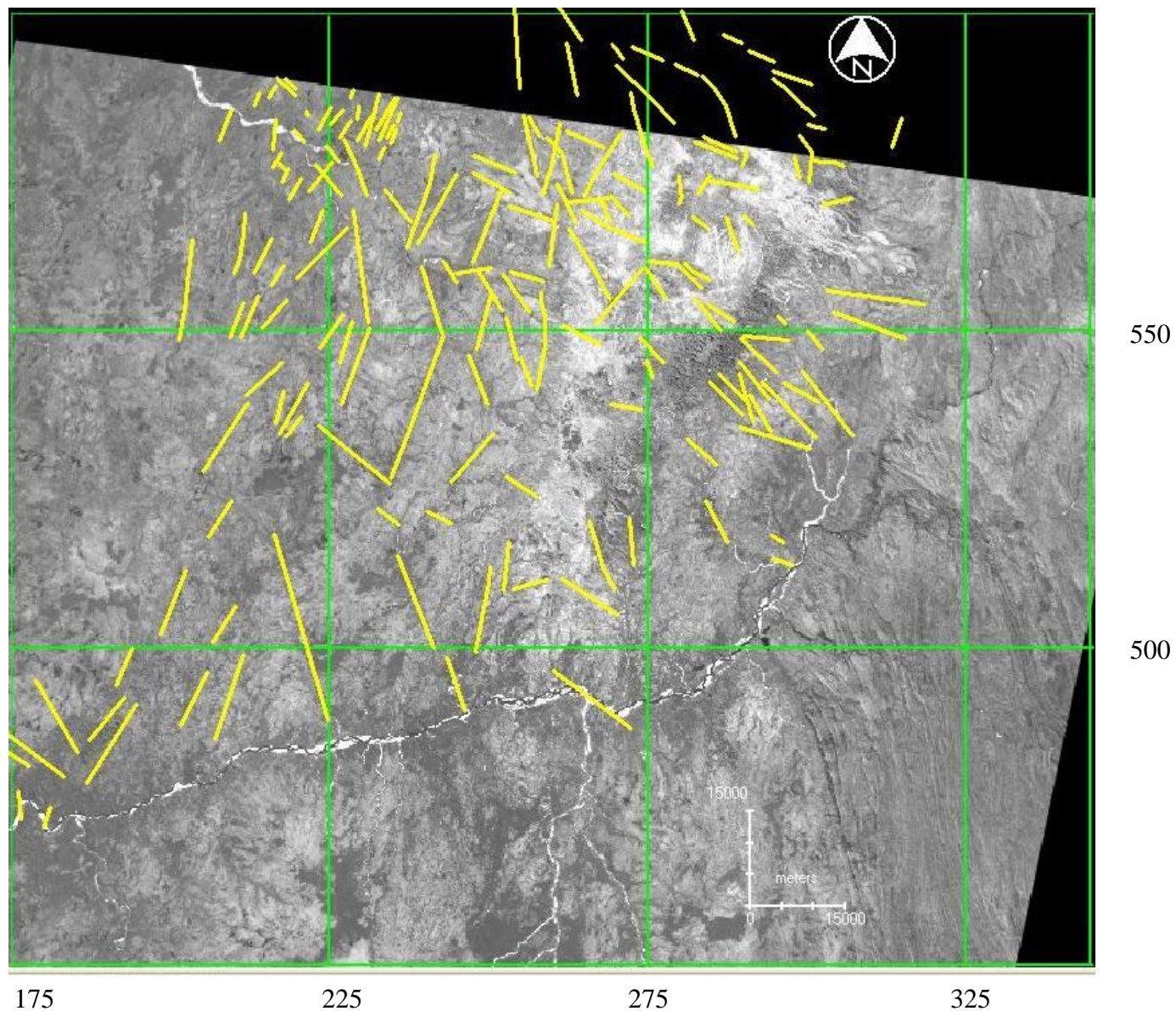


Figure 20: Les accidents structuraux sur l'image panchromatique 160 074



— Accidents structuraux

Figure 21: Les accidents structuraux sur l'image panchromatique 160 075

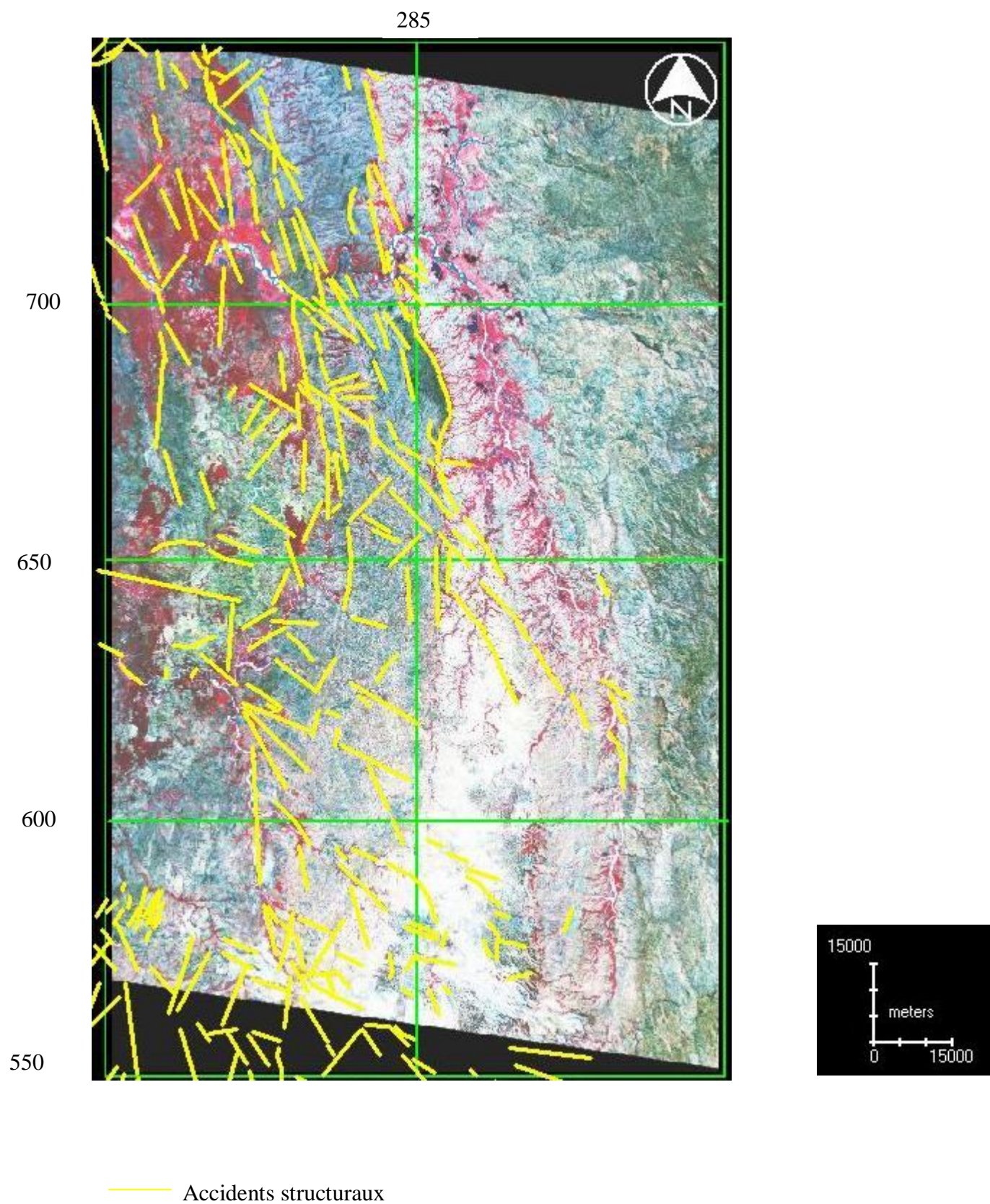


Figure 22 : Les accidents structuraux sur l'image 160 074 RVB : TM4, TM3, TM2

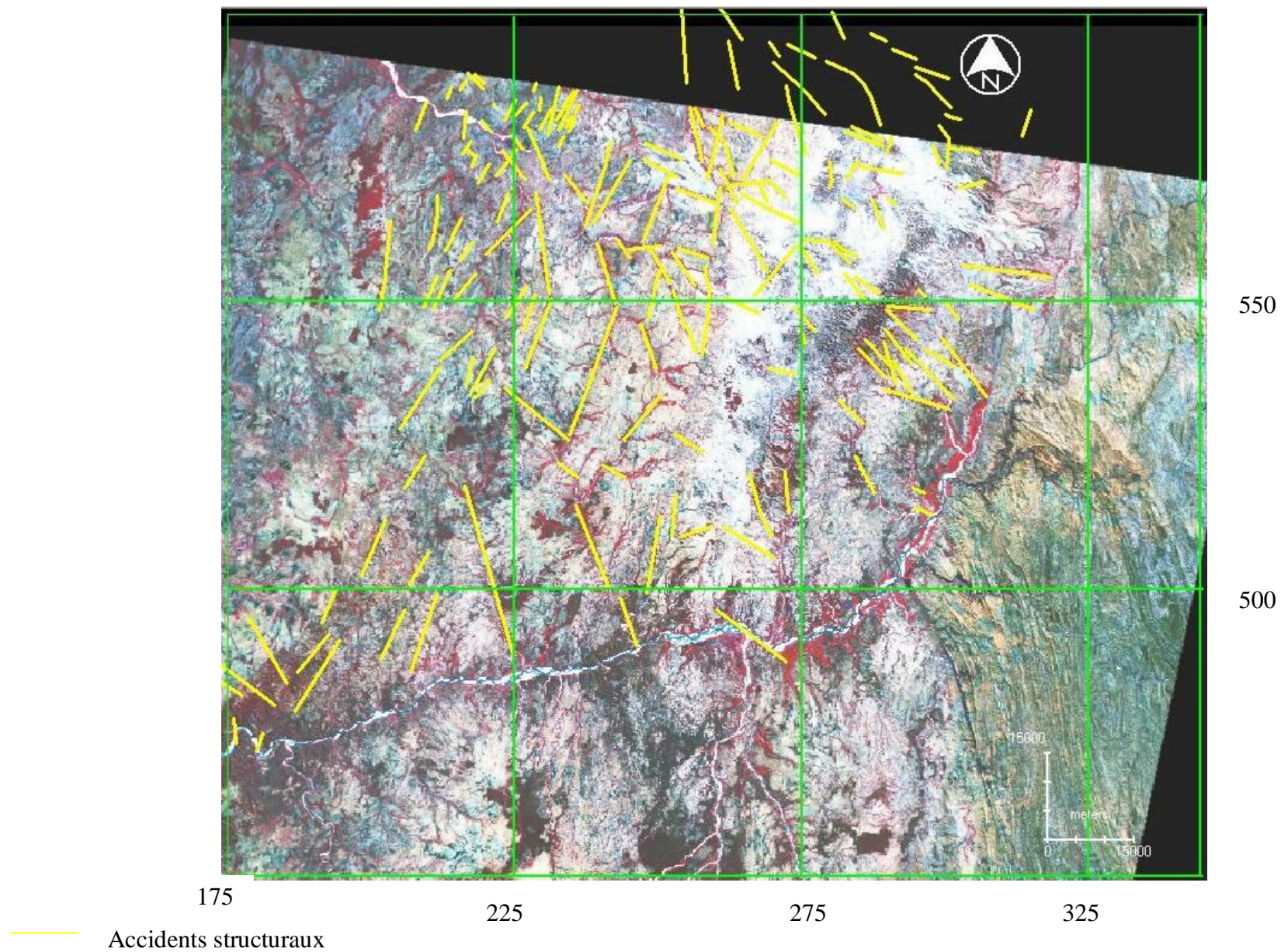


Figure 23 : Les accidents structuraux sur l'image 160 075 RVB : TM4, TM3, TM2

2.4 Méthode géophysique (la sismique réflexion)

Dans l'exploration pétrolière, la connaissance de la subsurface est primordiale, les recours à les méthodes géophysiques sont les plus courants car elles sont beaucoup moins onéreuses.

En effet, les méthodes potentielles permettent de définir à priori les zones à potentiel pétrolier. La gravimétrie permet de localiser les bassins à forte épaisseur de sédiments, et les ébauche de structure, la magnétométrie de localiser les zones affectées par le magmatisme et l'électromagnétisme les éventuelle zones à fluides.

La sismique réflexion confirme les géométries des gisements, les contacts entre les fluides souterrains et donne une idée sur la lithostratigraphie. Dans cette étude nous nous intéressons à la sismique réflexion.

2.4.1 Notion de sismique réflexion

Le principe de la méthode repose sur le principe de la propagation des ondes (déformation du milieu). Dans la prospection pétrolière, ces ondes ont été générées par une source.

On considérera le cas d'une onde se propageant dans un milieu élastique, homogène et isotrope (Chouteau, 2001) .

La propagation dépend donc des propriétés ou des constantes élastiques du milieu (et de leur distribution).

Les constants élastiques mettent en relation déformation et contrainte (force) :

- déformation : déformation unitaire $\frac{\Delta L}{L}$ ou $\frac{\Delta \vec{V}}{V}$
- contrainte : force par unité de surface (F/A) N/m².

A l'intérieur des limites d'élasticités, la contrainte est proportionnelle à la déformation (loi de HOOKE).

- Présentation des résultats

- Temps double en fonction de la distance après correction pour le positionnement,
- Avant l'interprétation t_v vs x , il faut corriger pour l'effet statique, l'effet de la couche altérée, de la topographie, etc.
- Enfin pour passer de la section t_v vs x , à une section z vs x (profondeur), il faut connaître chacune des formations. La migration est l'opération par laquelle se fait ce passage. Pour cela, on utilise diverses méthodes comme par exemple à partir des mesures dans les puits de forages (Chouteau, 2001).

2.4.2 Les principales figures observées sur une ligne sismique

Les principales figures observées dans les sections sismiques sont reproduites à l'aide des figures 24, 25, 26, 27 et 28 en vue d'une bonne interprétation des lignes sismiques étudiées dans cet ouvrage.

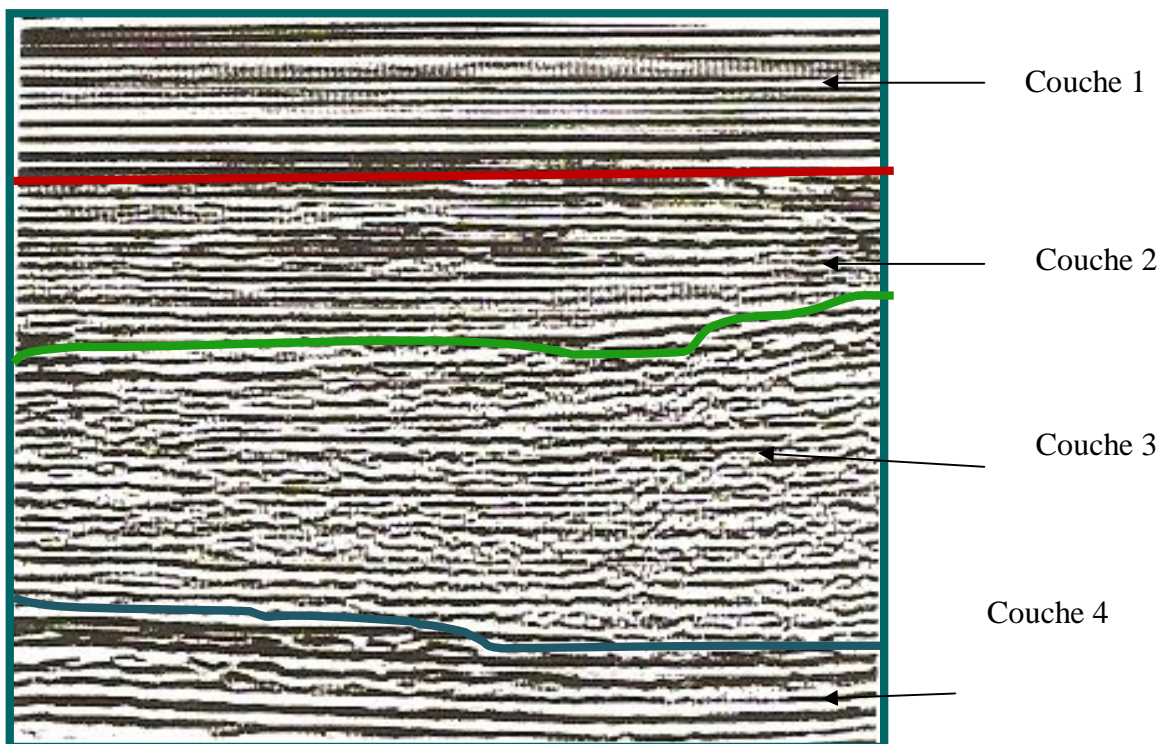


Figure 24: Différenciation des couches

Sur cette section, nous pouvons dire qu'il y a quatre couches de sédiments différentes. Les couches 1 et 2 ne présentent pas de discordance angulaire, mais diffèrent l'intensité des

amplitudes des réflexions.

La discordance angulaire observée entre la couche 2 et le toit de la couche 3, correspondrait à une érosion.

La discordance au toit de la couche 4 représenterait un paléorelief dont l'amplitude de la réflexion est significative (Anstey et Badley, 1995)

Failles

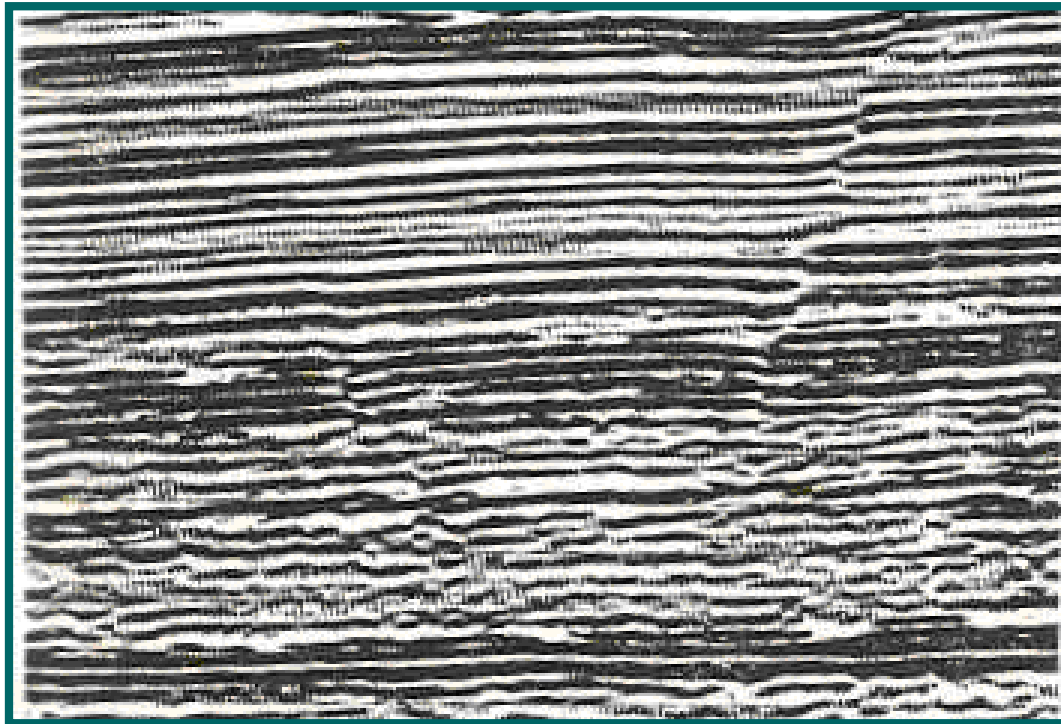
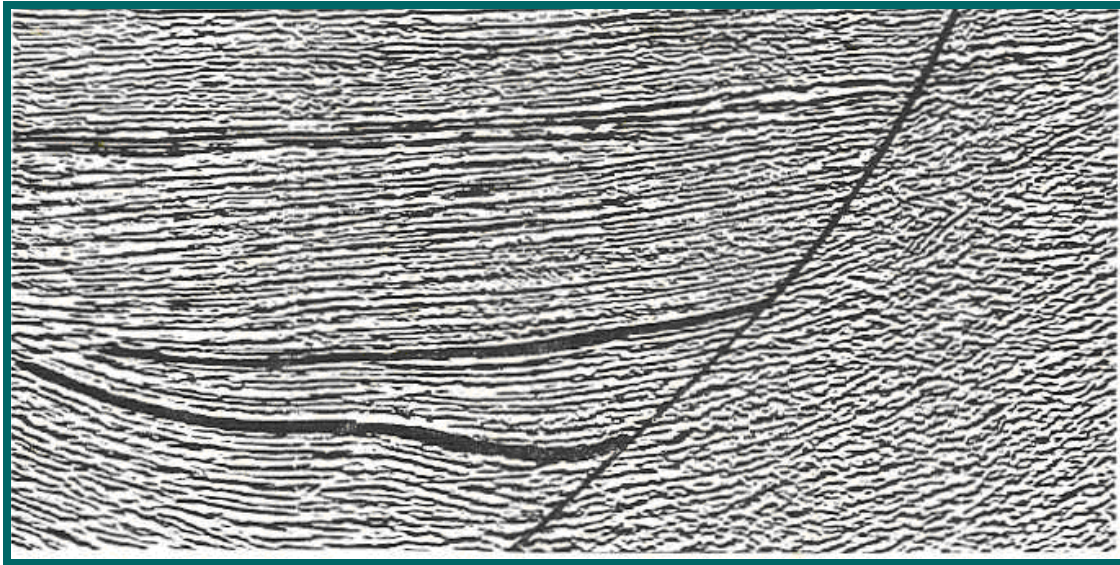


Figure 25: Disposition d'une faille dans une ligne sismique
(Merlin geophysical company *in* Anstey et Badley, 1995)

Discordance

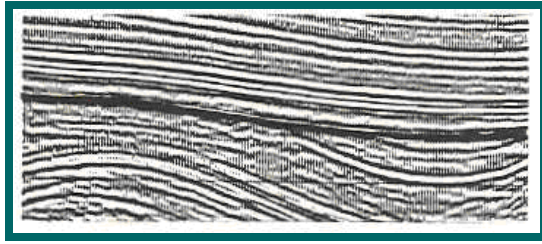


Figure 26: **Aspect d'une discordance dans une ligne sismique**
(Prakla Seismos Ltd *in* Anstey et Badley, 1995)

Concordance



Onlap ou transgression



Figure 27 : Onlap ou transgression
Downlap ou régression

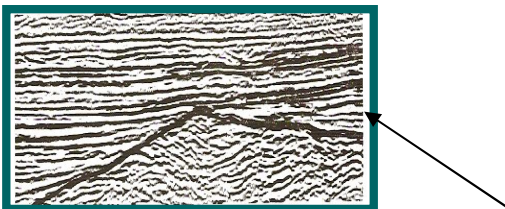


Figure 28: downlap ou régression

Downlap (Prakla Seismos Ltd *in* Anstey et Badley,
1995)

RESULTATS

3 Résultats

3.1 Résultats de l'analyse des échantillons

Tableau 5 : Localisation des échantillons

NOM DES ECHANTILLONS	LOCALITES	LITHOLOGIE	COORD X (m)	COORD Y (m)	SUD (LAT)	EST (LONG)
BRNM1 (A1)		Marne à gypse	256181.809	632436.906	20°24,616'	45°03,504'
FLNJ 1 (B1)	Beranomaso	Marne à gypse	250829.681	633018.742	20°24,276'	45°00,429'
D1	-	Marne glauconieux	250829.681	633018.742	20°24,276'	45°00,429'
D 2	-	Marne glauconieux	-	-	-	-
D 3	-	Marne glauconieux	-	-	-	-
D4	-	Marne glauconieux	-	-	-	-
D5	-	Marne glauconieux	-	-	-	-
BRNM 3 (B2)	Beranomaso	Marne verte	250055.357	636287.836	20°22,500'	44°59,437'
MNDB 8 (M1)	Mandabe	Marne verte	230875.697	588151.808	20°48,498'	44°48,699'

3.1.1 Les formes dégagées

Parmi les échantillons prélevés neuf ont contenu des fossiles.

- *Foraminifères*

Quatre échantillons seulement ont livré des formes.

A1 a donné :

- *Ammobaculites aequale* Roewer, 1841
- *Ammobaculites* sp.
- *Ammobaculites cf. euides* Loeblich et Tappan, 1949
- *Haplophragmoïde* sp.
- *Lenticulina .subtilis*
- *Lenticulina* sp.

- *Lenticulina munisteri*, Roewer, 1839

B1 a donné :

- *Ammobaculites sp*
- *Haplophragmoïdes sp.*
- *Spirillina Tenuissima*, Gümbel 1862
- *Eoguttulina (Polymorphinidae)*
- *Vaginulina sp.*
- *Rectoglandulina sp*
- *Polymorphina sp.*
- *Lenticulina sp.*

B2 a donné :

- *Ammobaculites sp.*
- *Saracenaria pravlovlaveri*, Fursenco et Polenova, 1950
- *Lenticulina subtilis*, Wisniowski
- *Astacolus sp.*
- *Saracenaria sp*
- *Lenticulina Collignoni* Espitalié et Sigal, 1967
- *Marginulina sp*

M1 a donné :

- *Saracenaria compacta n.sp.*
- *Lenticulina besairiei*
- *Rectoglandulina strucka*

- *Nannofossiles calcaires*

Tous les neuf échantillons ont fourni des Nannofossiles calcaires

D1, D2, D3, D4, D5 ont donné :

- *Watznauera barnesae* Katharina Perch – Nielsen
- *Parhabdolithus embergeri* Stradner
- *Cibrosphaera ehremergi* Arkhangelsky
- *Stephanolithon laffitei* Noel
- *Lithraphidites carniolensis* Deflandre
- *Speetonia colligata* Black

- *Micrantholithus obtusus*
- *Cruciellipsis cuvillieri* Thierstein
- *Cretarhabdus ficulus* aff. *Cretarhabdus crenulatus* Bramlette et Martini
- *Stradneria crenulata* / *Cretarhabdus crenulatus* Bramlette et Martini
- *Speetonia colligata* Black
- *Watznauera britannica* cf. *W. biporta* Bukry
- *Chiatozygus striatus* Black
- *Parhabdolithus angustus* Stradner et al
- Groupe *Corolithion*
- *Lithastrinus floralis* Stradner
- *Diazomalithus floralis* Stradner
- *Diazomalithus lehmani* Noël
- *Manivittella pemmatoidea* Thierstein

Les échantillons **A1, B1, et B2** ont livré les faunes suivantes

- *Micrantholithus obtusus*
- *Watznauera barnesae* Katharia Perch-Nielsen
- *Zygodiscus* sp
- *Parhabdolithus embergeri* Stradner
- *Cibrosphaera ehremergi* Arkhangelsky
- *Stephanolithion laffitei* Noël
- *Lithraphidites carniolensis* Deflandre
- *Cruciellipsis cuvillieri* Thierstein
- *Cretarhabdus ficulus* aff. *Cretarhabdus crenulatus* Bramlette et Martini
- *Stradneria crenulata* / *Cretarhabdus crenulatus* Bramlette et Martini
- *Watznauera britannica* cf. *W. biporta* Bukry
- *Chiatozygus striatus* Black
- *Parhabdolithus angustus* Stradner et al
- *Corolithion* groupe
- *Lithastrinus floralis* Stradner
- *Staurolithite* sp.
- *Nannoconus* en section
- *Reinhardtites* sp

- *Diazomalithus lehmani* Noël
- *Manivitella pemmatoïdea* Thierstein
- *Speetonia colligata* Black
- *Calcicalathina oblongata* Thierstein

M1 a donné :

- *Watznauera berneseae*
- *Cyclogeosphaera margereli*
- *Ellipsagelosphaera*

3.1.2 Les datations des échantillons de terrains :

Les associations faunistiques ont donné les âges suivants :

- L'échantillon A1 prélevé au point X= 256181.809, Y = 632436.906 serait du

Valanginien Supérieur de par la répartition des Foraminifères et des Nannofossiles calcaires marqueurs (cf tableau 6)

		Bath	Call	Oxf	Kim	Port	Bér	Val	Haut	Bar	Apt/Alb
FORAMINIFERE	- <i>Ammobaculites aequale</i>										
	- <i>Ammobaculites cf euides</i>										
	- <i>Lenticulina subtilis</i> , Wisniowski										
	- <i>Lenticulina Collignoni</i> Espitalié et Sigal, 1967										
NANNOFOSILES	- <i>Cruciellipsis cuvillieri</i> Thierstein										
	- <i>Speetonia colligata</i> Black										
	- <i>Calcicalathina oblongata</i> Thierstein										

Tableau 6 : Répartition des marqueurs dégagés d'A1

- L'échantillon B1 prélevé au point X=250829.681, Y = 633018.742 serait du Valanginien de par la répartition des Foraminifères et des Nannofossiles calcaires marqueurs (cf tableau 7)

		Bath	Call	Oxf	Kim	Port	Bér	Val	Haut	Bar	Apt/Alb
FOR	- <i>Spirillina Tenuissima</i> , Gümbel 1862										
NANNOFOSILES	- <i>Cruciellipsis cuvillieri</i> Thierstein										
	- <i>Speetonia colligata</i> Black										
	- <i>Calcicalathina oblongata</i> Thierstein										

Tableau 7 : Répartition des marqueurs dégagés de B1

- Les échantillons D1, D2, D3, D4, D5 de la coupe de Beranomaso prélevés au point X= 250829.681, Y=633018.742, n'ont pas donné de Foraminifère. Leurs datations sont basées sur les Nannofossiles calcaire qui seraient du Portlandien de par la répartition des Nannofossiles calcaires marqueurs (cf tableau 8). Elles seraient du Valanginien Hauterivien

		Bath	Call	Oxf	Kim	Port	Bér	Val	Haut	Bar	Apt/Alb
NANNOFOSILES	- <i>Cruciellipsis cuvillieri</i> Thierstein										
	- <i>Speetonia colligata</i> Black										
	- <i>Calcicalathina oblongata</i> Thierstein										

Tableau 8 : Répartition des marqueurs dégagés de D1.D2 D3 D4 D5

- L'échantillon B2 prélevé au point X= 250055.357, Y = 636287.836 serait du Valanginien de par la répartition des Foraminifères et des Nannofossiles calcaires marqueurs (cf tableau 9)

		Bath	Call	Oxf	Kim	Port	Bér	Val	Haut	Bar	Apt/Alb
FORAMINIFERE	- <i>Saracenaria pravlovlaveri</i> , Fursenco et Polenova, 1950										
	- <i>Lenticulina subtilis</i> , Wisniowski										
	- <i>Lenticulina Collignoni</i> Espitalié et Sigal, 1967										
NANNOFOSILES	- <i>Cruciellipsis cuvillieri</i> Thierstein										
	- <i>Speetonia colligata</i> Black										
	- <i>Calcicalathina oblongata</i> Thierstein										

Tableau 9: Répartition des marqueurs dégagés de B2

- L'échantillon M1 prélevé au point X= 230875.697, Y = 588151 serait du Portlandien de par la répartition des Foraminifères et des Nannofossiles calcaires marqueurs (cf tableau 10)

		Bath	Call	Oxf	Kim	Port	Bér	Val	Haut	Bar	Apt/Alb
FOR	- <i>Saracenaria compacta</i>										
	- <i>Lenticulina besairiei</i>										
	- <i>Pistomina alveolata</i>										
NAN	- <i>Watznauera bernesea</i>										
	- <i>Ellispagelosphaera</i> <i>Speetonia</i>										

Tableau 10: Répartition des marqueurs dégagés de M1

3.2 Résultats des coupes de terrain

Le but de cette description stratigraphique est de dater aussi finement que possible les formations déposées pendant la dérive de Madagascar à partir de l'Afrique de l'Est jusqu'à

sa présente localisation. Les données paléomagnétiques placent cet évènement entre le Bathonien terminal (165MA) et l'Albien Supérieur (100 MA). Des coupes géologiques accompagnées d'échantillonnages à travers les terrains contemporains de cette dérive dans la zone d'étude ont été effectuées.

Les âges présumés de ces coupes vont du Bathonien supérieur à l'Hauterivien ; elles sont constituées de formations correspondantes à des dépôts de milieux marins ouverts allant du néritique interne au néritique externe au-delà du talus continental.

Elles débutent par des alternances gréso-calcaires et de marnes suivies par les marnes à *Duvalia* très développées dans la zone d'Ankilizato qui se terminent par des séries d'abandonnement caractérisées par la présence de petites ammonites pyriteuses témoins de milieux très réducteurs. La carte de localisation des coupes est représentée par la figure 29.

3.2.1 Les coupes stratigraphiques de terrain

La première coupe (Figure 30) a été réalisée sur l'axe Andafia – Morondava entre Ambahibe et Ankilizato qui débute par des alternances de bancs décimétriques de calcaires à corbules et oolithiques, de marnes et de calcaires gréseux présumées du Bathonien. Cet ensemble est surmonté par une succession de bancs de calcaires plus épais bioclastiques à la base et sableux et glauconieux au sommet alternés à des marnes plus développées exemptes de formes présumées du Bathonien Callovien

A l'entrée d'Ankilizato, l'intercalation de premières marnes jaunes à blanchâtres et de grès fins avec des bois calcifiés et des argiles, contenant des débris de grands Bélemnites et, d'Ammonites mais exempts de microfaunes seraient attribuées à l'Oxfordien. Les bancs de grès fins sont à glauconie et à lamellibranches témoignant des dépôts de mer ouverte plus ou moins proches du talus continental.

A la côte S 20°24'616 et E 45°03'504, la coupe se poursuit par une observation étalée sur 6,5m datée 26montrant de la base au sommet :

- des grès jaunes orange, fins friables surmontées

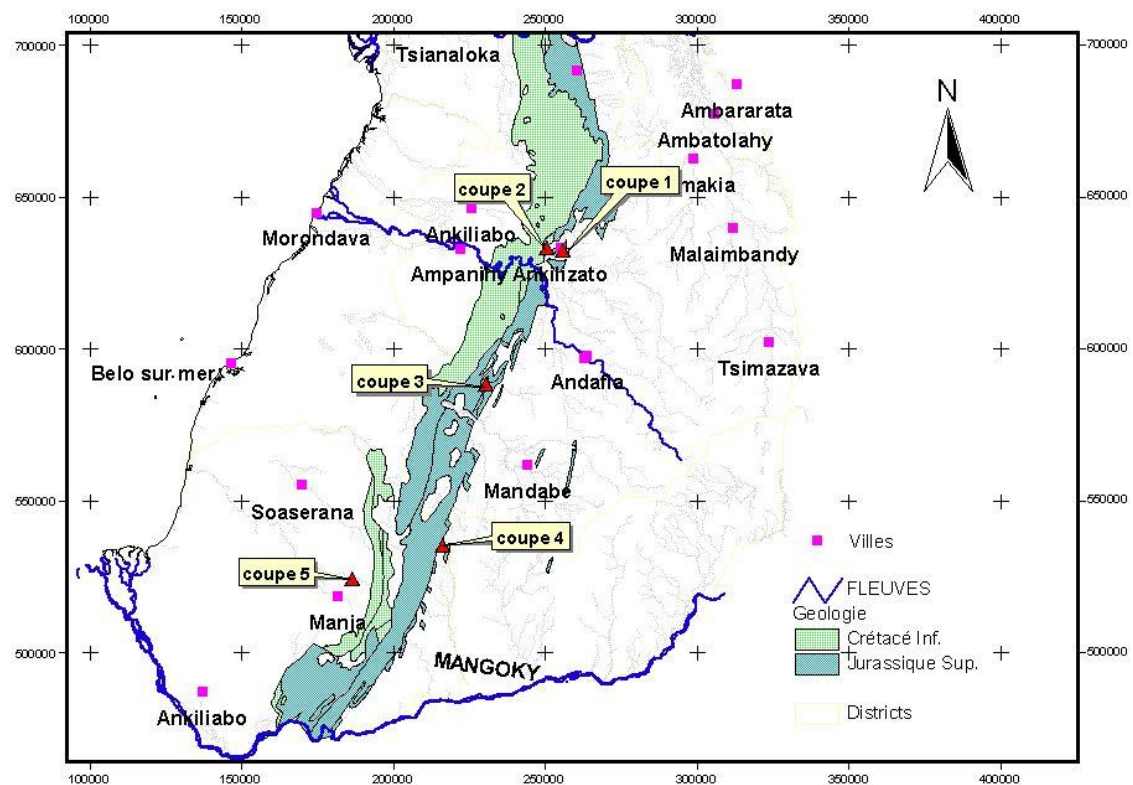


Figure 29 : Carte montrant la localisation des coupes

Coupe 1: Ambahibe-Ankilizato

Coupe 2: Beranomaso-Filanjara

Coupe 3 : Mandabe – Mahabo

Coupe 4 : Manja – Mahabo

Coupe 5 : Ambararata

- argiles verdâtres évoluant vers des grès calcaires en plaquettes, friables à grains fins à moyens, surmonté
- de grès entrecroisés anguleux, moyens à grains anguleux, friables avec des petits lits d'argiles renfermant des grès fins carbonatés à calcite en bancs durs, enfin
- une séquence marneuse très développée renfermant des grès fins à moyens,

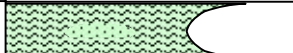
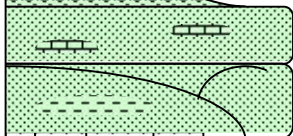

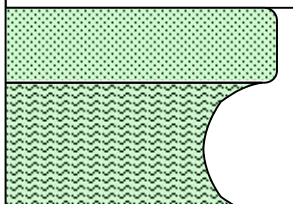
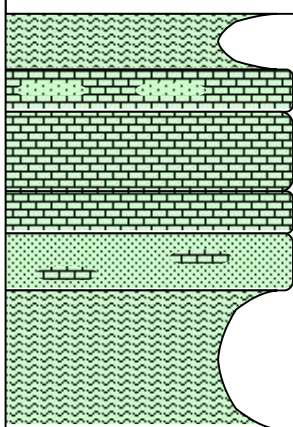
	Etage	Epaisseur	Coupe	Lithologie
POST KAROO	Valanginien sup.	2 m		[ÉchantillonA1] marne.
		2,5 m		Grès fins carbonatés à calcite
				Grès entrecroisés anguleux
		1 m		Argiles
				Grès fins à moyens
	Oxfordien	Zone aveugle		
		2m		Bancs de grès fins
				Marnes jaunes à blanchâtres
		Zone aveugle		
		Bathonien	3.5 m	
				Calcaire gréseux
				Bancs de calcaires
				Grès calcaireux
				Marnes
				Calcaires oolithiques

Figure 30 : Coupe I Ambahibe-Ankilizato

La deuxième coupe II (Figure 31) Beranomaso-Filanjara est plus complète et commence au coordonnées E 20°24'27.5 S 45°00'42.8 sous le pont dénommé « Beranomaso » avec de bas en haut :

- Marne à gypse type Tsaramandroso
- Gypse en couche de type Tsaramandroso avec une stratification entrecroisée
- Contact de marnes et des grès continentaux avec des Ammonites pyriteuses.

Des latérites recouvrent ensuite le paysage et c'est quelques mètres plus loin que l'on a pu remarquer la suite des formations dont la base est formée par des grès jaunes fins à ciment calcaire intercalés par une bande mince de marne grise, surmontés de grès grossiers à ciment calcaire intercalés de marnes glauconieux. Des Bélemnites se situent dans un banc de ces

grès. La direction de l’affleurement est de N 40, et de pendage 7° vers l’ouest.

Tout en remontant la rivière et évitant les latérites, un affleurement est aperçu juste au dessous des bancs de grés continentaux de Tsiandava (confirmation : aucune réaction face à l’HCL).

On aperçoit alors du bas vers le haut :

- Argiles vertes massives et compactes
- Bancs de grains à grains +/- fins
- Argiles vertes gréseuses, à trace d’Ammonites
- Banc de grés argileux, conglomératique, Grossiers friables
- Grès entrecroisés, grossiers hétérogène, massifs
- Argiles bariolés
- Grés continentale Albo - Cénomanién.

	Etage	Epaisseur	N°	Coupe	Lithologie
POST KAROO	Crétacé Supérieur				
	VALANGI NIEN	0.45m	B2		Argile bariolée
					Grès grossier entrecroisé
		0.35m			Bancs de grès conglomératique
					Marne verte massive et compacte
		0.25 m			Bancs de grès à grains fins
					Marne verte massive et compacte
		0.25 m	D5		Zone aveugle
					Grès à ciment calcaire
		0.25m			Marne glauconieux
					Grès à Bélemnites
		1 m	D4		Marne glauconieux
		0.25 m	D3		Grès grossier calcaireux
					Marne glauconieux
			D2		Grès fin calcaireux
		0.25 m		D1	
					Grès à ciment calcaire
		1.5 m	B1		Marne glauconieux
					Zone aveugle
					Grès conglomératique
					Marne à gypse
					Gypse en couche
			Marne à gypse		

Figure 31 : Coupe II Beranomaso-Filanjara

La troisième coupe III (Figure 32) se trouve sur la route Mandabe – Mahabo, aux coordonnées S 20°48,498' E 44°48,699'

On a observé de bas en haut :

- Bancs de calcaires à Lumachelles et Lamellibranches bien conservés, gastéropodes, on a pu constater au microscope la présence de *lenticulina quenstedti*, marqueur du Bathonien supérieur à l'Oxfordien
- Marnes vertes
- Marnes vertes à glauconie à Bélemnites et à Ammonites pyriteux
- Grès grossier conglomératique, à ciment calcaire
- Argiles vertes
- Grès blanc, grossiers conglomératiques



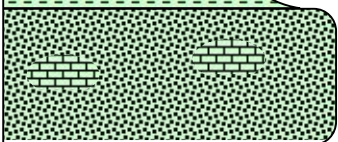
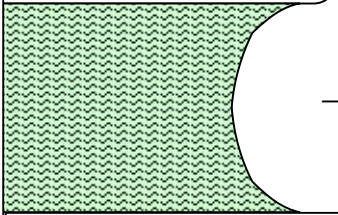
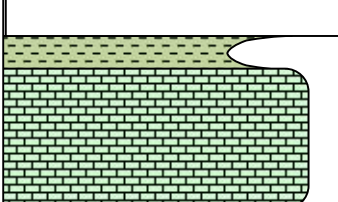
	Etage	Epaisseur	Coupe	Lithologie
POST KAROO PORTLANDIEN		50 cm		Grès blanc, grossiers conglomératiques
		50 cm		Argiles vertes
		50 cm		Grès Grossier conglomératique, à ciment calcaire
		65 cm		Marnes vertes glauconie à Bélemnites et à Ammonites pyriteux [Echantillon M1]
		50 cm		Calcaires à Lumachelles Lamellibranches bien conservés
				Argile

Figure 32 : Coupe III, Mandabe – Mahabo

Coupe IV entre Manja et Mandabe :

Au point S 21°17' 320 et E 44°40', (coupe IV, Figure 33). Aucune forme n'a été dégagée des échantillons prélevés dans cette coupe. Nous avons de la base vers le sommet :

- Marne jaune sur un mètre
- Grès calcaires sous forme de dalles décimétriques à Lamellibranches
- Marnes jaunes avec intercalations gréseuses glauconieuses

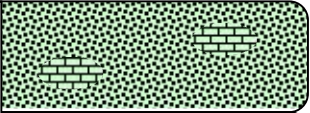
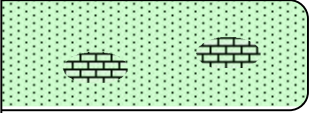
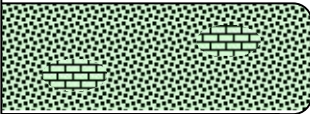
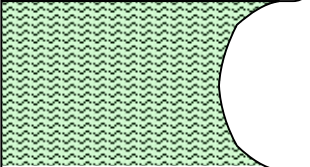
	Etage	Epaisseur	Coupe	Lithologie
POST KAROO	Jurassique Sup. Crétacé inf.	1 m		Grès calcaires grains grossiers
		1 m		Grès calcaires
		1 m		Grès calcaires
		1.5 m		Marnes jaunes

Figure 33 : Coupe IV Manja – Mahabo

Coupe V à Ambararata, (coupe V, Figure 34) aux coordonnées S 21°22,958' et E44°22,801'

Les prélèvements sur cette coupe n'ont pas livré de formes. Aussi l'âge qu'on lui attribue est très large : Jurassique Supérieur – Crétacé Inférieur.

Sa base est marquée par la présence de Grès conglomératiques à ciment calcaire à muscovite, surmontés de grès argileux avec galets et conglomérats de quartz, de grès fin argileux, de marnes grises, et d'argiles silteuses.

A une vingtaine de mètres après, un autre affleurement montre de bas vers le haut:

- du grès conglomératique à ciment calcaire
- du grès à ciment calcaire à structure parallèle
- du grès à conglomérats à structure entrecroisée et de couleur mauve,
- des conglomérats à ciment calcaire
- du grès calcaire en dalle décimétrique, à structure entrecroisée,

- de l'argile silteuse,

La direction des couches est de N110 et de pendage 4° Ouest

	Etage	Epaisseur	Coupe	Lithologie
POST KAROO	Jurassique Sup. - Crétacé Inf.	1,5 m		Argile marneuse
				Grès calcaire en dalle décimétrique
		1,5 m		Conglomérats à ciment calcaire
				Grès à conglomérats
		1 m		Grès à ciment calcaire
		1 m		Grès conglomératique à ciment calcaire
		<div style="text-align: center;"> Zone aveugle </div>		
		1,5 m		Argile silteuse
				Marne grise
				Argile silteuse
		1 m		Argile gréseux conglomératique
		1 m		Grès grossiers conglomératique à ciment calcaire

Figure 34 : Coupe V Ambararata

3.2.2 Conclusion partielle

- Les formations bien datées

Coupe I : Les datations issues de l'échantillon (A1) ont montré que la formation est datée du VALANGINIEN SUP.

Coupe II : Les analyses d'échantillons (B1, D1, D2, D3, D4, D5, B2) donnent un âge de VALANGINIEN à cette formation.

Coupe III : L'âge de l'échantillon (M1), indique que la formation est du Portlandien, sûrement en discordance angulaire avec la formation calcaire du bathonien même si elle n'est pas remarquée. La présence de glauconie, d'Ammonites pyriteux, de Bélémnites prouve aussi que cet affleurement s'est formé dans une condition de mer ouverte

- Les formations d'âges présumés

Coupe IV : Cette formation est typique du Jurassique Supérieur., les marnes à glauconie se forment à quelques mètres sous la mer, cependant la présence des Lamellibranches montre que la formation ne se trouvait pas loin des côtes. Le dépôt s'est donc effectué en mer ouverte (plate forme externe).

Coupe V : L'âge de cet affleurement est calé par la carte géologique. Aucune faune n'y ait été trouvée mais la lithofaciès indique une mer ouverte (marnes, grès calcaireux, argile marneuse) empêchant l'accumulation de calcaires. Cet affleurement est d'âge Crétacé Inférieur.

3.3 Carte des failles à partir du traitement des images satellites

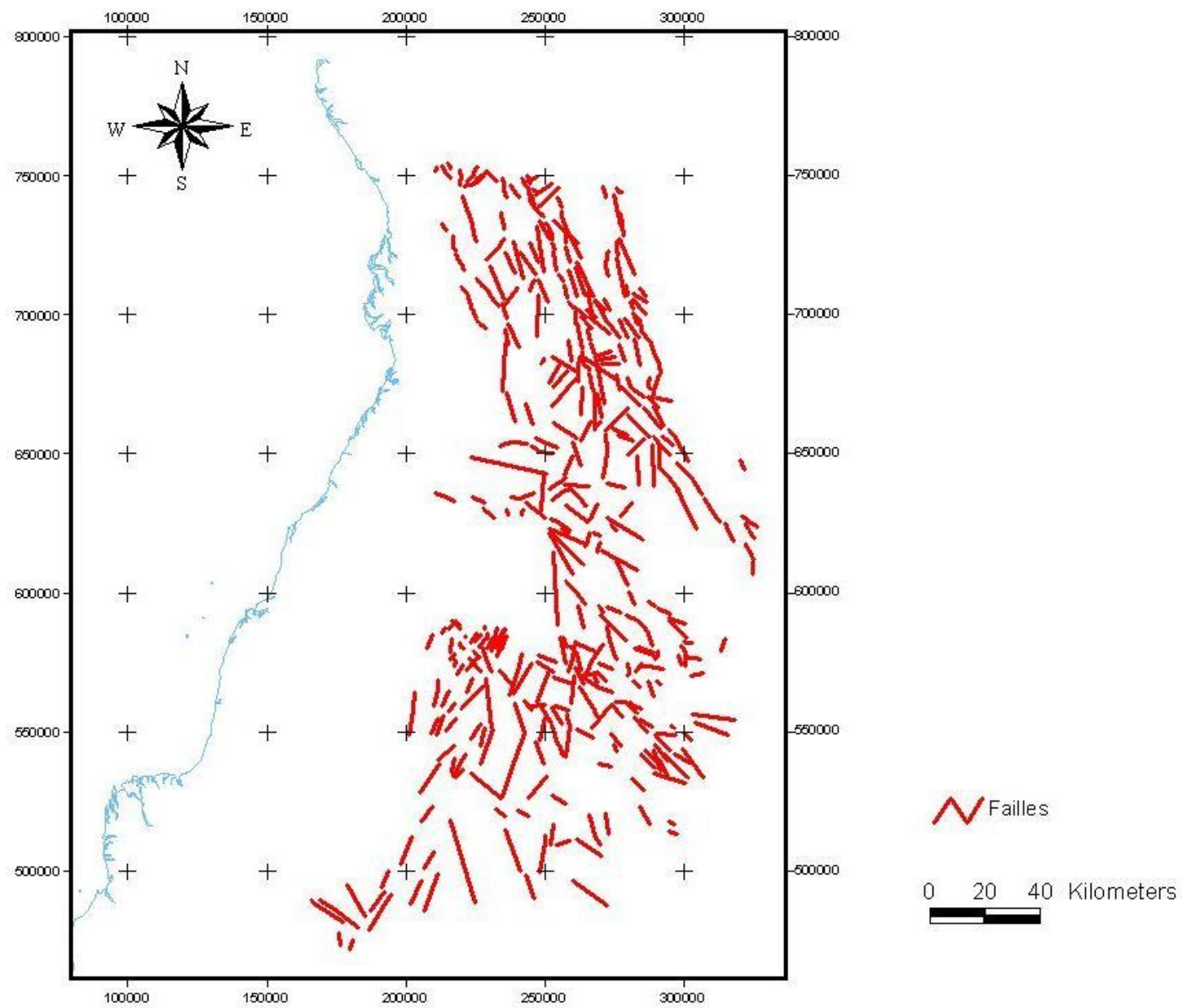
- Description

D'après la figure 35, on peut apercevoir que ces accidents ont de différentes directions car au Nord, nous avons des accidents en majorité de directions NNW – SSE et en descendant vers le Sud, les accidents prennent une direction générale NNE – SSW, cependant en bordure Est, les failles ont une direction NNW- SSE

- Classifications

Pour la classification des failles, nous allons tenir compte des principaux événements géologiques, nous allons prendre la carte géologique 1/500000 et différencier les failles (voir figure 36).

Figure 35 : Carte des failles



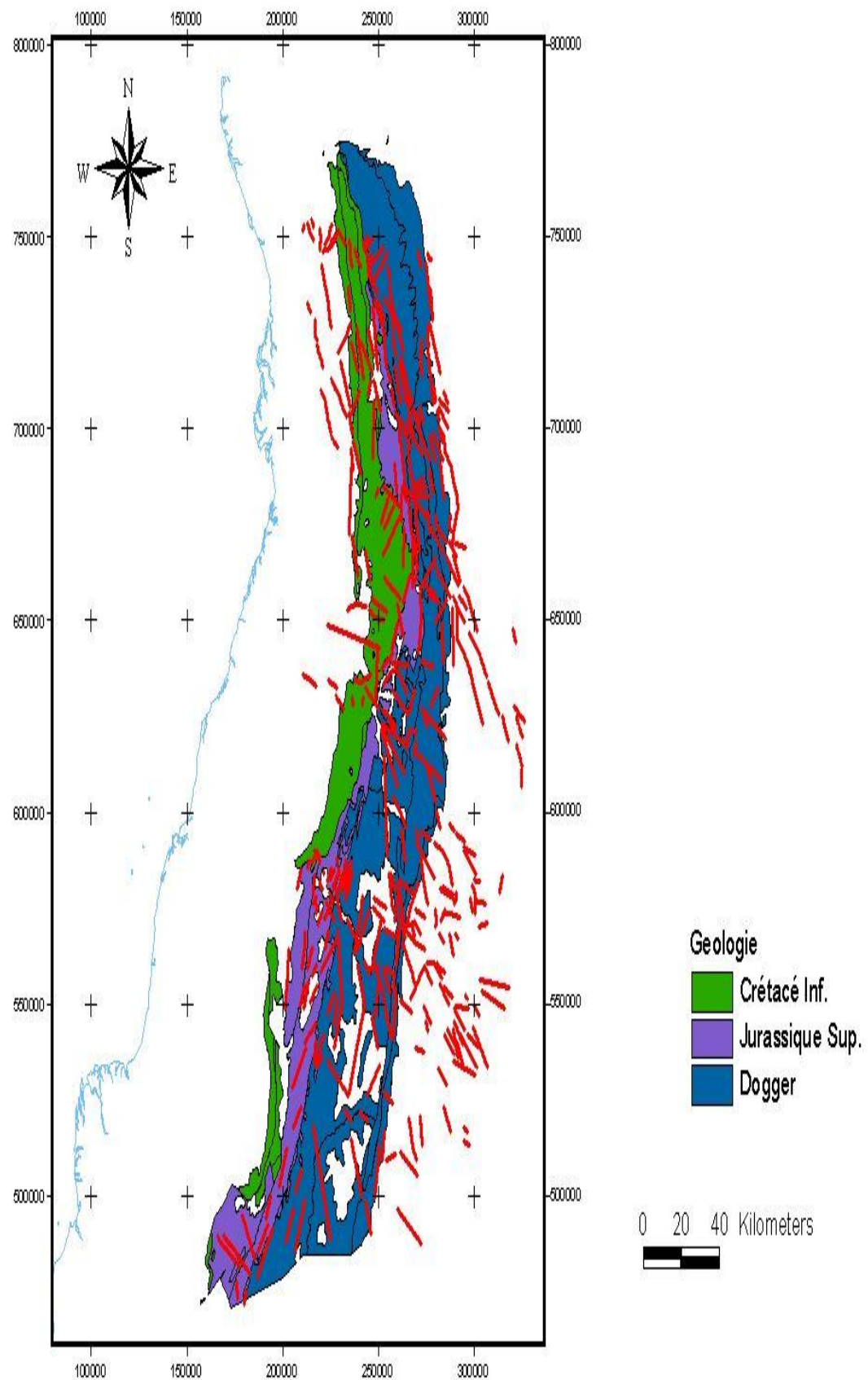


Figure 36: Les failles répertoriées superposées sur une carte géologique 1/500 000

3.4 Lignes sismiques

Les lignes sismiques suivantes ont été choisies dans la zone d'étude et ont été acquises par les différentes compagnies pétrolières. Les résultats de ces acquisitions de lignes sismiques sont représentés par les figures ci-dessous et leurs positions approximatives sont déjà présentées sur la carte de la figure 37.

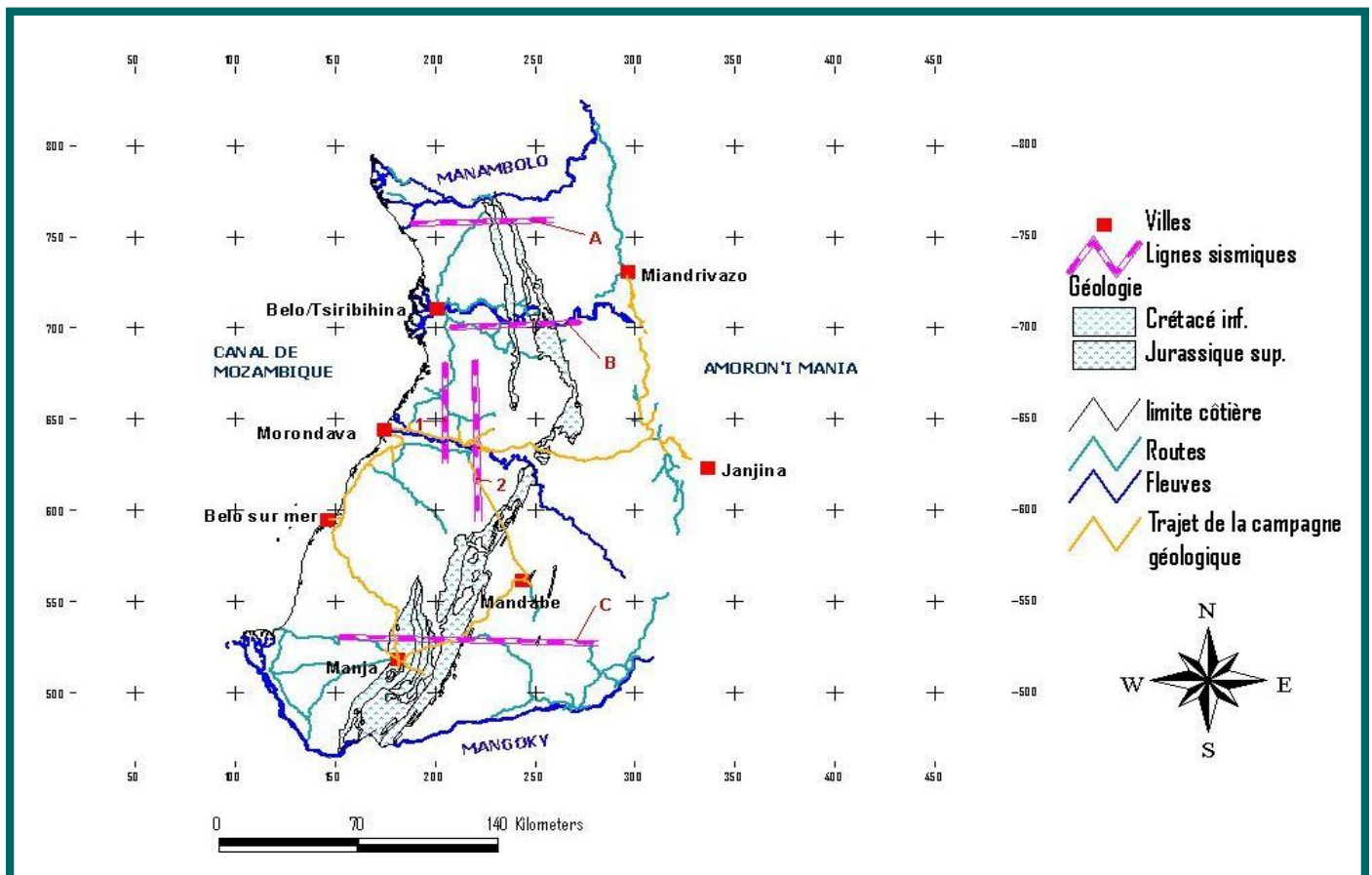


Figure 37 : Positions des lignes sismiques

- Différenciation des lignes sismiques

Ligne sismique A

La ligne sismique A (Figure 38) nous montre 8 éléments nettement distinguables de part l'intensité des amplitudes des réflexions, comme nous l'avons vu dans la partie méthodologie

1 : les réflecteurs sont épais et continus

2 : les réflecteurs sont continus mais moins épais que ceux de 1

3 : les réflecteurs sont moins épais que 1 mais sont très continus

4 ,5 ,6 ,8 sont discontinus et très minces, différenciés grâce à leurs discordances angulaires

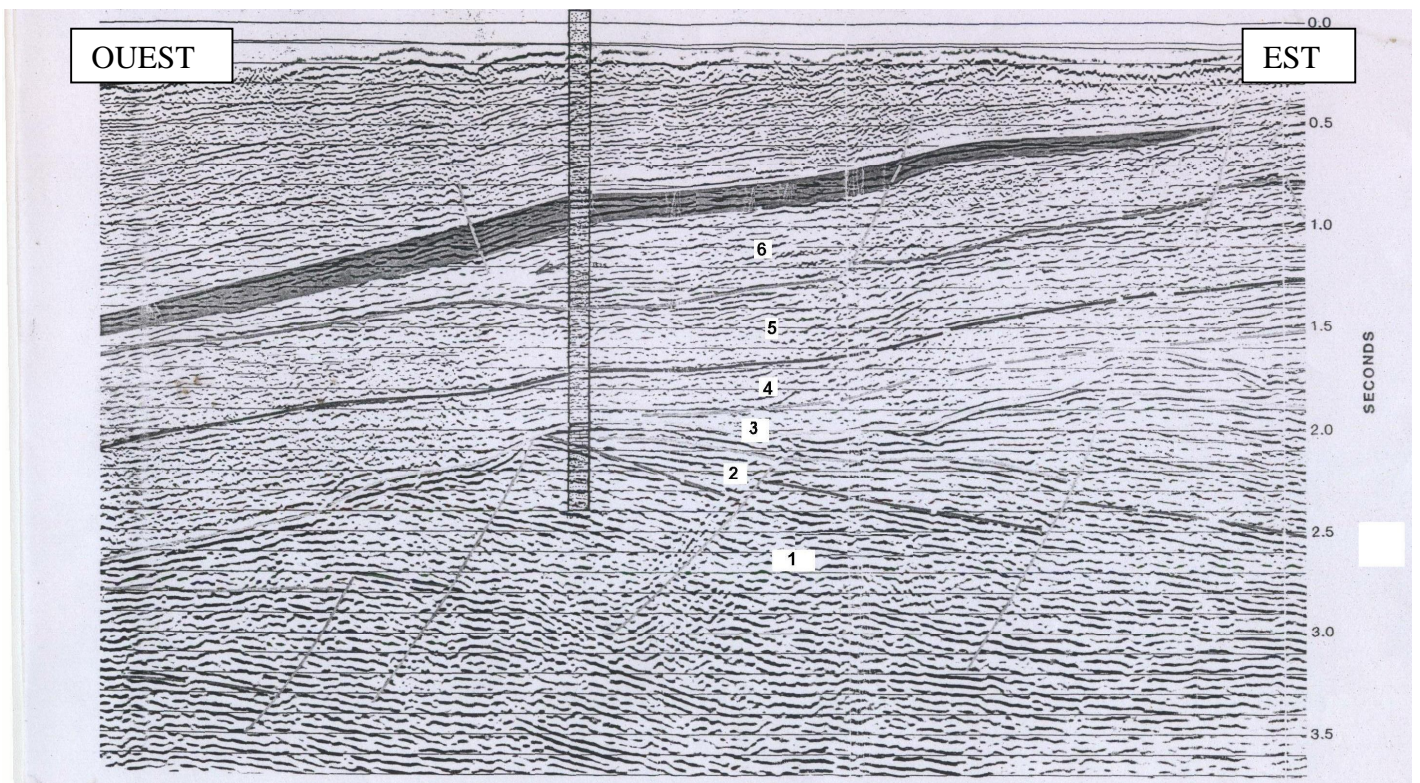


Figure 38 : Ligne sismique A

Ligne sismique B (Figure 39)

- 1 : les réflecteurs sont épais et continus
- 2 : les réflecteurs sont continus mais moins épais que ceux de 1
- 3 : les réflecteurs sont moins épais que 1 mais sont très continus
- 4 : sont discontinus et très minces
- 5 : les réflecteurs sont épais et continus

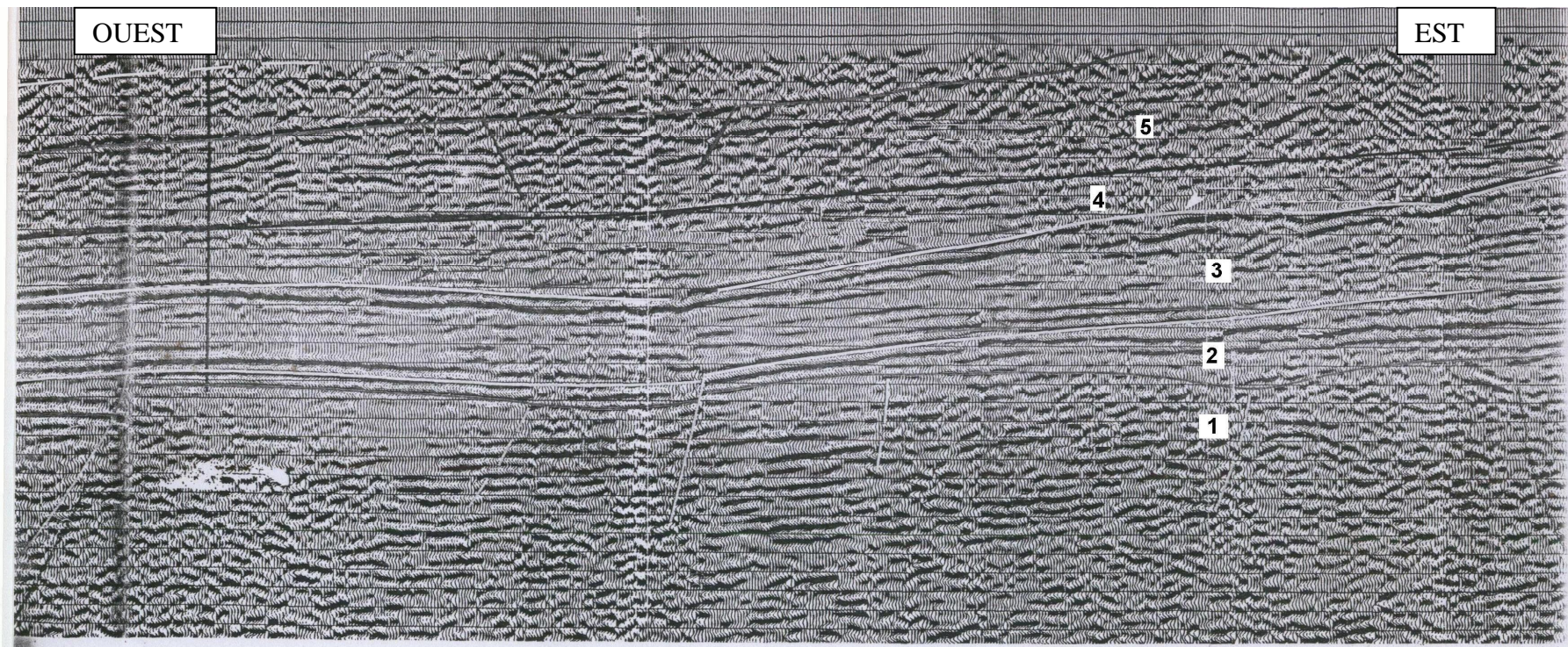


Figure 39 : Ligne sismique B

Ligne sismique C (Figure 40)

- 1 : les réflecteurs sont épais et continus
- 2 : les réflecteurs sont continus mais moins épais que ceux de 1
- 3 : les réflecteurs sont moins épais que 1 mais sont très continus
- 4, 5, sont discontinus et très minces, différenciés grâce à leurs discordances angulaires

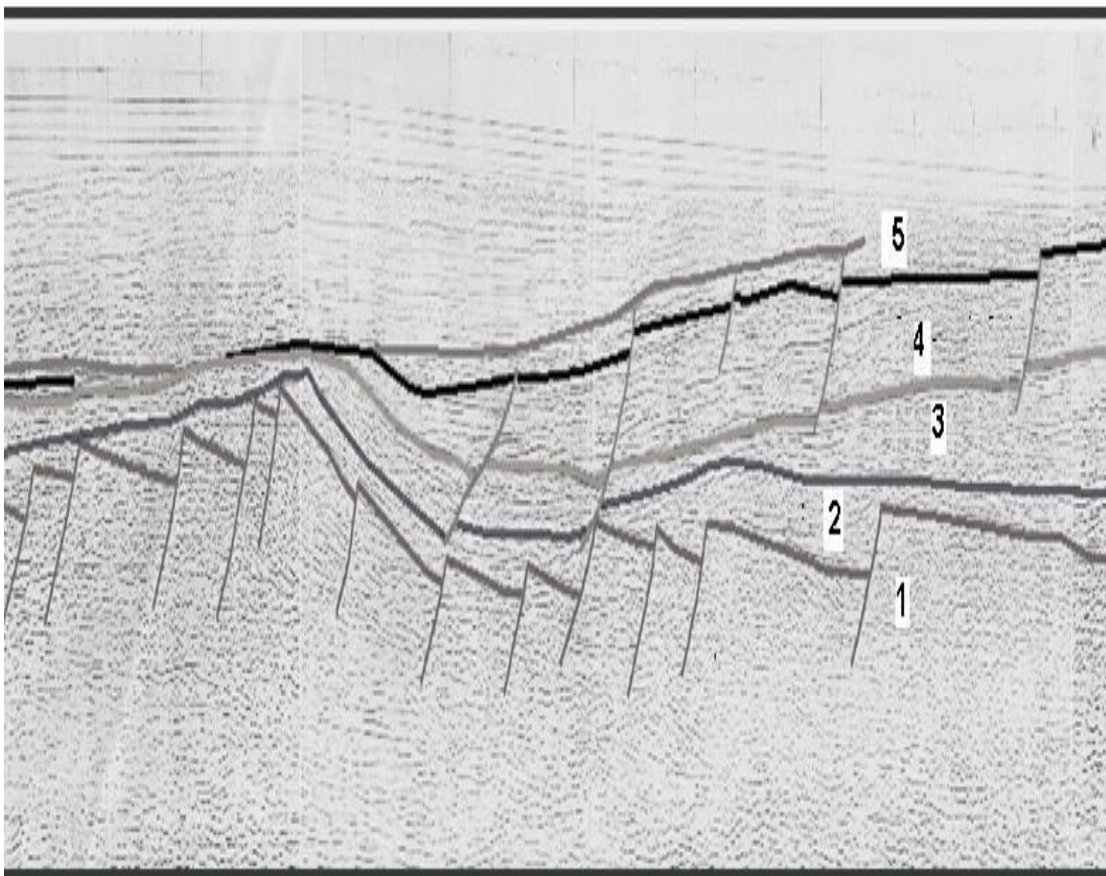


Figure 40 : Ligne sismique C

Ligne sismique 1 (Figure 41)

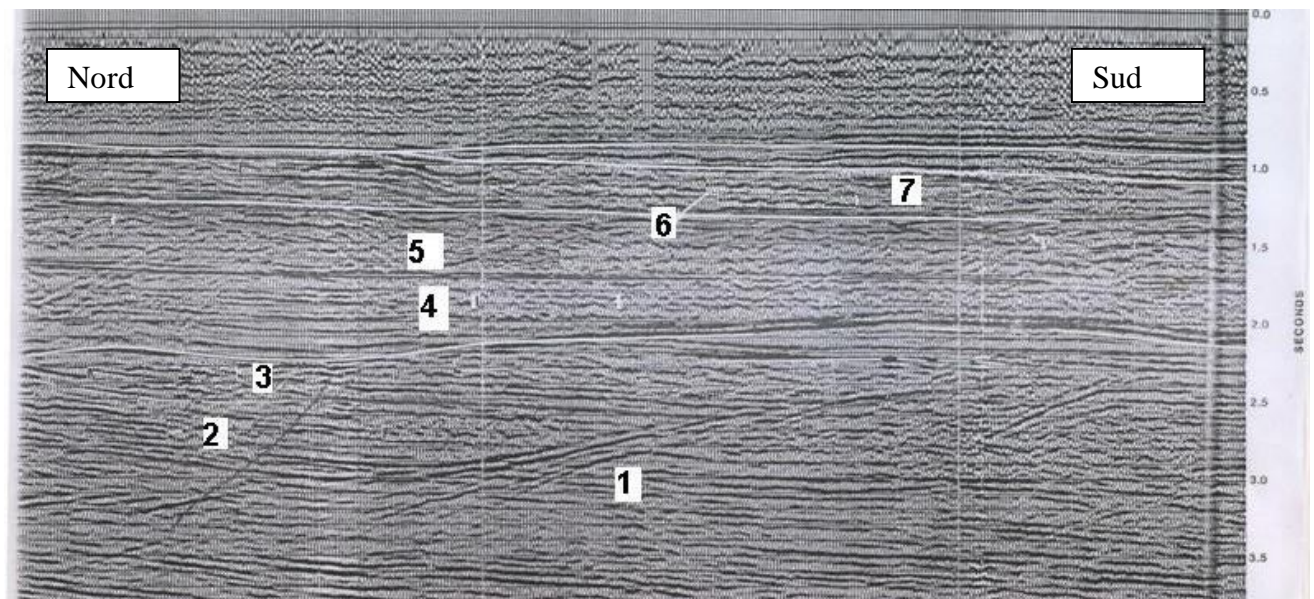


Figure 41 : Ligne sismique 1

1 : les réflecteurs sont épais et continus

2 : les réflecteurs sont continus mais moins épais que ceux de 1

3 : les réflecteurs sont moins épais que 1 mais sont très continus

4, 5,... 7 sont discontinus et très minces, différenciés grâce à leurs discordances angulaires

6, à travers les couches, on voit des réflecteurs épais et continus démontrant une structure particulière qui forme une certaine dépression

Ligne sismique 2 (Figure 42)

- 1 : les réflecteurs sont épais et continus
- 2 : les réflecteurs sont continus mais moins épais que ceux de 1
- 3 et 4 : sont différenciés par leur discordance angulaire
- 5 et 6 : sont des réflecteurs très épais et forment des structures géométriques

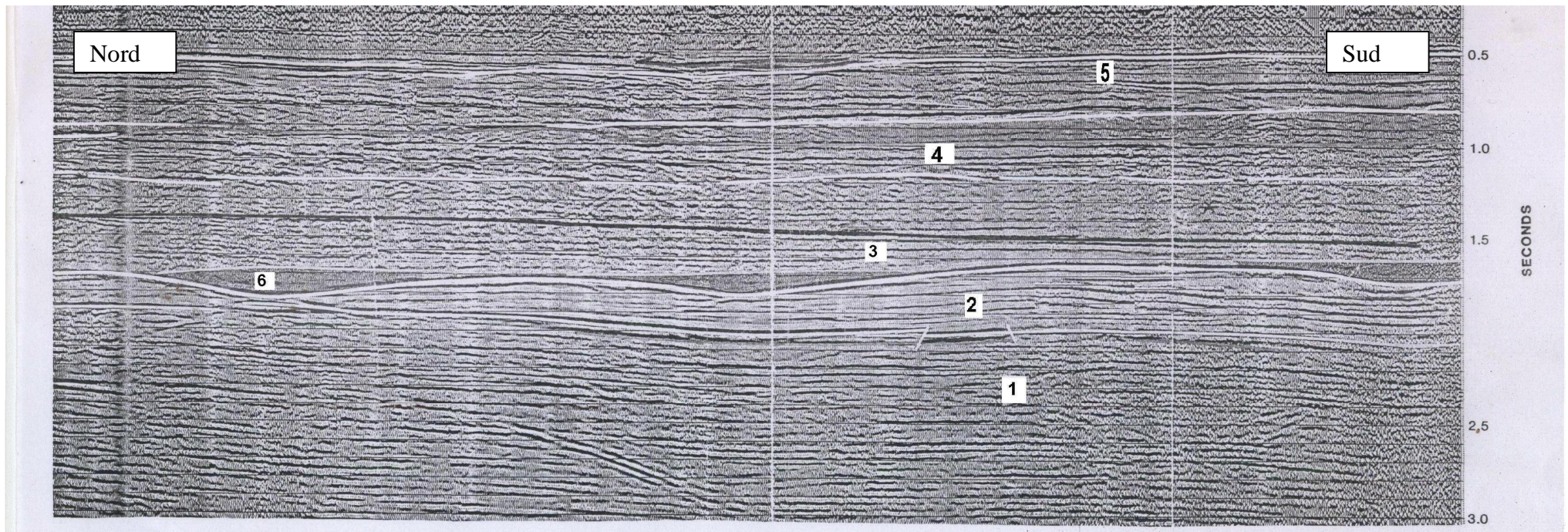


Figure 42 : Ligne sismique 2

INTERPRETATIONS

4 Interprétations des données

4.1 Stratigraphie

A partir des données paléomagnétiques qui datent les accrétiens océaniques du bassin de Somalie et celui de Mozambique, les âges des séries contemporaines à la dérive Sud Est de Madagascar se situent entre 165Ma et 100 Ma correspondant aux anomalies magnétiques M25 et M0 datées respectivement du Bathonien Supérieur à l'Albien.

Dans notre zone d'étude, les premiers dépôts considérés sont constitués par des alternances de marnes et de grès de faible profondeur. Les séries carbonatées ne pouvant pas se développer à cause des turbidités du milieu de dépôt.

Les échantillonnages prélevés dans la zone d'étude ont été répartis sur cinq coupes. Il va sans dire que les séries correspondant à ces coupes sont constituées par des apports à prédominance terrigène. Les échantillons n'ont pu être datés qu'à partir du Portlandien.

Dans partie septentrionale de la zone d'étude, les séries ont livré plus de microfossiles que celles du Sud où les dépôts se seraient effectués en milieu plus proximal.

Ont pu être datées uniquement les coupes I à III qui ont livré des Foraminifères à prédominance de *Lagenidae* et de Nannofossiles calcaires.

En effet, les associations de Foraminifères et de Nannofossiles calcaires ont permis de dater les coupes de la zone Nord du Valanginien à l'Hauterivien et celle de la partie Sud du Portlandien, les séries ante-Portlandien n'ayant pas donné de forme.

Du point de vue sédimentologique, la présence de glauconie et de Bélemnite indique un milieu de dépôt de mer ouverte ou néritique externe. Les Ammonites pyriteux quant à eux, propres à des zones d'abandon de sédimentation caractéristiques de série condensée en régime transgressif.

Les données de terrain laissent supposer que le Jurassique s'est déposé en milieu plus proximal que le Crétacé dans la zone d'étude.

Les glauconies, abondantes au Crétacé Inférieur indiquent une mer chaude, profonde de 50 à 500m. Le milieu de dépôt néritique externe défini par les associations faunistiques se placeraient ainsi en bordure du talus continental à l'excès.

Quand il y a formation de gypse, nous sommes tentés à penser à un milieu lagunaire restreint favorable au dépôt d'évaporite.

Cela n'est pas possible dans notre cas, car tous les arguments recueillis optent pour une mer ouverte, néritique externe.

Ainsi, nous interpréterions les gypses qui sont concentrés au sommet des coupes de la zone septentrionale comme des gypses néoformés par des principes chimiques au cours de la diagenèse des roches où le carbonate de calcium s'est transformé en sulfate de calcium.

Relatif aux séries gréseuses qui sont rencontrées dans la zone d'étude, il s'agit d'éventails empruntant en général les accidents tectoniques préexistants qui sont des zones de moindre résistance qui occuperaient les bras de fleuves. Ces éventails sont alimentés par des apports terrigènes venant du socle et/ou constitués par les remaniements des séries du Karoo.

Ils viendraient se déposer en milieux marins ouverts favorables pour la prolifération des Bélemnites (Coupe II). Ils échoueraient dans les séries marneuses de décantation dans la zone où la dissolution de carbonate ne se fait pas encore.

Tout cela indique que le dépôt des séries contemporaines à la dérive Sud-Est de Madagascar ne s'étend pas au-delà du talus continental dans notre zone d'étude.

4.2.1 Analyse de cartes de réseaux hydrographiques



Les cours d'eau de la figure 43 suivent les lignes de plus grande pente pour se déverser vers la mer. Donc, soit ils suivent les lignes de faibles valeurs topographiques, soit ils suivent les lignes d'accidents qui sont de moindres résistances. Dans notre cas, on peut dire que ces cours d'eau (rivières et fleuves) suivent des lignes d'accidents car les fleuves et rivières sont plus ou moins rectilignes et ont des directions communes à chaque secteur, et de plus, ces directions sont suivies par les dykes qui sont évidemment des remplissages de failles et de cassures.

Ainsi, nous pouvons dire qu'en surface trois directions sont prépondérantes, **NNW – SSE, NNE – SSW et E – W à WNW – ESE**.

La première direction NNW – SSE, est celle de la famille des failles de Bemaraha. Au Nord, les failles influencent les réseaux dendritiques du Tsiribihina et de la Sakeny. Dans le Sud, ces failles sont beaucoup plus présentes car elles influencent les rivières *Maharivo*, *Maintapaka*, *Lampaolo*, *Kirindy* et la partie Ouest du Mangoky. Les dykes, au Nord, suivent cette direction NNW – SSE.

Cette direction est représentée aux environs de la Tsiribihina par la faille de Bemaraha qui se place parallèlement à celle de Ranotsara. Elle influence la sédimentation au Bajocien-Bathonien qui, au Nord, est carbonatée ; tandis qu'au Sud, elle est de faciès mixte à composante détritique.

La seconde NNE – SSW, est celle de la direction de l'Ilova. Dans la région d'étude, elle est la direction de quelques réseaux dendritiques, mais, mis à part le Mangoky à l'Est, les rivières n'adoptent pas cette direction. Les dykes ne suivent pas non plus cette direction. On peut en conclure que les réseaux de failles de l'Ilova ne sont pas dominants en surface dans la zone d'étude.

Cette direction représente donc les réseaux de failles de l'Ilovo et de la Sikily en surface, surtout représentée dans le Sud de la zone d'étude. Les failles de la Sikily mettent en contact le Jurassique Moyen et Supérieur dans le Sud du bassin.

La troisième est la direction E – W à WNW – ESE. La majeure partie des cours d'eau du centre de la zone d'étude suit cette direction, et ils sont très rectilignes en suivant les lignes d'accidents de moindre résistance : Tomitsy, Morondava, Kabatomena, Andranomena, Tandity et leurs réseaux. Les dykes du centre du bassin démontrent bien la présence de cette direction car, pareillement aux cours d'eau, ces roches effusives remplissent les accidents

tectoniques. Ces remarques nous permettent de dire que la direction WNW – ESE est très dominante en surface dans la zone d'étude.

Ils n'affectent pas beaucoup la structure du Jurassique – Crétacé Inférieur mais perturbent seulement l'acquisition des lignes sismiques d'étude.

4.2.2 Les directions structurales

A partir de l'image satellite. Les failles du Post Karoo de la figure 46 ont trois directions principales :

Du Nord au parallèle X=620, nous avons des failles de directions N 135° à N 150°

Entre Y=260, X=620 et X=640, les failles ont des directions N 105° à N 110°

A partir de X=620 vers le Sud les failles sont de directions N 10° à N 20°

Comme nous l'avons fait précédemment, nous allons classier ces failles en superposant la carte géologique 1/500000.

A. Initiation de la dérive de Madagascar

-Direction N135° à N 150°

Cette direction est individualisée par la faille de Bemaraha, reactivation des accidents du socle de Vohimena et de Ranotsara. Un bras de la mer Thétis est entré dans le bassin de Morondava au Toarcien (KENT, 1971).

Au Bajocien, la mer inonde totalement la partie Nord de la zone d'étude, cette entrée de la mer s'est réalisée au NW suivant la direction du faisceau de failles de Bemaraha et permettant l'installation de la plate –forme carbonaté au NNE qui est une zone très stable. Au Sud de la faille, la plate – forme devient plus instable et se développe des faciès mixtes à composante détritique.

Dans notre image satellite, cette faille se présente par des réseaux d'accidents discontinus de direction N135° à N 150° (voir figure 44).

- Direction N 10° à N 20°

Cette direction est matérialisée par les réseaux de failles de l'Ilovo qui constituent la faille bordière Jurassique- Karoo, elles affectent principalement le Jurassique Moyen et sont les rejeux de faille du rift toarcien. Ce réseau a contrôlé l'accrétion de la plate-forme deltaïque du Dogger dénommé Isalo III par Bésairie et Collignon.

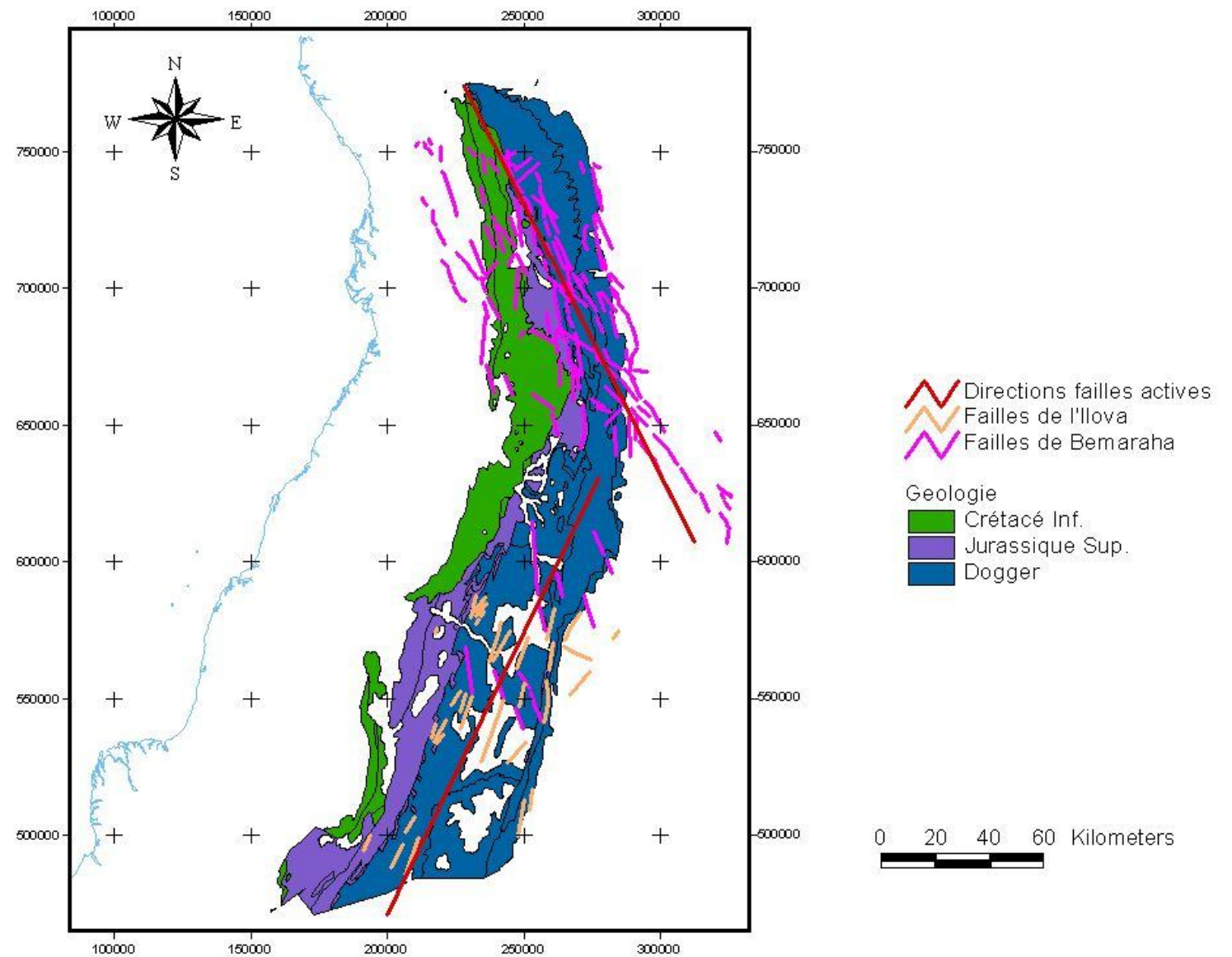


Figure 44: Failles Bemaraha et Ilova

B. Dérive de Madagascar

- Direction N10° à N20°

La seconde famille de failles de directions N 10° à N 20°, sont ceux des failles syn – jurassique se trouvant au Sud de la parallèle X=620. Elles affectent principalement le Jurassique Supérieur. Ce sont les failles de la Sikily, des failles syn – sédimentaires. Nous notons que ces failles sont toujours des rejeux des failles du rift Toarcien (Ramahavory, 1993) (Figure 45).

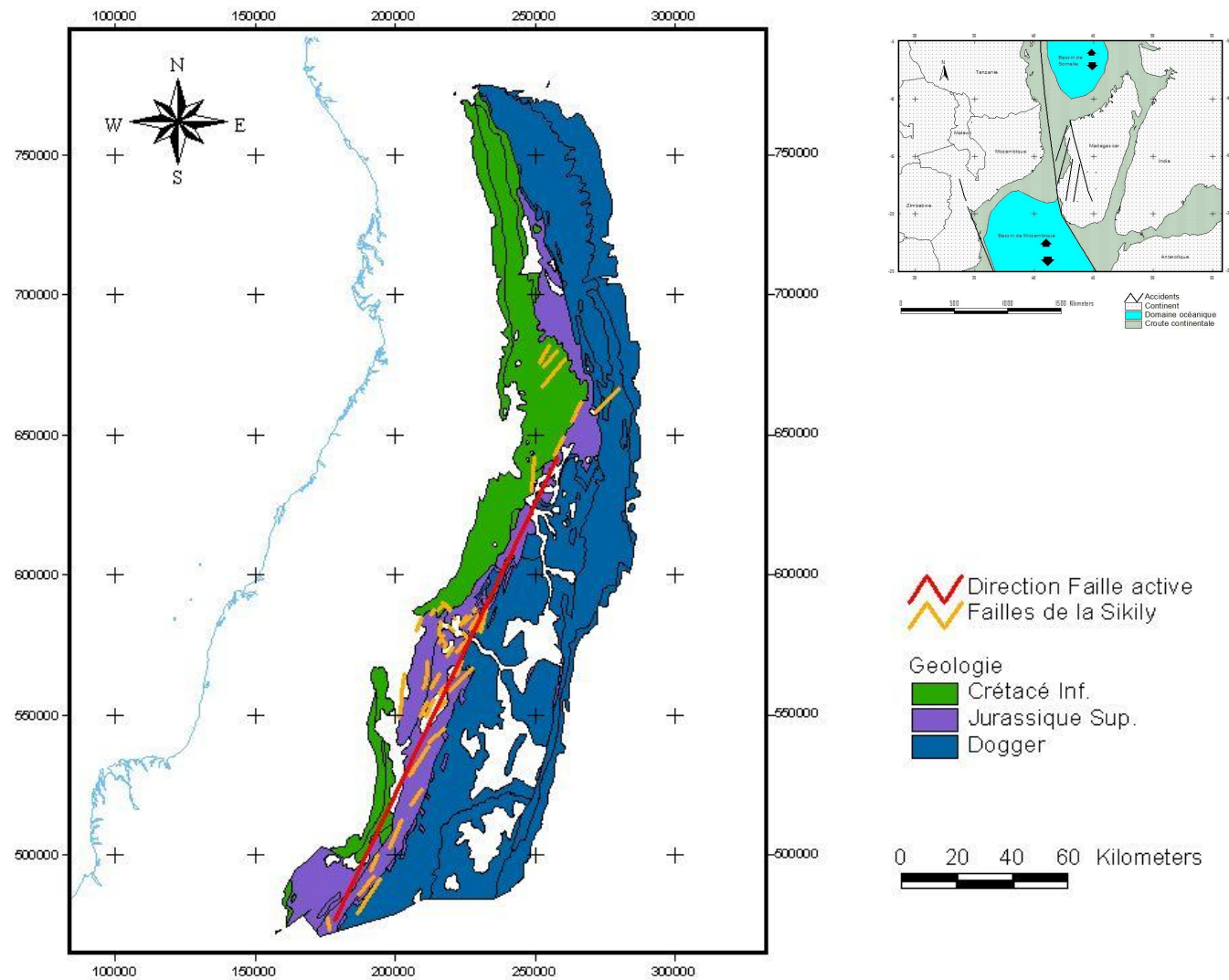


Figure 45: Les failles actives pendant la dérive de Madagascar

C. Fin de la dérive de Madagascar

- Direction N 90° à N 110°

Ces failles, orientées de WNW- ESE correspondent à des rejeux d'accidents du socle actifs principalement à l'Apté –Albo-Cénomaniens conséquence de l'étirement de la croûte continentale alors que Madagascar ait atteint sa position actuelle alors que le bloc Gondwana Est commence à s'écarter.

En effet, A ce moment s'arrête l'accrétion océanique dans le bassin de Somalie, le bassin de Mozambique quant à lui a continué son accrétion de direction subméridienne, créant l'ouverture de. D'autant plus que ces jeux de vitesses ont entraîné un mouvement de subsidence et de basculement permettant l'érosion massive des séries Jurassiques (figure 46) (Ramahavory, 1993).

Ainsi, ces fentes de tensions sont injectées par les filons doléritiques.

La carte tectonique de la zone d'étude réalisée à partir de l'observation des images satellites et des travaux montrant les dykes accompagnée d'une rosace directionnelle (figure 47).

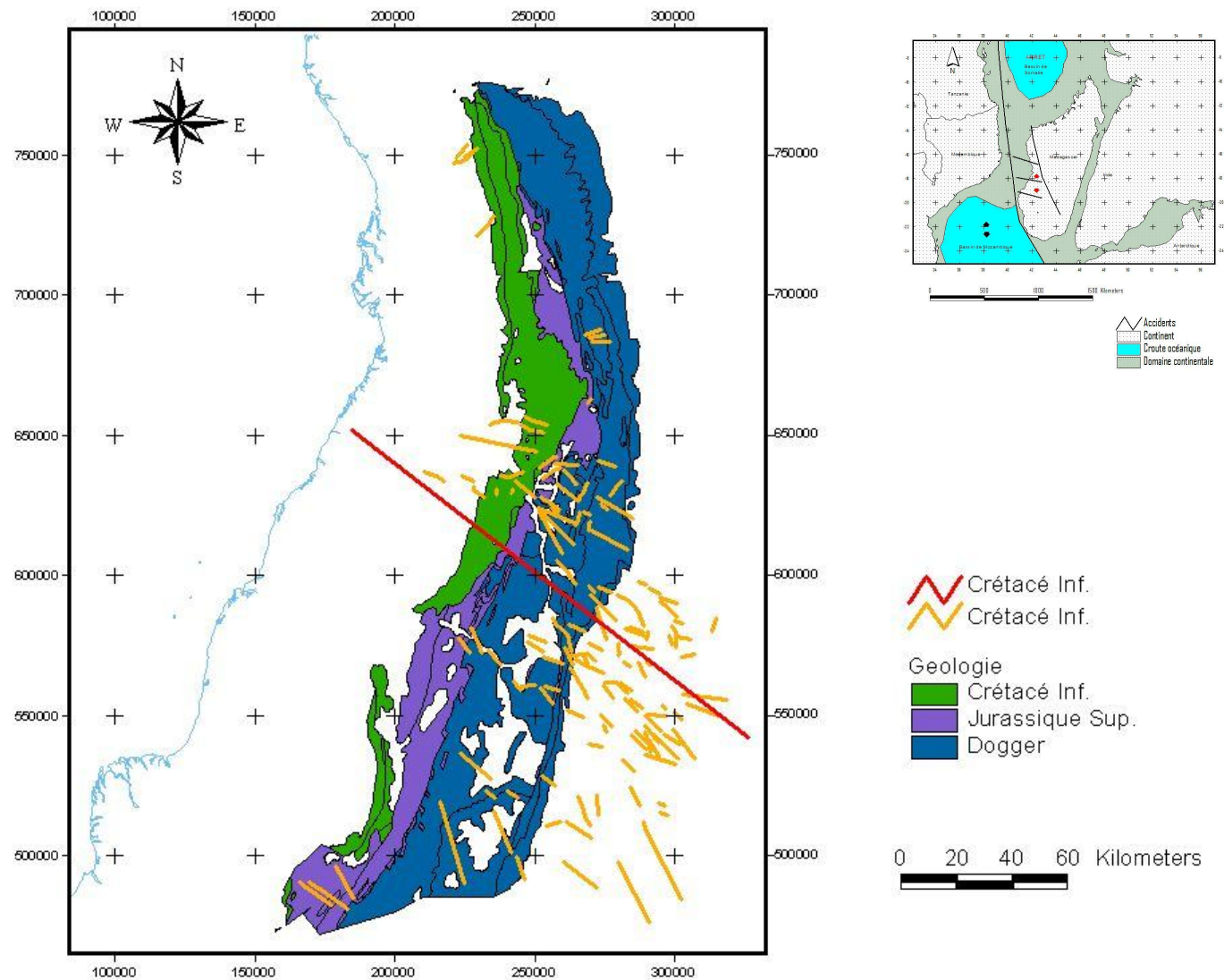


Figure 46: Les directions marquant la fin de la dérive de Madagascar

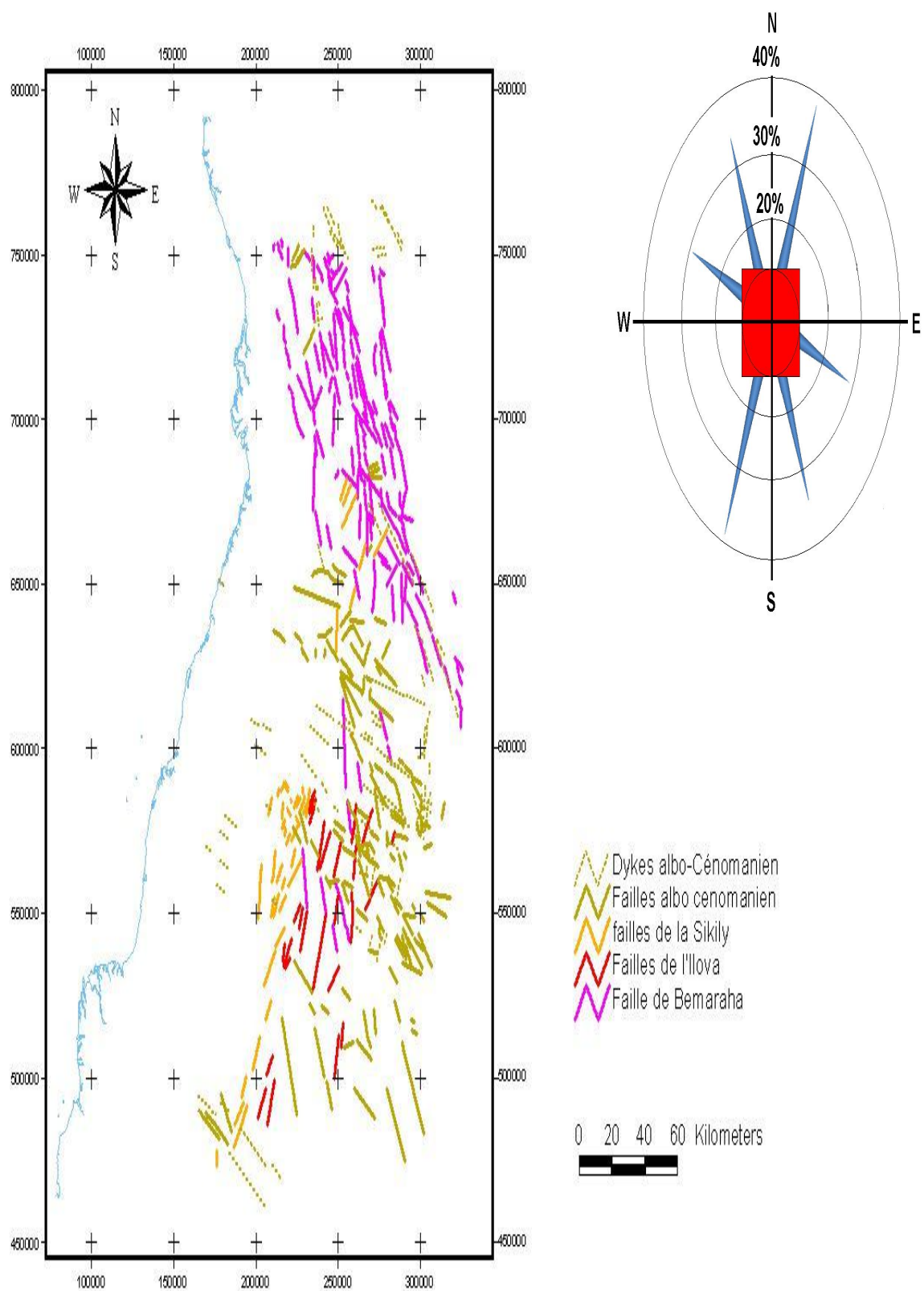


Figure 47 : Carte tectonique de la zone d'étude

4.3 Structure des séries Jurassique – Crétacé Inférieur en subsurface

Cette partie est réservée pour l'interprétation des lignes sismiques dont l'acquisition a été basée sur les données géologiques et aussi sur les schémas structuraux définis par des méthodes potentielles (gravimétrie, magnétisme et par sismique réflexion).

Pour illustrer ce mémoire, cinq lignes ont été interprétées dont 3 sont orientées E- W et 2 orientées N- S

Le calage a été établi à partir des cartes géologiques (1/250 000) et des affleurements. Le toit du Karoo est marqué en **rouge**, du Toarcien en **bleu**, le Jurassique Moyen en **orange**, le Jurassique Supérieur en **noir**, le Crétacé Inférieur en **grenat**, et le Crétacé Moyen en **jaune**.

4.3.1 Coupes sismiques de direction E-W

- Ligne sismique A

Cette ligne sismique de la figure 48 se trouve au Nord de la zone d'étude juste au-dessus de la Tsiribihina.

Le Karoo se présente sous forme de blocs affectés par des failles probablement à regard NW. Ces blocs sont faiblement basculés en raison de leur emplacement se trouvant au plus près du socle.

Le Lias Supérieur, de moindre épaisseur et en partie érodé, moule les panneaux du Karoo et est en discordance au-dessus de ceux-ci, les failles affectant le Karoo l'ont aussi traversé. Ces failles ont été rejouées à cette époque (rift Toarcien). Les réflecteurs du Toarcien se démarquent du Karoo, ils sont beaucoup plus énergiques caractéristiques des dépôts argileux et salifères.

Les séries du Jurassique Moyen (Bajocien-Bathonien) reposent en discordance sur le Toarcien et sont en downlaps. Le Jurassique Moyen n'est pas affecté par des accidents, cependant on note un léger amincissement à l'aplomb des blocs du Karoo (zone d'activité d'accidents tardifs). En général, sur la ligne sismique, le Jurassique Moyen est représenté par des réflecteurs énergiques parallèles représentant des calcaires (cette constatation est en corrélation avec les données de forage du puits Manambolo). Ce faciès calcaire et le mode de dépôt montrent la présence d'une mer ouverte peu profonde favorisant la production carbonatée. Le secteur considéré a été envahi totalement par la mer pendant le Bajocien-

Bathonien. Ces dépôts montrent bien les caractéristiques de la plate-forme carbonatée du Jurassique Moyen en subsurface.

Le Jurassique (Callovien-Oxfordien-Portlandien-Kimmeridgien) ne peut être différencié sur cette coupe. La limite du Jurassique Supérieur a été tirée à partir des données de forages et dont le toit est représenté sur la figure par le marqueur noir. Les réflecteurs sont discontinus et peu énergiques. La puissance des couches du Jurassique Supérieur est constante le long de la ligne sismique. Ces réflecteurs montrent la présence des sédiments à prédominance marneuse avec quelques intercalations de grès et de calcaires.

A partir du Callovien, la plate forme carbonatée est réduite et le domaine bassinale s'est installé d'où la présence des marnes.

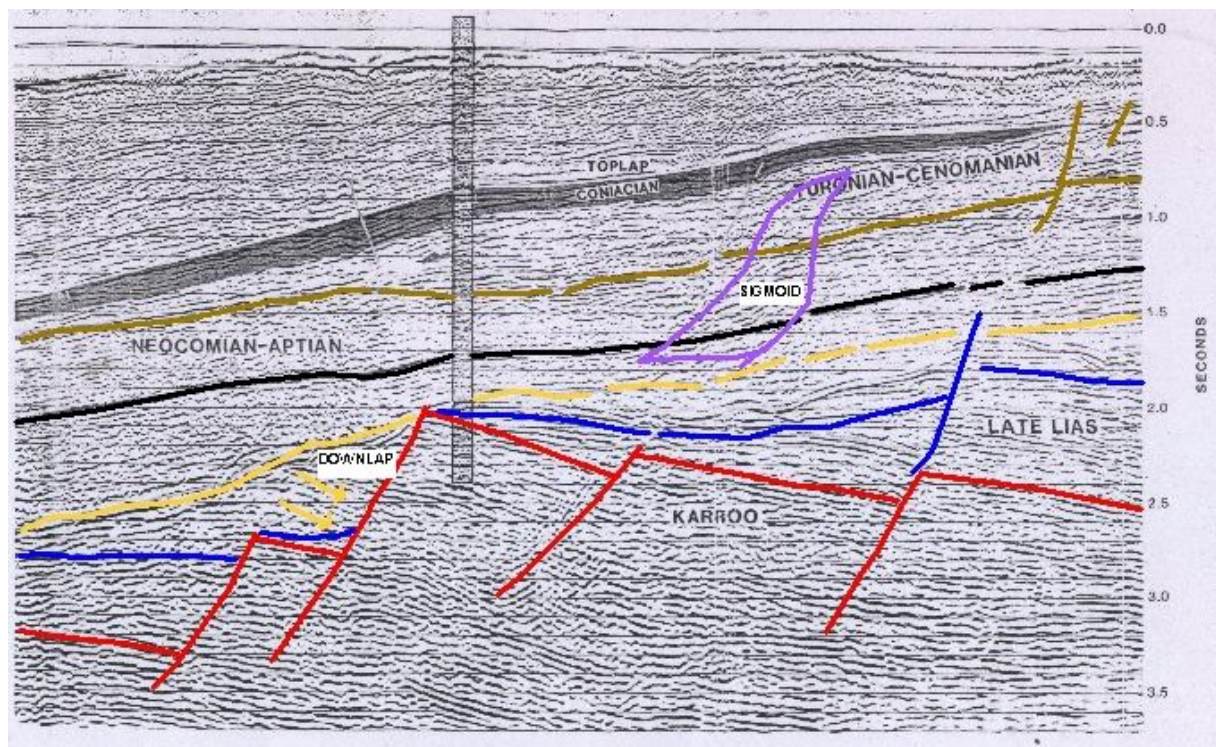
Le Crétacé Inférieur se repose juste au dessus du Jurassique Supérieur et semble être sa continuité car leurs réflecteurs donnent les mêmes réponses. En conséquence, la lithologie du Crétacé Inférieur de cette zone est formée par des marnes. D'autant plus que, cette ligne se trouve au Nord de la zone d'étude et les « marnes à Duvalia » en font partie.

Du point de vue tectonique, une structure sigmoïde se remarque au milieu de la ligne sismique. Cette structure se présente quand la ligne traverse un ancien delta, en effet ce delta s'est formé en période transgressif, la mer a refoulé et remonté les sédiments marin devant elle, ainsi les courants d'eau dont le niveau de base a été relevé n'érodent plus que les parties en amont, les sédiments sont presque entièrement marins. Si un forage serait implanté au niveau de ce delta, nous aurons un gradoclassement à séquence positive

OUEST

Puits de forage

EST



- Toit du Crétacé Moyen
- Toit du Crétacé Inférieur
- Toit du Jurassique Supérieur
- Toit du Jurassique Moyen
- Toit du Toarcien
- Toit du Karoo

0 1 km

Figure 48: Coupe sismique A

- Ligne sismique B

Cette ligne sismique de la figure 49 se trouve aussi au Nord de la zone d'étude et met en évidence la plate-forme carbonatée de Bemaraha en subsurface. Comme pour la ligne sismique A, le Toarcien et le Karoo représentent la base de cette ligne.

Le toit du Jurassique Moyen, représente ici le Bajocien-Bathonien et est en onlap et en discordance sur le Toarcien. A première vue, les réflecteurs du Jurassique Moyen sont épais, énergiques et très parallèles. Sans doute, il s'agit des caractéristiques de formations calcaires. Au Bajocien, la mer pénétrant dans le bassin de Morondava à partir du NNW suivant la faille de Bemaraha envahit totalement la région du même nom, et forme une plate-forme relativement stable permettant le développement des calcaires. A l'Est de la coupe, la direction des sédiments du Jurassique Moyen marque une plate-forme subsidente dont la direction est parallèle au socle (il est à noter que le Karoo suit la direction des blocs du socle). Du point de vue tectonique le Jurassique Moyen de cette ligne n'est pas affecté par des accidents, pas comme ceux qui se trouvent dans la zone bordière (failles de l'Ilova).

Le Jurassique Supérieur représentant le Callovien au Kimméridgien, marque une nouvelle forme de sédimentation, la plate-forme carbonatée devient très réduite et le domaine marin s'installe, cette ligne ne montre pas les accidents syn-Jurassique Supérieur (Failles de Sikily). Ces sédiments sont en discordance et en onlap sur le Jurassique Moyen. Les réflecteurs ne sont pas de bonne qualité ayant la propriété d'un ensemble marno-calcaire.

Le Crétacé Inférieur-Aptien, sur cette ligne, montre des réflecteurs semblables au Jurassique Supérieur ; ils se présentent même comme leurs continuités à l'Est. Seul le calage par les forages a pu séparer le Crétacé Inférieur-Aptien du Jurassique Supérieur. A l'Est de la coupe, l'épaisseur du Crétacé Inférieur-Aptien est élevée mais diminue vers l'Ouest. Cela laisse à penser qu'il y a eu régression à cette date mais il présente toujours un faciès marin profond. Les réflecteurs de moyennes qualités représentent donc des marnes (« marnes à Duvalia »).

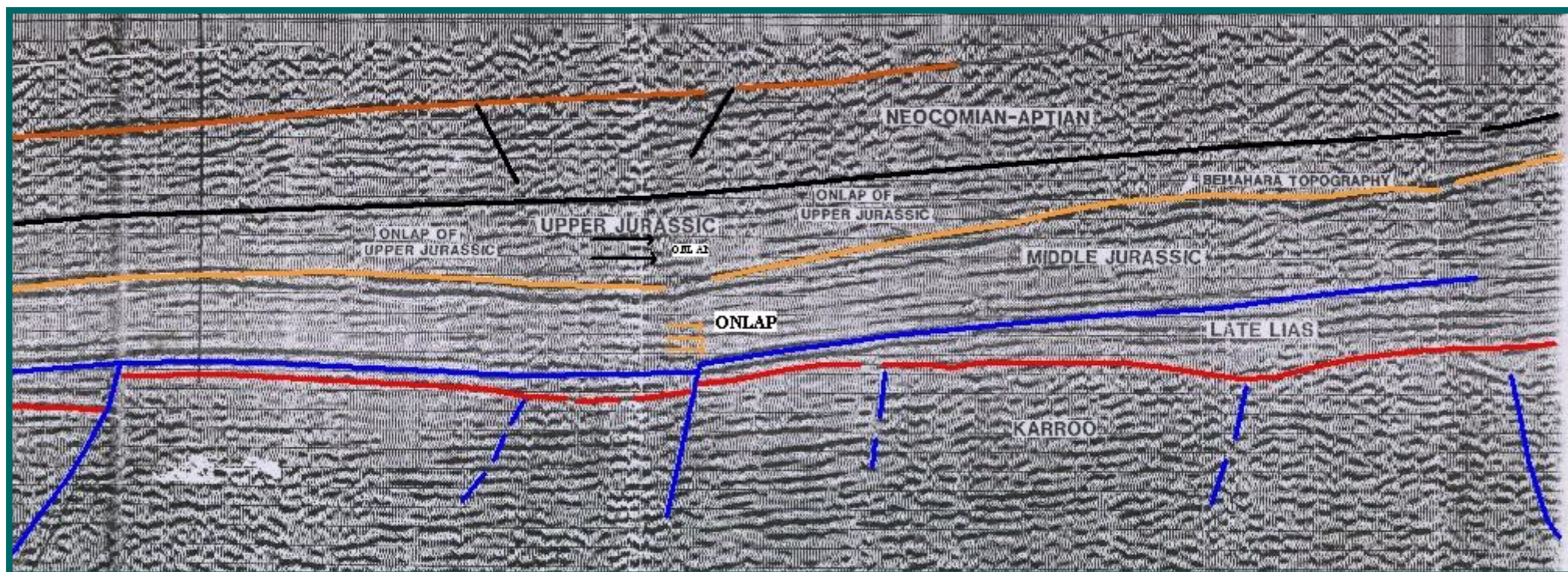


Figure 49 : Coupe sismique B

- Toit du Crétacé Moyen
- Toit du Crétacé Inférieur
- Toit du Jurassique Supérieur
- Toit du Jurassique Moyen
- Toit du Toarcien
- Toit du Karoo

- Ligne sismique C (Figure 50)

Deux zones se marquent positivement au niveau du Karoo et des séries sus-jacentes. L'une de ces zones coïncide avec l'anomalie magnétique profonde d'Amparehetsy et la seconde correspond au dôme magmatique de Manja. A l'Ouest, le profil montre la surrection en dômes des séries sédimentaires. L'ensemble étant repris par un décapage Albo-Cénomaniens, car ces dômes ont provoqué des intumescences importantes causant l'érosion des séries sédimentaires sous-jacentes.

Le Lias est en discordance sur le Karoo. Les réseaux de failles de l'Ilovo affectent le Lias dans la zone bordière. Le Lias est assujéti à des variations importantes d'épaisseur en fonction de la topographie du Karoo et montre un net amincissement à l'aplomb des têtes des panneaux.

Le Jurassique Moyen, c'est-à-dire l'ensemble Bajocien est caractérisé par des réflecteurs énergiques parallèles et le Bathonien est moins épais que le Bajocien. La stratigraphie a montré que les dépôts de bassin débuteraient à la fin de cette période dans la partie NW, tandis que les séries deltaïques terrigènes dominaient dans le Sud. Les réflecteurs du Bathonien sont peu continus par rapport à ceux du Bajocien ou le pôle carbonaté est important.

Du point de vue tectonique, le Dogger est affecté par des failles de directions NNE – SSW et NNW – SSE.

D'après ce profil sismique, les réseaux NNE – SSW se trouvant généralement à l'aplomb des accidents affectant le Karoo ont été rejoués jusqu'au Tertiaire. Ils sont individualisés par

- le faisceau de failles de l'Ilovo contrôlant l'accrétion de la plate-forme carbonatée du Jurassique Moyen au Nord, évoluant vers du faciès mixte aussi puissant vers le Sud. Ces accidents sont en relais avec ceux responsables du basculement du Karoo dans les zones bordières jurassiques ;

- le faisceau de failles de la Sikily, qui sont des accidents syn-Jurassique Supérieur, et qui s'annoient dans le Toarcien argileux ;

- le système de failles de Manja affectant le Tertiaire et s'amortissant dans le Toarcien.

Le passage du Dogger au Malm est mal défini, tout comme le passage du Portlandien au Crétacé Inférieur. Le Jurassique Supérieur présente une même lithologie et ses réflecteurs sont discontinus et peu énergiques. Tout ceci démontre qu'il s'agit d'ensembles grès-marnes.

Les failles de directions NNE – SSW et NNW – SSE affectent aussi le Jurassique Moyen. Ce profil montre bien que ces failles se place à l’aplomb des accidents profonds affectant le Karoo.

Sur cette ligne le Crétacé Inférieur est associé au Jurassique Supérieur.

4.3.2 Coupes sismiques de direction N-S

- Coupe sismique 1

Sur cette coupe sismique (Figure 51), le Toarcien repose en discordance sur le Karoo (marqueur rouge). Le Jurassique Moyen se présente sous forme de bande mince et est marqué par des réflecteurs parallèles représentant des calcaires.

Le Jurassique Supérieur est en « onlap » sur le Jurassique Moyen. L’épaisseur assez considérable du Jurassique Supérieur montre un environnement de sédimentation en mer profonde. Les réflecteurs sont de moyennes qualités, comprenant quelques parallèles. La lithologie correspondante serait un ensemble marno-calcaire.

Le Crétacé Inférieur est en concordance avec le Jurassique Supérieur (toit en noir) avec des réflecteurs plus ou moins identiques. Ceci marque l’approfondissement de la mer déjà amorcée au Jurassique Supérieur. Sur cette coupe, le toit du Crétacé Inférieur forme une dépression remplie par des sédiments de l’Albien-Aptien. Cette dépression peut être associée à l’existence d’une vallée assez large au Crétacé Inférieur.

Du point de vue tectonique, on peut dire qu’il y a eu subsidence intense à la fin du Crétacé Inférieur car les séries du Crétacé inférieur ont été érodés par la mer et permettant le dépôt des séries du Crétacé Moyen.

OUEST

EST

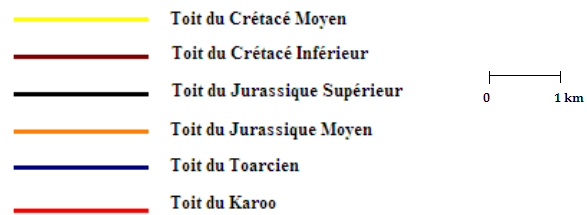
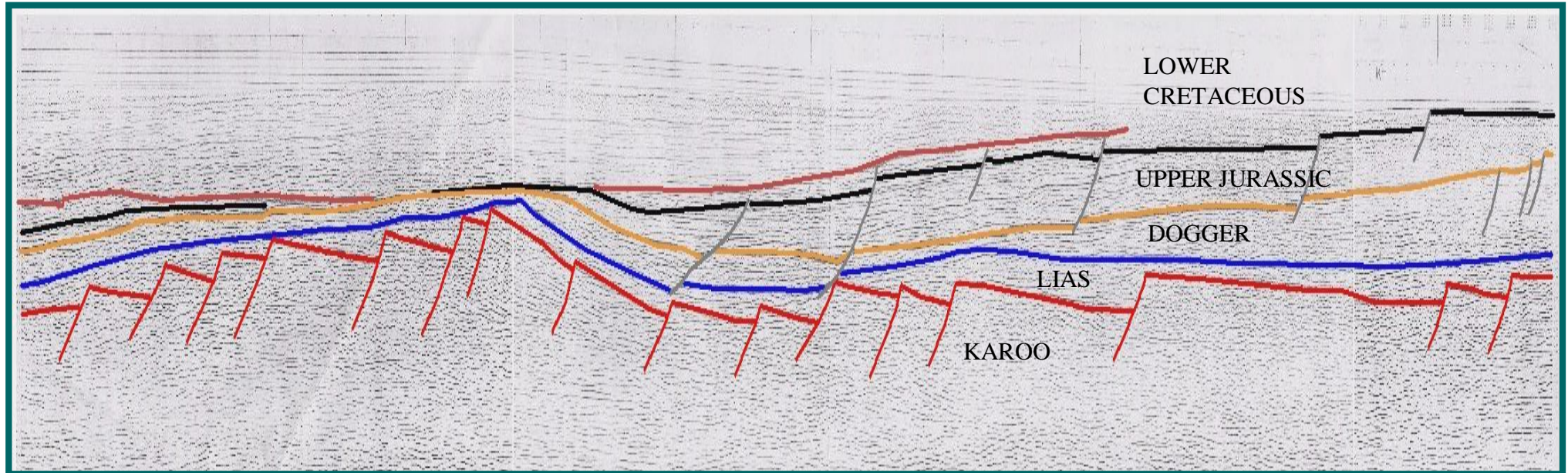
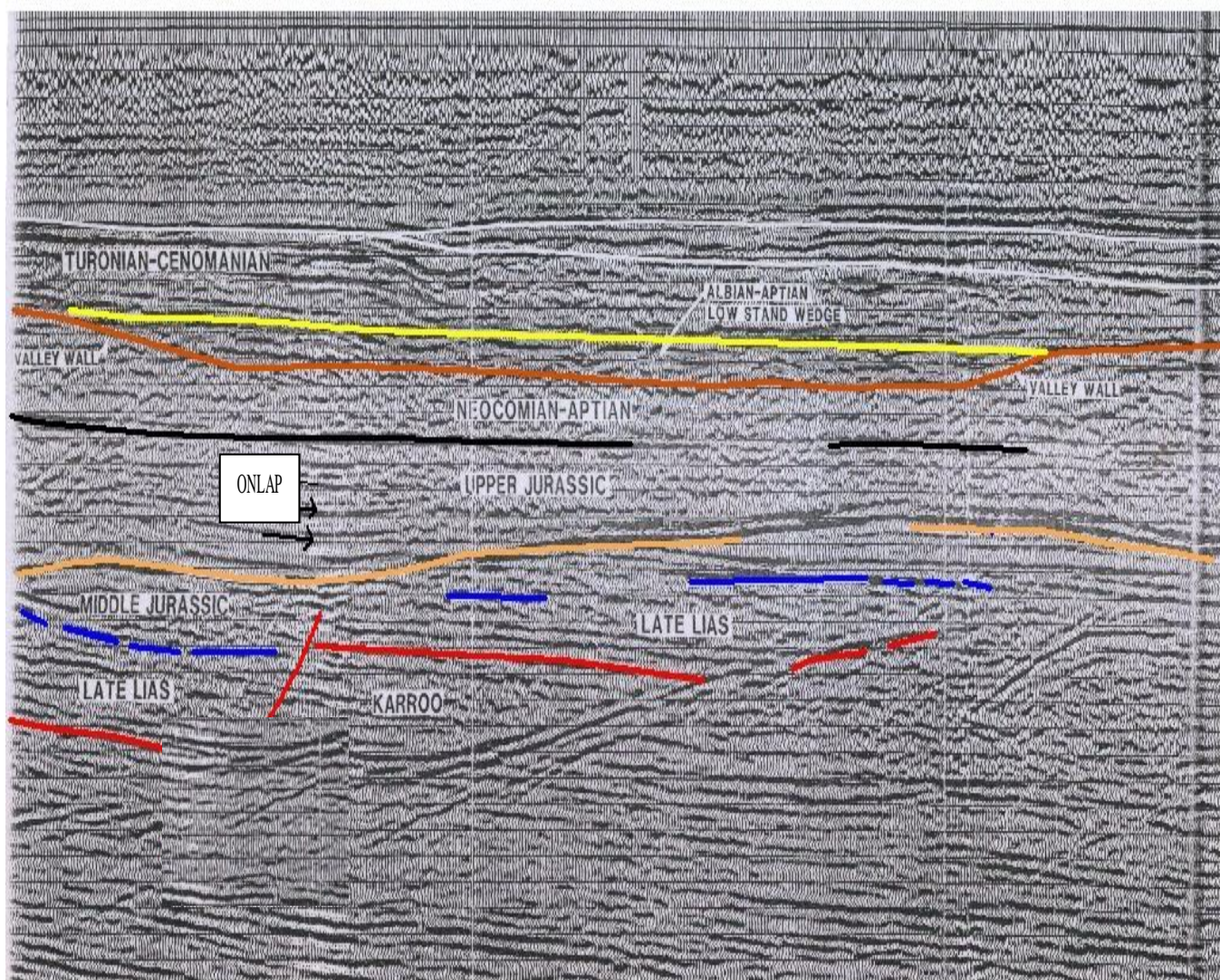


Figure 50 : Coupe sismique C



- Toit du Crétacé Moyen
- Toit du Crétacé Inférieur
- Toit du Jurassique Supérieur
- Toit du Jurassique Moyen
- Toit du Toarcien
- Toit du Karoo

0 1 km

Figure 51 : Coupe sismique 1

- Coupe sismique 2

Sur cette ligne de la figure 52, les réflecteurs du Karoo et du Toarcien ne dévoilent aucune différence.

Les réflecteurs du Jurassique Moyen représentent des calcaires. Le toit du Jurassique Moyen forme trois minces dépressions de directions Est-Ouest remplies par des dépôts Jurassique Supérieur. L'érosion au niveau du Jurassique Moyen est due probablement au rôle des failles normales de la Sikily très actives pendant le Jurassique (invisible sur cette ligne car de direction NNE- SSW), mais nous pouvons voir que ces érosions sont de moindre importance.

Le Jurassique Supérieur est représenté par deux formations différentes : au Sud de la ligne par des calcaires et au Nord par une série marneuse.

Le Crétacé Inférieur-Aptien est représenté par des marnes et son toit est caractérisé par une érosion intense. Il y a eu une subsidence à la fin du Crétacé Inférieur étant donné que sur cette ligne les dépôts sont comblés par les séries cénomaniennes.

4.3.3 Synthèse sur l'interprétation des lignes sismiques

Le Toarcien et le Karoo sont présents sur toutes les lignes sismiques et montrent les mêmes lithologies. Les blocs basculés du Karoo sont visibles sur les lignes sismiques Est-Ouest.

Sur les quelques lignes que nous avons interprétées, le Bajocien-Bathonien est représenté par des calcaires. Ces lignes se trouvent effectivement dans la partie Nord de la zone d'étude où l'invasion marine a été beaucoup plus concrète. Les réflecteurs représentant le Bajocien-Bathonien sont très énergiques et parallèles.

A partir du Callovien jusqu'au Kimméridgien, un environnement marin se développe avec l'approfondissement du bassin, tandis que l'environnement de dépôt est calme. Des ensembles marno-calcaires et des marnes gréseuses reflètent cet environnement marin profond et calme. Les réflecteurs sont de très bonne qualité, discontinus et peu énergiques dont quelques uns sont parallèles.

Au Crétacé Inférieur, l'approfondissement de la mer continue d'où la formation d'un ensemble marneux. Sur les lignes sismiques, la différenciation entre le Crétacé Inférieur et le Jurassique Supérieur est difficile car les réflecteurs sont de même qualité.

Du point de vue tectonique les séries sédimentaires sont affectées par des accidents importants et intéressants.

NORD

SUD

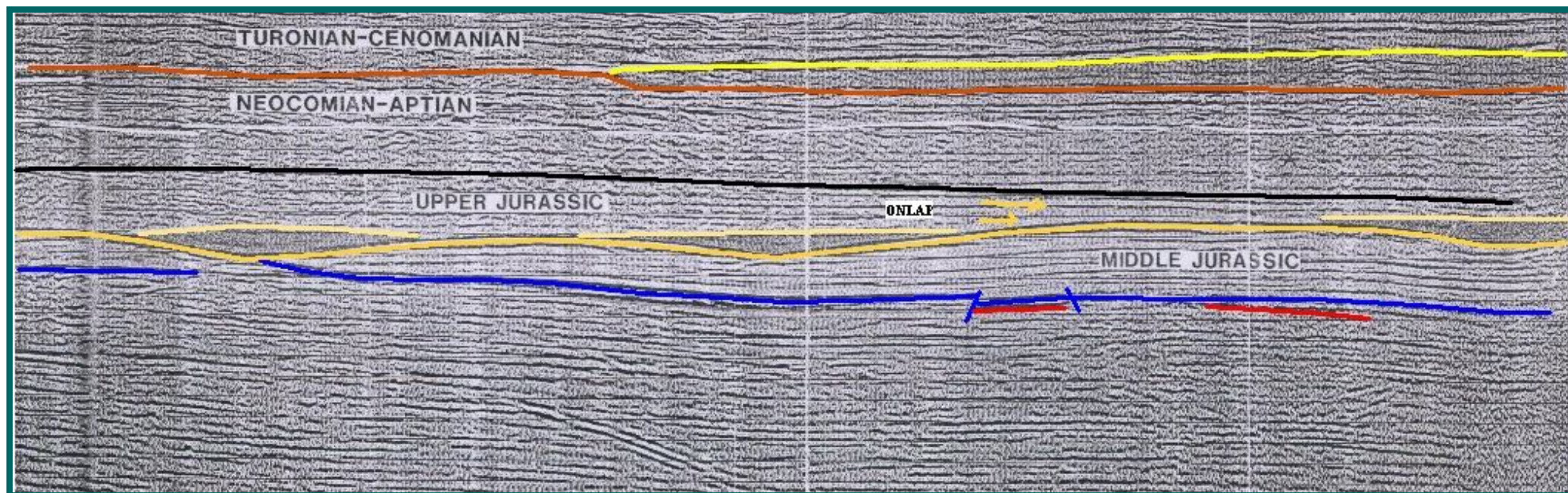
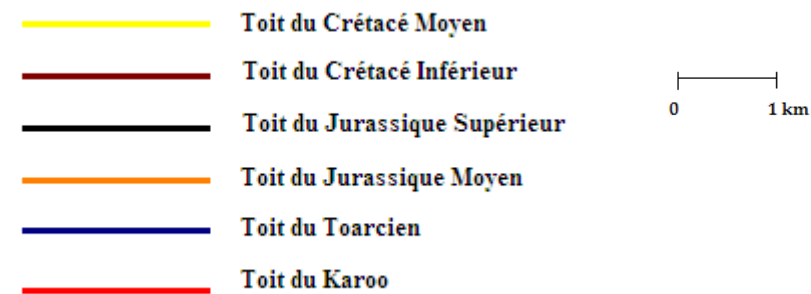


Figure 52: Coupe sismique 2



Le Karoo se présente généralement sous forme de blocs faillés, les failles sont généralement de direction NNE – SSW. Dans les lignes (1,2 et C) on remarque que les réflecteurs du Karoo montrent l'existence d'un mouvement de compression provoquant parfois des accidents entraînant la remontée des séries sédimentaires.

Tout d'abord le Toarcien est affecté par les mêmes accidents du Karoo (ligne A B C) et ces accidents ont même été rejoués à cette époque (ligne A et B) ainsi ses dépôts ont plus ou moins suivi les comportements des blocs du Karoo (ligne A).

Le Jurassique Moyen est moins affecté par des failles que le Karroo, les failles affectant cette série sont moins importantes. Nous pouvons voir sur la ligne C que les failles bordières d'âge Bajocien limitent à l'Est le Jurassique Moyen. Ce sont ces faisceaux de failles de l'Ilovo qui ont contrôlé l'accrétion de la plate-forme carbonatée. Le Jurassique Moyen est aussi affecté par les failles de la Sikily.

Le Jurassique Supérieur est affecté par les failles de la Sikily (syn-sédimentaire) qui s'amortissent sur le Toarcien.

Le Crétacé Inférieur est caractérisé par une érosion massive de ses dépôts (Ouest ligne sismique C, ligne 1 et 2) dû à une subsidence intense. Ces érosions sont comblées par des séries Albiens et Cénomaniens.

4.4 Contribution a l'exploration pétrolière

A partir des études géologiques interprétatives, nous allons soulever des aspects intéressants pétroliers des séries contemporaines à la dérive de Madagascar. En effet, un bassin est intéressant de point de vue pétrolier si ses éléments contribuent à la définition d'un système pétrolier, montrant des roches mères, roches réservoirs, couvertures, systèmes de piégeage, le mécanisme de maturation des matières organiques dans les roches mères et la migration ou chemin de migration des hydrocarbures à partir de la roche mère vers les réservoirs associés à des pièges.

4.4.1 Potentiel pétrolier des séries syn-dérive dans la zone d'étude

A partir des données disponibles et de leur interprétation études effectuées dans la région comprise entre les fleuves Manambolo et Mangoky, nous avons essayé de mettre en exergue le potentiel pétrolier les éléments géologiques susceptibles de contribuer à la formation de système pétrolier.

Nous référant aux conditions générales de dépôt, la dérive de Madagascar a provoqué logiquement l'ouverture de la mer donc et associée à une transgression marine générale. Les types de roches déposées sont des apports détritiques provenant de l'érosion de l'arrière pays drainés vers la mer.

A. Roches mères

Eu égard à la distribution de faciès, les séries de décantation prédominent dans cette région. Elles contiennent des *Foraminifères* à test calcaires, des associations de *Nannofossiles* calcaires, des Céphalopodes, définis par des *Ammonites* et Bélemnites rappelant des milieux de dépôt de mer ouverte. Les niveaux carbonatés correspondent à des intercalations de dépôts d'énergie relativement faibles et proximaux au cours de la dérive de Madagascar. Les niveaux gréseux à ciment carbonaté renfermant des Bélemnites correspondent à des deltas sous-marins de mer ouverte.

Ces séries forment les marnes jaunes d'Ankilizato, les marnes en affleurement et aussi par des ensembles argilo – marneux en subsurface dans les forages. Les gypses contenus dans les

marnes jaunes d'Ankilizato sont des néoformations.

Ces dépôts de décantation forment des séries condensées au large et constituent des roches mères potentielles. Des analyses géochimiques ont confirmé le potentiel de ces roches.

Les analyses géochimiques sur ces sédiments ont montré des teneurs en matières organiques allant jusqu'à 5 g/T de sédiments d'origine marine et continentale, valeur appréciable pour une bonne roche mère. Ces valeurs témoignent de l'existence d'huile et de gaz dans ce périmètre d'étude.

B. Roches réservoirs

En milieu relativement proximal bien qu'en mer ouverte les dépôts des éventails gréseux définissent des réservoirs. Ils sont peu développés dans cette série transgressive formée par des grès calcaires à Bélemnites en affleurements et rencontrés en faibles épaisseurs et sous formes de rares intercalations dans les forages.

Les carbonates sont très rares et concentrés généralement au Callovien –Oxfordien. Leur extension en subsurface n'a pas été définie.

Ainsi les séries contemporaines à la dérive présentent un potentiel en roches réservoir relativement faible.

C. Roche couverture

Argile définie en affleurement par des marnes à Duvalia (étude antérieure : Bésaire, H. 1972) jusqu'à la Tsiribihina et au Sud par une formation argilo marneuse, on constate dans les puits au Crétacé Inférieur quelques formations marneuses dans trois puits pouvant servir éventuellement de toit plus à l'Ouest en profondeur.

4.4.2 Piégeage

Deux types de pièges peuvent être rencontrés : les pièges structuraux et les pièges stratigraphiques.

Les pièges structuraux : Les contrôles tectoniques de la sédimentation dictent les

géométries de ces pièges. Ils sont ébauchés par la géophysique potentielle gravimétrie et magnétisme et mis en évidence par la sismique réflexion. Nous avons rencontré :

- des anticlinales de compensation, des structures synsédimentaires liées aux réactivations des failles NNE-SSW, constituées par les systèmes de failles de l'Ilovo, de Sikily et de Manja,
- des structures en fleur associées à la dérive, jouant sur les failles NNE-SSW et NNW-SSE sur les sédiments déjà mis en places.
- Les pièges stratigraphiques sont très subtils. Leur présence n'est pas à écarter, mais leur définition demande plus de technique plus subtile par la sismique réflexion. Ils sont constitués par des variations latérales de faciès.

Bien qu'étant des éléments nécessaires pour évaluer un système pétrolier, la maturation des matières organiques et la migration des hydrocarbures, résultats de modélisation géochimique n'ont pas fait l'objet de cette étude.

CONCLUSION

L'évolution tectono-sédimentaire des séries contemporaines à la dérive de Madagascar datées du Jurassique Moyen Supérieur au Crétacé Inférieur a été abordée à partir des données de subsurface, de surface, de photos satellites et d'études bibliographiques.

Les travaux effectués nous ont menés à la conclusion suivante :

Du point de vue stratigraphique

Biostratigraphie : Les échantillons ont bien montré la présence des microfaunes témoins d'un environnement de dépôt quasi-marin, mais aussi ont permis de bien dater les quelques coupes recueillies sur le terrain allant du Portlandien à l'Hauterivien.

Lithostratigraphie, à partir du Callovien au Crétacé Inférieur, les sédiments sont caractérisés principalement par des marnes et des argiles avec des éventails gréseux. Les premières occurrences de *Nannofossiles* calcaires et *Foraminifères* au Bathonien Supérieur, premier type de dépôt de bassin, correspondent à l'hypothèse du démarrage de la dérive de Madagascar à partir de l'Afrique de l'Est.

Du point de vue structural, trois directions de faisceaux de failles ont été remarquées, NNW – SSE, NNE – SSW et WNW – ESE. Ces failles sont toutes des accidents héritées du socle. Les deux premières directions sont les plus dominantes dans le secteur d'étude aussi bien en surface qu'en subsurface, la troisième quant à elle, s'impose dans le centre de la zone d'étude.

Les failles NNE – SSW sont les plus répandues (Ilovo, Sikily), les failles NNW – SSE sont beaucoup plus prépondérantes dans la partie Nord et les failles E – W à WNW – ESE sont des accidents très présents en surface au centre de la zone d'étude. Les dykes doléritiques et les cours d'eau du centre sont témoins de l'existence de ces accidents, et ils ont été rejoués à l'Aptien.

Géologie pétrolière : Les séries syn-dérives se sont déposées en régime transgressif. On a pu ainsi constater que les séries marno-calcaires se développent en affleurement, variant en séries argilo-marneuses en subsurface à partir du Jurassique Supérieur. Elles sont favorables comme roche mère et jouent aussi le rôle de couverture.

Le réservoir potentiel pourrait être les éventails gréseux qui se sont déposés en milieu relativement peu profond par rapport au bassin, mais en mer ouverte.

Les séries argileuses du Crétacé Inférieur peuvent servir de couverture

Et enfin, les contrôles tectoniques pendant la dérive ont favorisé la formation de systèmes de piégeage tels que les anticlinaux de compensation, associés aux failles syn-sédimentaires comme Sikily et Manja ; ainsi que les structures en fleur associées aux failles relativement tardives par rapport à la sédimentation en relation directe avec la dérive.

Les séries contemporaines à la dérive de Madagascar à partir de l'Afrique sont des roches mères de prédilection cependant des accumulations d'hydrocarbures sont possibles dans les réservoirs relativement proximaux associés à des pièges structuraux. Les différentes séquences argilo-marneuses agissent comme de bonnes couvertures.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSTEY N., BADLEY M. 1995** *Basic interpretation GP 501* International Human resources and développement Corporation, London, 182p, p 7 – 19
- BESAIRIE H., COLLIGNON, M. 1972** *Les terrains sédimentaires*. Ann. Géol. Madagascar, XXXV, Tananarive, 463p, p 272 – 277
- COFFIN, M., RABINOWITZ P., 1988**, *Evolution of the conjugate east african madagascar margins and the western Somali basin*. Bull of Geol.Soc.America, Special paper 2261, 77p, p11-23.
- CHOUTEAU, M., 2001**, *Géophysique appliquée II : Méthodes électriques, électromagnétiques et sismiques*. Ecole Polytechnique de Montréal, 142p, p 99-134.
- COLLIGNON M., 1962**, Echelle chronostratigraphique propose pour le domaine Indo-Africano-Malgache (Bathonien Moyen à Tithonique). *Coll.intrn. Jurassique* Luxembourg, p927- 931.
- De Wit, M.J., 2003**, *MADAGASCAR: Head It's a continent, Tails It's an Island* CIGCES, Geological Sciences, University of Cape Town, Rondebosch 7701, South Africa, , p 215-218.
- Du TOIT S. R., FRIEDENREICH G. R., RAMAHAVORY L., RAMANAMPISOA P., 1997** *East African Hydrocarbon Study: the hydrocarbon potential of Madagascar*, documents inédits, OMNIS, REPUBLIQUE DE MADAGASCAR
- ESPITALIE J., SIGAL J., 1963**, *Contribution à l'étude des Foraminifères du Jurassique Supérieur au Crétacé Inférieur du bassin de Majunga*, Annales géologiques de Madagascar, XXXXII, 100p
- KENT, 1971**, *The geology and geophysics of coastal Tanzania*. Geophysical paper, London, 6, 101p
- PEARCH-NIELSEN K., 1985**, *Mesozoic calcareous nannofossils*. In *Plankton Stratigraphy* (Bolli, H.M., Saunders, J.B.,Perch-Nielsen, K., Eds.), Cambridge University Press, p. 329-426
- PIQUE, A., 1996**, *Le rifting malgache*, Programme campus, Département des sciences de la terre, Université de Bretagne occidentale, 66p, p25-28.
- RABINOWITZ P. D., COFFIN, M. F., FALVEY, D., 1983** *The separation of Madagascar and Africa*, science P67 - 69
- RAJAOMAZAVA, F. 1991** *Etude de la subsidence du bassin de Morondava (Madagascar) dans le cadre de l'évolution géodynamique de la marge Est Africaine*. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier, 208p
- RAMAHAVORY LALAOHARIJAONA, R. 1993** *Evolution de la marge Ouest Malgache au Jurassique dans le bassin de Morondava entre les fleuves Tsiribihina et Mangoky*. Thèse de Doctorat. Université de Pierre et Marie Curie, Paris VI, 273p
- RAMAHAVORY LALAOHARIJAONA, R. 2004** *Crystalline basement of Madagascar, The sedimentary basins, Drifting of Madagascar*. Documents inédits, OMNIS, REPUBLIQUE DE MADAGASCAR
- RASOLOFOMANANTSOA, R. 2002** *Etude tectono – sédimentaire du bassin de Morondava, secteur entre Mangoky et Onilahy*. Mémoire d'Ingéniorat, Ecole Supérieure Polytechnique

d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, 59p

RAZAFIMBELO, E. 1987 *Le Bassin de Morondava (Madagascar), synthèse géologique et structurale* Thèse de docteur – ingénieur, Université Louis Pasteur, 256p

RAZANAJOVY, J. 1995 *Contribution à la palynologie des formations du Karoo Malgache par l'étude de deux forages AMBANASA et VOHIBASIA, partie Sud du bassin de Morondava, Madagascar* DEA en Sciences paléontologiques appliquées option : Palynologie. Faculté des sciences, Université d'Antananarivo, 59p

ROLIN, P. 1991 *Présence de décrochements précambriens dans le bouclier méridional de Madagascar : implications structurales et géodynamiques* C.R. Ac.Sc. Paris, 287, p109-112

SEGOUFIN, J. 1978 *Morphologie et structure du canal de Mozambique.* Thèse de Doctorat d'état, Université Louis Pasteur Strasbourg, 236p

SEGOUFIN, J. 1981 *Anomalies magnétiques mésozoïques dans le bassin de Mozambique.* C.R.Ac Sc Paris, 287p

SEGOUFIN J., PATRIAT P., 1980 *Existence d'anomalies mésozoïques dans le bassin de Somalie, Implications pour les relations Afrique-Antarctique-Madagascar,* C.R.Ac. Sc. Paris, 291p.

SISSINGH W., 1977, *Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton.* Geologic Mijnbouw, 56: 37-65.

Unité de politique pour le développement rural, Juin 2003 *Monographie de la région Menabe* M.A.E.P., REPUBLIQUE DE MADAGASCAR.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Cénozones d’Espitalié et Sigal (1963) sur les Foraminifères

Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxf. moyen	Kimm. inf.	Portl. sup.	Barr. inf.	Valang. sup.	Hauterivi- en	Barr. ?
A	B	C	D	E	F			
						<p>1 <i>Flabellamina compacta</i> (II, 13 et III, 1) 2 <i>Frankeina naroviensis</i> (III, 4 et 5) 3 <i>Epistomina elechankaensis</i> (XXXI, 1) 4 <i>Vaginulina</i> sp. 2032 (XX, 1 et 2) 5 " sp. 4194 (XX, 3) 6 " sp. 3321 (XX, 4) 7 <i>Marginulina dracunculiformis</i> (XVIII, 8 à 11) 8 <i>Astacolus</i> aff. <i>folium</i> (IV, 6 et 7) 9 <i>Lenticulina quenstedti</i> (IV, 8 à 14) 10 " <i>subulatiformis</i> (V, 7 et 8) 11 " <i>sculpta</i> (V, 9 à 11) 12 " <i>rdati</i> (VI, 1) 13 <i>Vaginulina ovata</i> (XX, 5) 14 " <i>triangula</i> (XX, 6 à 8) 15 <i>Eoguttulina</i> aff. <i>poligona</i> (XXX, 16) 16 <i>Neoflabellina</i> cf. <i>lanceolata</i> (XXVI, 1 à 3) 17 <i>Epistomina mosquensis</i> (XXXI, 2) 18 <i>Astacolus vacillantes</i> (IV, 15 et 16; V, 1 à 6) 19 <i>Citharina flexuosa</i> (XIX, 1 à 8; XXXV) 20 <i>Lenticulina fracta</i> (VI, 2 et 3) 21 <i>Astacolus eritheles</i> (VI, 4) 22 <i>Marginulina caelata</i> (XVIII, 12) 23 <i>Vaginulina mosquensis</i> (XX, 9) 24 " <i>antipomatus</i> (XX, 11) 25 <i>Saracenaria aculeata</i> (XXIII, 1 à 3) 26 <i>Epistomina antorolavaensis</i> (XXXVI, 4) 27 <i>Astacolus</i> aff. <i>insecta</i> (V, 12 à 14) 28 <i>Vaginulina</i> sp. 3254 (XX, 10) 29 <i>Astacolus debilis</i> (V, 16) 30 <i>Citharina</i> aff. <i>franki</i> (XIX, 11) 31 <i>Dentalina</i> aff. <i>ectadia</i> (XXIV, 6) 32 <i>Tristix antorolavaensis</i> (XXVIII, 12)</p>		
Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxf. moyen	Kimm. inf.	Portl. sup.	Barr. inf.	Valang. sup.	Hauterivi- en	Barr. ?
A	B	C	D	E	F			

Bath. Elève	Callovien inférieur	Oxfordien moyen	Kimmeridgien inf.	Portlandien ?	Barr. Valang. inf. sup.	Hauteriviensien inf. sup.	Barr. ?
A	B	C	D	E	F		
		-----				59 <i>Lenticulina catascopium</i> (VIII, 1)	
		-----				60 <i>Elabe lineella</i> sp. 124 (XXVI, 6)	
		-----				61 <i>Falsopalmula malakialanaensis</i> (XXVII, 7 à 9)	
		-----				62 <i>Textularia</i> sp. 4451 (III, 6 et XXXVI, 1)	
		-----				63 <i>Astacolus</i> sp. 3307 (VI, 5)	
		-----				64 <i>Planularia</i> sp. 3260 (VII, 8)	
		-----				65 <i>Dentalina</i> aff. <i>oppeli</i> (XXIV, 8)	
		-----				66 " sp. 3263 (XXIV, 9)	
		-----				67 <i>Rectoglandulina</i> sp. 2363 (XXX, 1)	
		-----				68 " sp. 4923 (XXX, 2 et 3)	
		-----				69 " sp. 4162 (XXX, 4)	
		-----				70 <i>Marginulina rete</i> (XVIII, 15 et 16)	
		-----				71 <i>Vaginulina varicosta</i> (XXI, 1 à 3)	
		-----				72 <i>Epistomina ventriosa</i> (XXXII, 3)	
		-----				73 <i>Gaudryina hawkinsi</i> (III, 7)	
		-----				74 <i>Tristix supajurassica</i> (XXIX, 3 et 4)	
		-----				75 <i>Vaginulina producta</i> (XXI, 4 à 6)	
		-----				76 <i>Saracenaria tsaramandrosoensis</i> (XXIV, 2 et 3)	
		-----				77 <i>Spirillina</i> sp. 124 (XXX, 21)	
		-----				78 <i>Epistomina mocquensis</i> var. <i>majungaensis</i> (XXXIII, 1)	
		-----				79 <i>Marazonella metaeformis</i> (IV, 2)	
		-----				80 <i>Lenticulina subtilis</i> var. 3260 (VI, 12)	
		-----				81 <i>Marginulinopsis</i> aff. <i>mjatjuka</i> (XVIII, 4 à 7)	
		-----				82 <i>Spirillina tenuissima</i> (XXX, 19 et 20)	
		-----				83 <i>Lenticulina besairiei</i> (VIII, 2 à 7)	
		-----				84 " <i>collignoni</i> (VIII, 8 ; IX, 1 à 14 ; XXXVI, 3)	
		-----				85 <i>Saracenaria pravoslavlevi</i> (XXIII, 4 à 7 ; XXIV, 1)	

Bath Elevé	Callovien inférieur	Oxf moyen inf.	Kimm. ?	Portl. inf. sup.	Barr. Valang. inf. sup.	Hauterivien	Barr. ?
A	B	C	D	E	F		
						<p>86 <i>Rectoglandulina tutkowskii</i> (XXX, 5 et 6)</p> <p>87 <i>Flabellamina patula</i> (III, 2 et 3)</p> <p>88 <i>Astaculus microdictyotus</i> (XX, 6 et 7)</p> <p>89 <i>Lenticulina bascitane</i> (XXI, 5 à 7)</p> <p>90 <i>Lenticulina bifurcilla</i> (XXI, 4)</p> <p>91 <i>Marginulinopsis embaensis</i> (XVIII, 3)</p> <p>92 <i>Marginulina graellissina</i> (XVIII, 17)</p> <p>93 <i>Vaginulina intumescens</i> var. <i>culter</i> (XX, 14 et 15)</p> <p>94 " <i>sparsicostata</i> (XXI, 9 à 11)</p> <p>95 <i>Citharina cristellarioides</i> (XXI, 12)</p> <p>96 <i>Lingulina praelonga</i> (XXVIII, 9)</p> <p>97 " <i>sp.</i> 3267 (XXVIII, 10 à 11)</p> <p>98 ? <i>Reophax</i> <i>sp.</i> 2019 (II, 2)</p> <p>99 <i>Ammobaculites</i> cf. <i>reophacoides</i> (I, 9 à 10)</p> <p>100 <i>Haplophragmoides</i> aff. <i>pacalis</i> (II, 7)</p> <p>101 <i>Ammobaculites</i> <i>sp.</i> 146 (I, 12)</p> <p>102 <i>Trochammina neocomiana</i> (IV, 3)</p> <p>103 <i>Vaginulina rudocostata</i> (XXI, 8)</p> <p>104 <i>Citharina</i> gr. <i>transversalis</i> (XXII, 6)</p> <p>105 <i>Ammobaculites</i> <i>sp.</i> 4274 (II, 2)</p> <p>106 <i>Haplophragmoides</i> <i>sp.</i> 4154 (II, 6)</p> <p>107 <i>Planularia</i> <i>sp.</i> 4167 (XII, 4)</p> <p>108 <i>Vaginulina</i> <i>sp.</i> 3309 (XX, 16)</p> <p>109 " <i>sp.</i> 2387 (XXI, 7)</p> <p>110 " <i>siliquaiformis</i> (XXII, 1 à 3)</p> <p>111 <i>Nodosaria marbariaensis</i> (XXV, 1)</p> <p>112 <i>Frondicularia</i> <i>sp.</i> 133 (XVI, 16)</p>	
Bath Elevé	Callovien inférieur	Oxf moyen inf.	Kimm. ?	Portl. inf. sup.	Barr. Valang. inf. sup.	Hauterivien	Barr. ?
A	B	C	D	E	F		

Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxf. moyen	Kimm. ?	Portl. inf. sup.	Barr. inf. sup.	Valang. inf. sup.	Hauterivien	Barr. ?
A	B	C	D	E	F			
						113 <i>Fronicularia barbatula</i> (XXVII, 1) 114 " <i>tsaramandrosoensis</i> (XXVII, 2 à 4) 115 " sp. 129 (XXVII, 5) 116 " sp. 2388 (XXVII, 7) 117 <i>Tristix</i> sp. 3310 (XXIX, 2) 118 " <i>explanata</i> (XXIX, 5 et 6) 119 <i>Reinholdella « rjaenensis »</i> (XXXII, 4 et 5) 120 <i>Ammobaculites</i> sp. 3267 (I, 13) 121 <i>Nodosaria</i> sp. 3267 (XXV, 2) 122 <i>Rectoglandulina brandi</i> (XXX, 7 et 8) 123 <i>Ammobaculites aequale</i> (I, 1 à 8) 124 <i>Haplophragmoides</i> sp. 4276 (II, 5) 125 <i>Neoflabellina</i> sp. 2381 (XXVI, 10) 126 <i>Marginulina pyramidalis</i> (XVIII, 18 et 19) 127 <i>Ammomarginulina inflata</i> (II, 3 et 4) 128 <i>Trochammia ragatti</i> (IV, 4) 129 <i>Citharina thoerensis</i> (XXII, 4 et 5) 130 <i>Lenticulina cf. pilicensis</i> (XIII, 1 et 2) 131 " cf. <i>secans</i> var. <i>angulosa</i> (XIII, 3) 132 " <i>maxconica</i> var. <i>malgachensis</i> (XII, 1 et 2) 133 " <i>ambanjabensis</i> (XII, 3, 5 et 6) 134 <i>Astacolus mutilatus</i> (XIII, 4 à 7) 135 <i>Lenticulina dineontos</i> (XIV, 1 à 3) 136 " <i>tsaramandrosoensis</i> (XIV, 4 à 6) 137 " <i>andromede</i> (XV, 2) 138 <i>Saracenaria compacta</i> (XXIV, 4 et 5) 139 <i>Fronicularia hexarcuata</i> (XXVII, 8)		
Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxf. moyen	Kimm. ?	Portl. inf. sup.	Barr. inf. sup.	Valang. inf. sup.	Hauterivien	Barr. ?
A	B	C	D	E	F			

Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxfordien moyen	Kimm. Portl. inf. ?	Barr. Valang. inf. sup.	Hauteriviensien inf. sup.	Barr. ?
A	B	C	D	E	F	
						140 <i>Fronicularia majungaensis</i> (XXVIII, 1) 141 " <i>aff. nodulosa</i> (XXVIII, 2) 142 <i>Ammobaculites cf. euides</i> (I, 14) 143 <i>Haplophragmoides aff. formosum</i> (II, 12) 144 " <i>excavata</i> var. <i>umbilicata</i> (II, 8 à 11) 145 <i>Palaeopolymorphina inflata</i> (XXIX, 18) 146 <i>Astacolus gibber</i> (XIII, 8 à 11) 147 <i>Lenticulina</i> sp. 2827 (XXIV, 7 et XV, 1) 148 " <i>ataktos</i> (XV, 3 et 4) 149 " <i>wisselmanni</i> var. <i>inchoata</i> (XV, 6 et XVI, 1) 150 <i>Astacolus</i> sp. 2376 (XVI, 2 et 3) 151 <i>Lenticulina nimbifera</i> (XVII, 3 et 4) 152 <i>Nodosaria</i> sp. 2380 (XXV, 3 et 4) 153 " sp. 2381 (XXV, 5 et 6) 154 <i>Fronicularia hexacarinata</i> (XXVIII, 3) 155 <i>Tristix structa</i> (XXIX, 7 et 8) 156 <i>Lenticulina heiermarini</i> (XV, 5) 157 " <i>eichenbergi</i> (XVI, 4 et 5) 158 " sp. 2378 (XVI, 6) 159 " <i>anghodes</i> (VI, 7 à 9) 160 <i>Astacolus explicatus</i> (XVII, 6 et 7) 161 <i>Marginulinopsis d'orbigny schreiteri</i> (XVII, 8 à 10 ; XVIII, 1) 162 <i>Hoplundina caracolla</i> (XXXII, 6) 163 <i>Epistomina alveata</i> (XXXIII, 2 et 3) 164 <i>Citharina</i> gr. <i>costulata</i> (XXII, 7) 165 " gr. <i>recta</i> var. <i>temuistriata</i> (XXII, 8) 166 " gr. <i>striolata</i> (XXII, 9 et 10)
Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxfordien moyen	Kimm. Portl. inf. ?	Barr. Valang. inf. sup.	Hauteriviensien inf. sup.	Barr. ?
A	B	C	D	E	F	

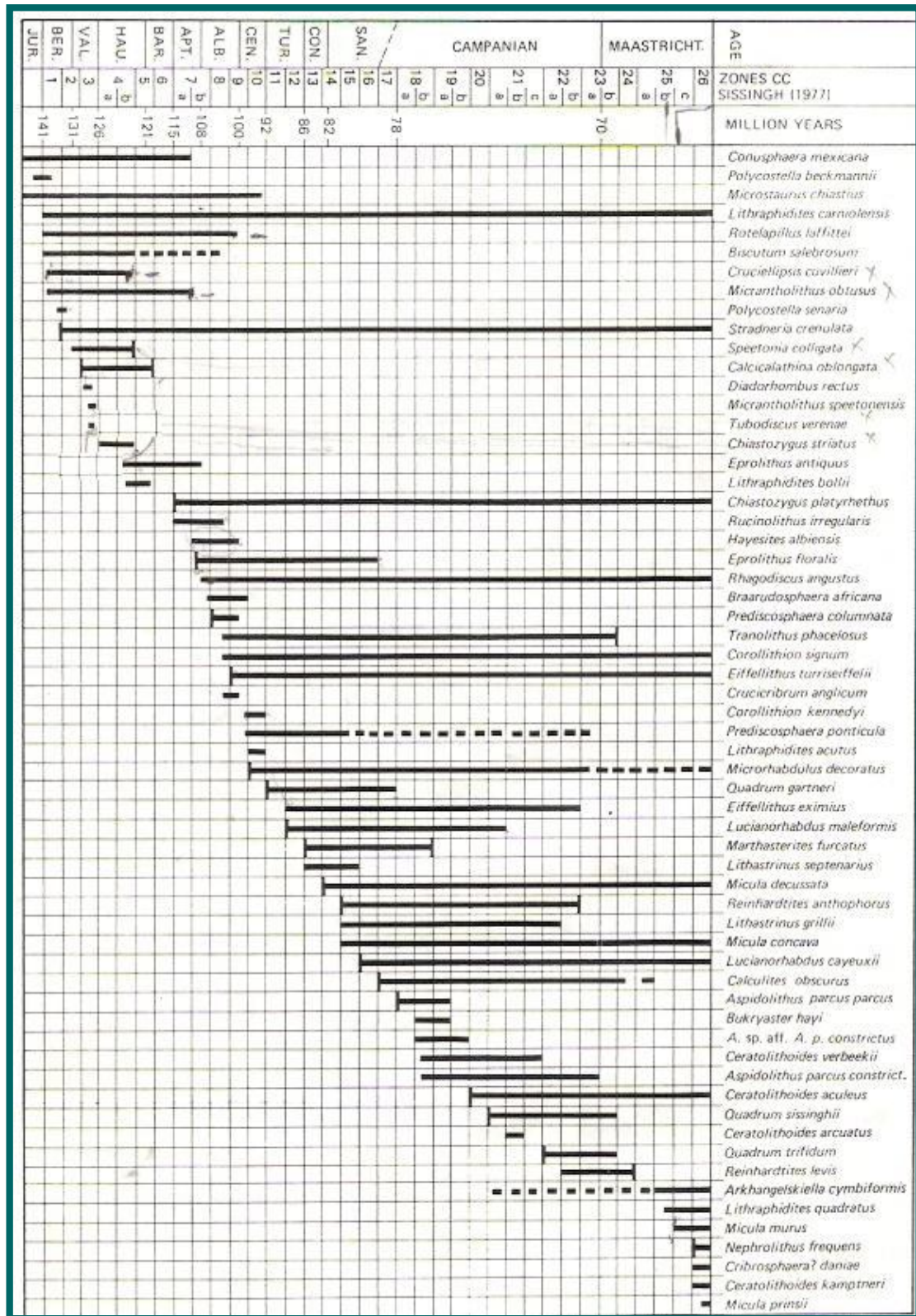
Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxfordien moyen	Kimmeridgien ?	Portien inf. sup.	Barr. Valang. inf. sup.	Hauteriviens	Barr. ?
A	B	C	D	E	F		
						167 <i>Citharina</i> sp. 2378 a (XXII, 11) 168 " sp. 2378 b (XXII, 12 et 13) 169 " sp. 2378 c (XXII, 16) 170 " sp. 139 (XXII, 17) 171 " sp. 2376 (XXII, 14) 172 <i>Vaginulina</i> aff. <i>pseudostriatula</i> (XXII, 15) 173 <i>Dentalina</i> <i>terquemi</i> ? (XXIV, 10) 174 <i>Fronicularia</i> sp. 2827 a (XXVIII, 4) 175 " sp. 2827 b (XXVIII, 5 à 7) 176 <i>Lenticulina</i> sp. 2376 a (XVII, 1) 177 " sp. 2376 b (XVII, 2) 178 " sp. 137 (XVII, 5) 179 <i>Marginulinopsis</i> sp. 2376 (XVIII, 2) 180 <i>Nodosaria</i> sp. 2826 (XXV, 9 et 10) 181 <i>Fronicularia</i> <i>tsaravivorensis</i> (XXVII, 6) 182 <i>Rectoglandulina</i> sp. 137 (XXX, 9) 183 <i>Ammobaculites</i> sp. 2376 (I, 15 et II, 1) 184 <i>Gaudryina</i> sp. 137 (IV, 1) ----- 185 <i>Nodosaria</i> cf. <i>varistriata</i> (XXV, 7 et 8)	
Bath. Elevé	Callovien inférieur	Oxfordien moyen	Kimmeridgien ?	Portien inf. sup.	Barr. Valang. inf. sup.	Hauteriviens	Barr. ?
A	B	C	D	E	F		

ANNEXE 2 :

- Répartition stratigraphique des nannofossiles calcaires du Jurassique (Ramahavory, 1993)

Nannoplankton	Callovien	Oxfordien	Kimméridgien	Portlandien
<i>Parhabdololithus liasicus</i>				
<i>Schizosphaerella punctata</i>				
<i>Cyclagelosphaera Deflandrei</i>				
<i>Ethmorabdus gallicus</i>				
<i>Stephanolithion bigoti</i>				
<i>Cyclagelosphaera magereli</i>				
<i>Cyclagelosphaera tubolata</i>				
<i>Watznaueria biporta</i>				
<i>Watznaueria bernesea</i>				
<i>Parhabdololithus sp.</i>				
<i>Hexapodorhabdus curvilleri</i>				
<i>Lotharingus crucicentralis</i>				
<i>Conusphaera Mexicana</i>				
<i>Stephanolithion helotatus</i>				
<i>Ellipsagelosphaeracea</i>				
<i>Parabdolithus embergi</i>				
<i>Micrantholithus obtusus</i>				
<i>Chiasothygus striatus</i>				
<i>Calcicalathina oblongata</i>				
<i>Speetonia colligata</i>				
<i>Manivitella pemmatoidea</i>				
<i>Lithuaphidites carniolensis</i>				
<i>Stephanolithion laffitteli</i>				
<i>Cretarhabdus crenulatus</i>				
<i>Tegumentum aff. stradhneri</i>				
<i>Corolithion sp.</i>				
<i>Cruciellipsis curvillieri</i>				
<i>Hexalithus noelae</i>				
<i>Tubodiscus verenaë</i>				
<i>Polycostella senaria</i>				

- Répartition stratigraphique des nannofossiles calcaires du Crétacé Inférieur (Katharina Pearch Nielsen, 1985)



ABSTRACT

We committed to study the oil exploration in the basin of Morondava, for that, the study that was done using classic methods. We based our work on data such as previous studies, biostratigraphy, outcrops, wells data and seismic reflections lines.

Microfauns which are very abundant from the Upper Jurassic to the Lower Cretaceous, witnesses the presence of a deep open sea. The deposits during these periods are onlaps and clay-marly with some sandstones.

Finally, the structures of sediments that were seen through the seismic lines show possibilities of existence of structural traps.

All it drove us to conclude that the zone of survey doesn't certainly contain a very important oil potential but it is not insignificant.

KEY WORDS

Upper Jurassic, Lower Cretaceous, biostratigraphy, seismic reflection, wells data, oil, exploration, Morondava basin.

RESUME

En vue de l'exploration pétrolière dans le bassin de Morondava, cette étude utilise des méthodes classiques pour la recherche pétrolière. Pour cela, on s'est basé sur des données principales telles que les études antérieures, la biostratigraphie, les affleurements, les puits de forage et les lignes sismiques réflexions.

Les microfaunes sont très abondantes du Jurassique Supérieur au Crétacé Inférieur, témoins de la présence d'une mer ouverte profonde. Les dépôts pendant ces périodes sont transgressifs et argilo-marneux avec quelques éventails gréseux.

Enfin, les structures des sédiments vues à travers les lignes sismiques montrent des possibilités d'existence de pièges structuraux.

Tout cela nous a conduit à conclure que la zone d'étude renferme un potentiel pétrolier pas très important certes mais non négligeable.