

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	<i>i</i>
TABLE DES MATIERES.....	<i>iii</i>
LISTE DES FIGURES	<i>iv</i>
INTRODUCTION GENERALE	<i>1</i>
PARTIE I : GÉNÉRALITÉS	<i>4</i>
A. LE KARST	<i>5</i>
1. Définition	<i>5</i>
2. Genèse et évolution du karst.....	<i>5</i>
B. SITE D'ETUDE.....	<i>7</i>
1. Localisation du périmètre d'étude (figure 1).....	<i>7</i>
2. Végétation	<i>7</i>
3. Climat	<i>9</i>
4. Hydrogéologie	<i>9</i>
5. Economie	<i>9</i>
C. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE.....	<i>11</i>
1. Aperçu sur la géologie sédimentaire malgache	<i>11</i>
2. Les formations géologiques rencontrées	<i>13</i>
3. La géomorphologie du site étudié	<i>14</i>
PARTIE II - MATERIELS ET METHODE	<i>22</i>
A. MATERIELS.....	<i>23</i>
1. Données utilisées	<i>23</i>
B. METHODOLOGIE	<i>25</i>
1. Acquisition des données	<i>26</i>
2. Traitement des données	<i>26</i>
3. Résultats	<i>34</i>
4. Interprétation	<i>34</i>
PARTIE III : RÉSULTATS	<i>35</i>
A. SIG ET TRAITEMENT DE L'IMAGE SATELLITE	<i>36</i>
1. Lithofaciès et structures géologiques	<i>36</i>
2. Délimitation des affleurements en surface	<i>38</i>
3. Tracé des principaux linéaments	<i>41</i>
4. Restitution de la carte géologique	<i>46</i>
PARTIE IV – INTERPRETATION DES RESULTATS OBTENUS	<i>48</i>
A. LES FORMATIONS GÉOLOGIQUES	<i>49</i>
B. RELATIONS ENTRE LE KARST ET LA TECTONIQUE	<i>50</i>
C. INTERPRETATION DU TRAÇAGE DES APPORTS TERRIGENES PAR IMAGERIE SATELLITAIRE A L'EMBOUCHURE DE L'ONILAHY.....	<i>55</i>
CONCLUSION.....	<i>59</i>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	<i>61</i>

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Paysage karstique	6
Figure 2 : Carte de localisation de la zone d'étude	8
Figure 3 : Carte d'occupation du sol de la région Soalara	10
Figure 4 : Géologie et morphologie de Madagascar (source ONE)	12
Figure 5 : Principales unités morphologiques	15
Figure 6 : Canyon de Saint-Augustin. Carte de route.	18
Figure 7 : Le canyon sous-marin de Saint-Augustin (image google.2007).....	18
Figure 8 : Profils transversaux N°3 à 10	19
Figure 9 : Profil en long du canyon sous-marin de Saint-Augustin	19
Figure 10 : Méthode de traitement des données.....	25
Figure 11 : Découpage de la bande TM1	27
Figure 12 : Méthode de la composition colorée	28
Figure 13 : Composition colorée 321	29
Figure 14 : Composition colorée 753	30
Figure 15 : Composition colorée 432	31
Figure 16 : Mode de géoréférencement des images satellites	32
Figure 17 : Choix de projection.....	33
Figure 18 : Calage de la carte géologique	33
Figure 19 : Ratio TM4/TM3.....	36
Figure 20 : Composition colorée 321 avec carrés miniers	37
Figure 21 : Composition colorée 753	38
Figure 22 : Carte géologique obtenue après la numérisation des cartes C-58, C-59, D-58 et D-59	39
Figure 23 : Carte géologique numérisée avec fond image composition colorée 321.....	40
Figure 24 : Carte des linéaments	42
Figure 25 : Rosace d'orientation des linéaments:.....	45
Figure 26 : Carte de synthèse (nouvelle carte géologique)	47
Figure 27 : Visualisation des cassures dans les roches compétentes	49
Figure 28 : Carte illustrant le sens des directions majeures	51
Figure 29: Structure du Canal de Mozambique représentée par les anomalies gravimétriques	53

Figure30 : Déformation en compression	54
Figure 31 : Distribution des sédiments à l’embouchure de l’Onilahy	56
Figure 32 : Sens du dépôt des sédiments.....	56
Figure 33 : Effet de la houle sur la répartition des sédiments à l’embouchure de l’Onilahy.....	57
Figure 34 : Déformation de la trajectoire des particules s’accompagnant d’un déplacement de la houle	58
Figure 35 : Rip-Current	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les coordonnées Laborde et UTM	7
Tableau 2 : Caractéristiques des canaux LANDSAT.....	23
Tableau 3 : Caractéristiques de découpage des bandes TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 et TM7.....	27
Tableau 4 : Résultat récapitulatif des différents linéaments identifiés	43
Tableau 5 : Résultats statistiques des linéaments.....	45
Tableau 6 : Ordre chronologique des différents évènements.....	52

LISTE DES ABREVIATIONS

BRGM	:	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
ENE – WSW	:	Est Nord Est – Ouest Sud Ouest
E – W	:	Est - Ouest
ESPA	:	Ecole Supérieure Polytechnique d’Antananarivo
FTM	:	Foiben-Taontsaritan’i Madagasikara
µm	:	micron mètre
mGal	:	milliGal
NC	:	.Niveau Calcaire
NE – SW	:	Nord Est – Sud Ouest
NMA	:	Niveau Marne Argileux
NMH	:	Niveau Marne à Huîtres
NNW– SSE	:	Nord Nord Ouest – Sud Sud Est
NW – SE	:	Nord Ouest – Sud Est
N – S	:	Nord – Sud
WNW– ESE	:	Ouest Nord Ouest – Est Sud Est
SIG	:	Système d’Information Géographique

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ce mémoire s'inscrit dans la continuation du projet Ambatovy de la société Sherritt Madagascar sur le calcaire de Soalara. Il comprend la cartographie du plateau karstique Mahafaly en général et plus spécifiquement du calcaire de Soalara, et l'étude des panaches sédimentaires au débouché de l'Onilahy.

A Madagascar, les calcaires, dolomies et cipolins forment d'importants massifs. Presque tous les travaux de reconnaissance et d'évaluation ont été effectués par le Service Géologique de l'actuel Ministère de l'Energie et des Mines, sauf sur le gisement de cipolin d'Ibity (Sud d'Antsirabe) sur lequel le BRGM a réalisé des travaux de reconnaissance.

Les formations de calcaire franc sont fréquentes et très étendues dans les terrains jurassiques et éocènes de la côte ouest de Madagascar. Dans la région centrale, les formations carbonatées sont représentées par des cipolins généralement dolomitiques, sauf dans la région d'Ibity, au Sud d'Antsirabe, et dans les environs d'Ambatondrazaka où ils constituent un bon matériau pour l'industrie du ciment.

Depuis 1965, un certain nombre de travaux de reconnaissance et d'évaluation de gisements calcaires ont été exécutés dans le cadre de différents projets de cimenterie :

- BRGM (1965), Ratsimbazafy J.R.(1974) : Antsirabe (carrière d'Ibity)
- Rajaonarisina A. (1967) : baie de Narinda,
- Ratsimbazafy J.R. (1973, 1974, 1977), Rabe M.(1973) : Mahajanga (cimenterie d'Amboanio),
- Bésairie H. (1966), Rasoamahanina. J. A. (1974), Ratsimbazafy J.R. (1980), Moine P. (1967) : Toliara,
- Megerlin N. (1967, 1968) : Miandrivazo
- Rakotomalala A.R. (1982) : Ampasindava et Antsiranana

Une étude préliminaire des calcaires de la région de Soalara (Toliara) a été réalisée par L. Guyot en 2007 pour le compte du Projet Ambatovy. Les falaises calcaires de l'Eocène dominant la côte au Sud de l'embouchure de l'Onilahy (secteur de Soalara) et montrent une épaisseur totale de 80 m.

L'importance et l'accessibilité par le Canal de Mozambique du gisement de calcaire de Soalara sont les principaux critères qui ont orienté le Projet Ambatovy à choisir ce site. Aussi, ce mémoire d'Ingénieur intitulé : « Cartographie des structures tectoniques et traçage des apports terrigènes par imagerie satellitaire (plateau calcaire du sud ouest de Madagascar) » a-t-il été réalisé afin de contribuer à une meilleure connaissance de la dynamique de cette région.

Les principaux objectifs de ce travail sont donc :

- de localiser à partir des images satellites et de la carte géologique, les principaux accidents structuraux du Sud du plateau Mahafaly et surtout ceux de la région de Soalara afin d'analyser leurs éventuels impacts sur le gisement de calcaire de la région et surtout sur celui de la zone intéressant le Projet Ambatovy, ainsi que d'esquisser une carte de potentialité du calcaire de la région Soalara ;
- de contribuer à une meilleure compréhension du plateau karstique Mahafaly et du devenir des sédiments provenant de son altération et de son érosion.

PARTIE I : GÉNÉRALITÉS

A. LE KARST

1. Définition

Le karst est un paysage résultant de processus particuliers d'altération (la karstification). Ceux-ci sont commandés par la dissolution des roches carbonatées (calcaires et dolomies) constituant le sous-sol des régions concernées. C'est l'eau de pluie infiltrée dans ces roches qui assure cette dissolution. L'eau acquiert l'acidité nécessaire à la mise en solution de la roche en se chargeant de gaz carbonique (CO₂) produit dans les sols par les végétaux et les colonies bactériennes. Le paysage de surface, constitué en général de dépressions fermées (appelées dolines, pour les petites, et poljés, pour les plaines d'inondation), est associé à un paysage souterrain (grottes et gouffres).

Le karst est par conséquent un paysage original, créé par les écoulements d'eau souterraine. L'eau circule en son sein, s'y accumule et émerge par des sources aux débits souvent considérables, mais très fluctuants dans le temps. Le karst est donc également un aquifère : l'aquifère karstique.

Plusieurs concepts importants sont associés au karst tels ceux de phénomène karstique, de système karstique, d'aquifère karstique et de réseau karstique, pour lesquels les définitions varient suivant les auteurs.

2. Genèse et évolution du karst

La karstification transforme une formation carbonatée fracturée, l'aquifère carbonaté fissuré, caractérisé par une architecture géologique (géométrie de la formation, caractères pétrographiques et géochimiques, comportement mécanique, distribution des fractures), en un aquifère karstique.

Pour que se forme le karst, il faut que soient réunies les conditions suivantes :

- L'eau doit pouvoir dissoudre la roche, donc contenir un acide. L'acide le plus commun résulte de la dissolution du dioxyde de carbone (CO₂) produit par la végétation dans les sols ;
- L'eau doit pouvoir s'écouler à l'intérieur de la roche, c'est-à-dire que l'écoulement souterrain doit se produire, de préférence à l'écoulement superficiel.

La karstification organise progressivement les écoulements et la structure des vides au sein de l'aquifère. Le fonctionnement de l'aquifère karstique, qui se manifeste notamment par

la réaction de la source suite à des précipitations ou alimentation par des pertes, dépend globalement de l'existence des vides au sein de sa matrice.

Les mécanismes mis en jeu dans la formation du karst sont donc :

- la dissolution de la roche,
- l'écoulement souterrain, qui évacue au fur et à mesure les matières dissoutes.

En fait, ce n'est pas seulement le niveau marin qui règle la position des réseaux karstiques mais de manière générale, le niveau de sortie des eaux souterraines imposé par le point le plus bas à l'affleurement des roches carbonatées. C'est le niveau de base des écoulements souterrains.

Quand le niveau de base s'abaisse, un nouveau réseau se met en place à une cote inférieure à celle du réseau karstique qui fonctionnait jusque-là

Ces abaissements du niveau de base sont dus à deux mécanismes :

- l'abaissement du niveau marin, lui-même provoqué surtout par l'augmentation des glaces continentales, qui immobilisent de l'eau douce et diminue le volume des océans.
- la surrection des chaînes de montagnes (ou des reliefs) et de leur environnement.

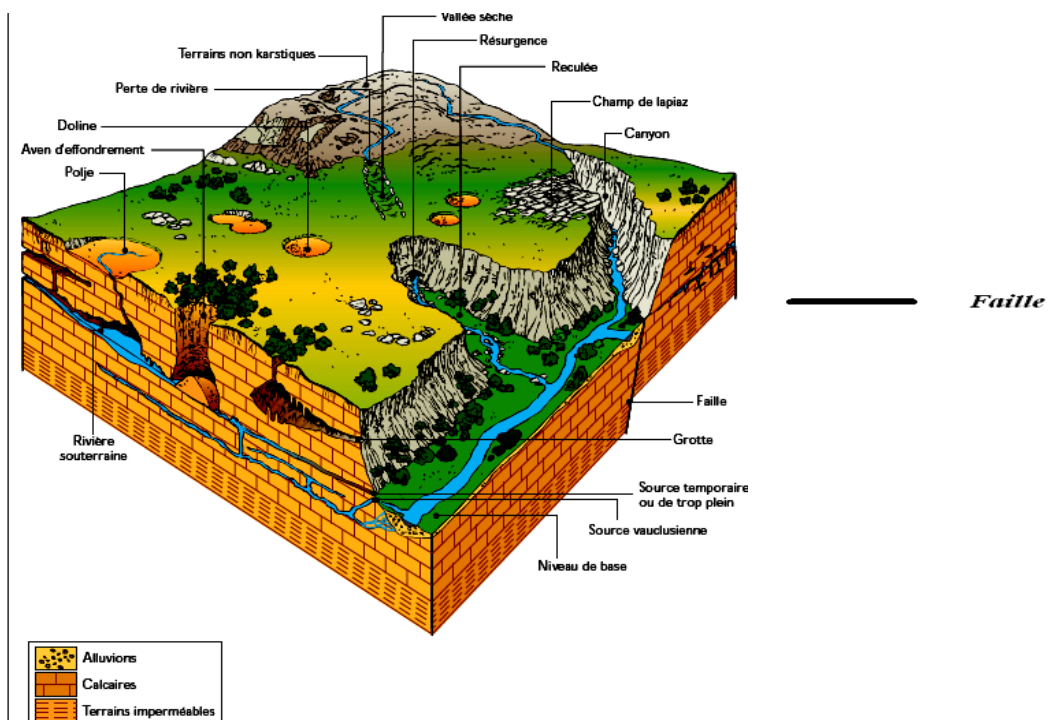


Figure 1 Paysage karstique

B. SITE D'ETUDE

1. Localisation du périmètre d'étude (figure 1)

La zone d'étude se situe dans la région Atsimo - Andrefana de Madagascar. Elle se trouve dans la partie moyenne Sud-Ouest du bassin de Morondava, sur le plateau Mahafaly, limité au Nord par le fleuve Onilahy, au Sud par la commune d'Anakao, et à l'Est du village de Soalara.

Elle s'étend sur 18,75 Km² (1875 ha), ses coordonnées de localisation sont représentées sur le tableau 1.

Tableau1 : Les coordonnées Laborde et UTM

	Coord. Laborde		Coord. UTM	
	X(m)	Y(m)	X	Y
Minimale	120 000	270 000	366 766	7 382 014
Maximale	150 000	295 000	396 977	7 406 697

2. Végétation

La végétation du Sud de Madagascar présente des caractères très particuliers à la fois liés au climat et à l'insularité. Du fait du caractère aride de la zone, la couverture végétale est presque uniquement représentée par du « bush xérophile » au sens large (J. N. Salomon, 1979).

Il faut aussi ajouter quelques formations végétales beaucoup plus ponctuelles, associées à ce bush xérophile :

1. des îlots forestiers à tamariniers, qui prennent l'aspect de forêt galerie le long des axes hydrographiques où existe un sous écoulement de l'Onilahy ;
2. des mangroves à palétuviers, dans des dépressions littorales temporairement recouvertes par l'eau de mer à marée haute.

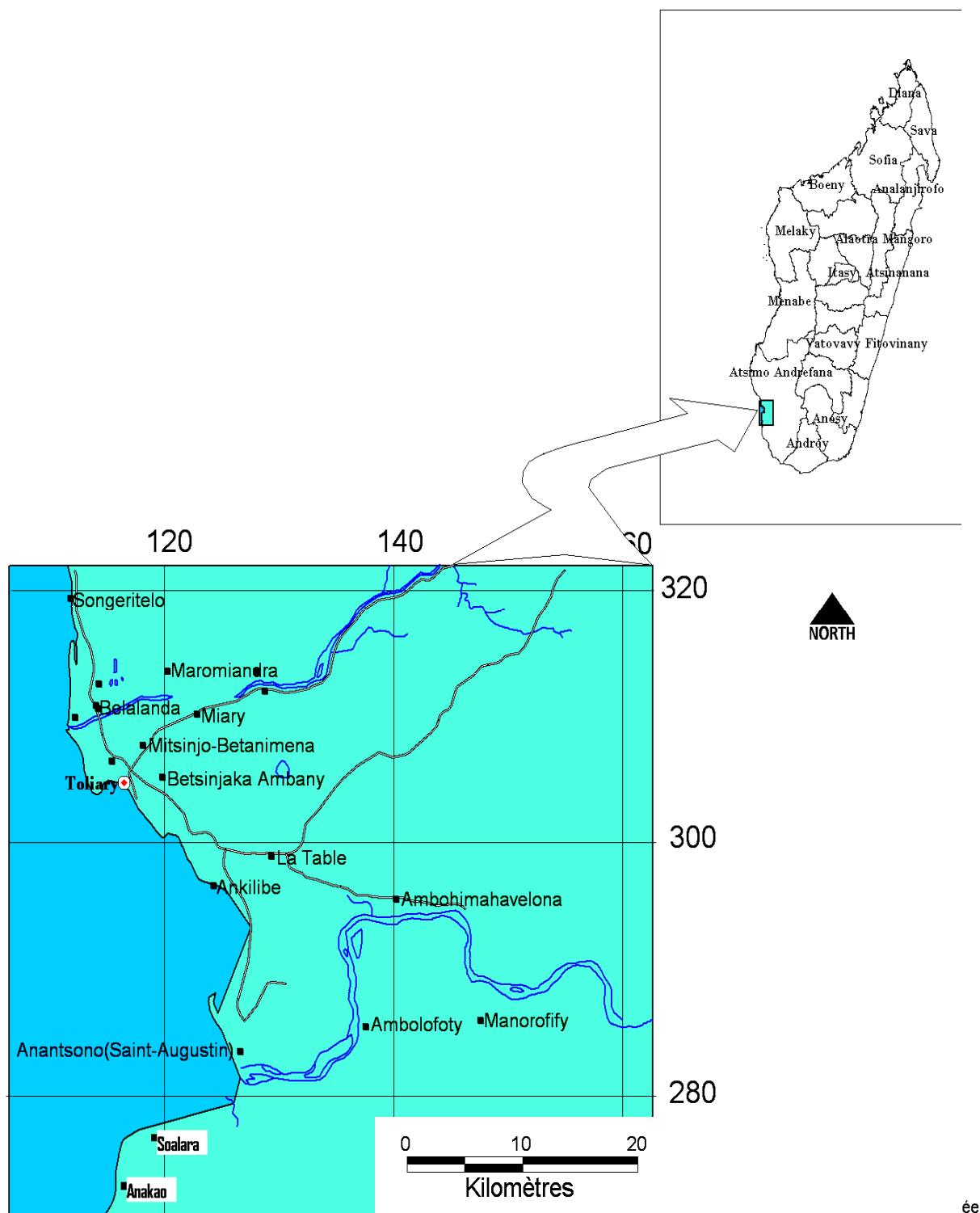


Figure 2 : carte de localisation (source BD500)

3. Climat

D'une manière générale, l'orientation submérienne de Madagascar est responsable de l'opposition climatique entre les deux versants de l'île ; la façade orientale étant la plus arrosée (Salomon, 1979).

Le climat de la zone d'étude est de type semi-aride selon l'indice d'aridité de Thornthwaite (Battistini, 1964).

Au niveau de la répartition des pluies dans l'année, il est important de noter l'extrême irrégularité des précipitations spatiales pouvant faire alterner des longues périodes de sécheresse avec des épisodes pluvieux très courts mais très intenses (en Janvier).

La pluviométrie de la région Soalara est de l'ordre de 275 mm/an (L. Guyot, 2002). La région est soumise à une haute pression intertropicale par sa position géographique (Rasolonjatovo N., 2006) et bénéficie d'un ensoleillement important du fait de sa faible latitude à laquelle s'ajoutent la faible nébulosité et les faibles précipitations.

4. Hydrogéologie

C'est une zone sans écoulement permanent organisé parce que les eaux de pluies s'y infiltrent sur place. Les eaux superficielles occasionnelles n'aboutissent pas à la mer. Elles ne parviennent pas à franchir les cordons dunaires de la bande côtière.

Au Nord, l'Onilahy coule nettement vers l'Ouest dans un lit très large, encombré de banc de sables à l'étiage, et présentant de nombreux méandres. Il débouche dans le canal de Mozambique par un estuaire dans la baie de Saint Augustin.

5. Economie

Les habitants de la zone sont restés longtemps attachés à leur mode de vie traditionnelle qui leur permettait de vivre en total autarcie, les échanges se limitant pratiquement aux marchés locaux. Les activités économiques de base sont :

- la pêche ;
- l'élevage de bovins, ovins, caprins et de volailles ;
- la culture vivrière du manioc, du maïs, de quelques légumineuses et du tabac ;
- divers artisanats locaux comme le tissage de cordes à base des fibres de sisal et la vannerie (pour les femmes du village), le concassage manuel de granulat et la fabrique de pilons en calcaire (pour les habitants proches de la falaise).

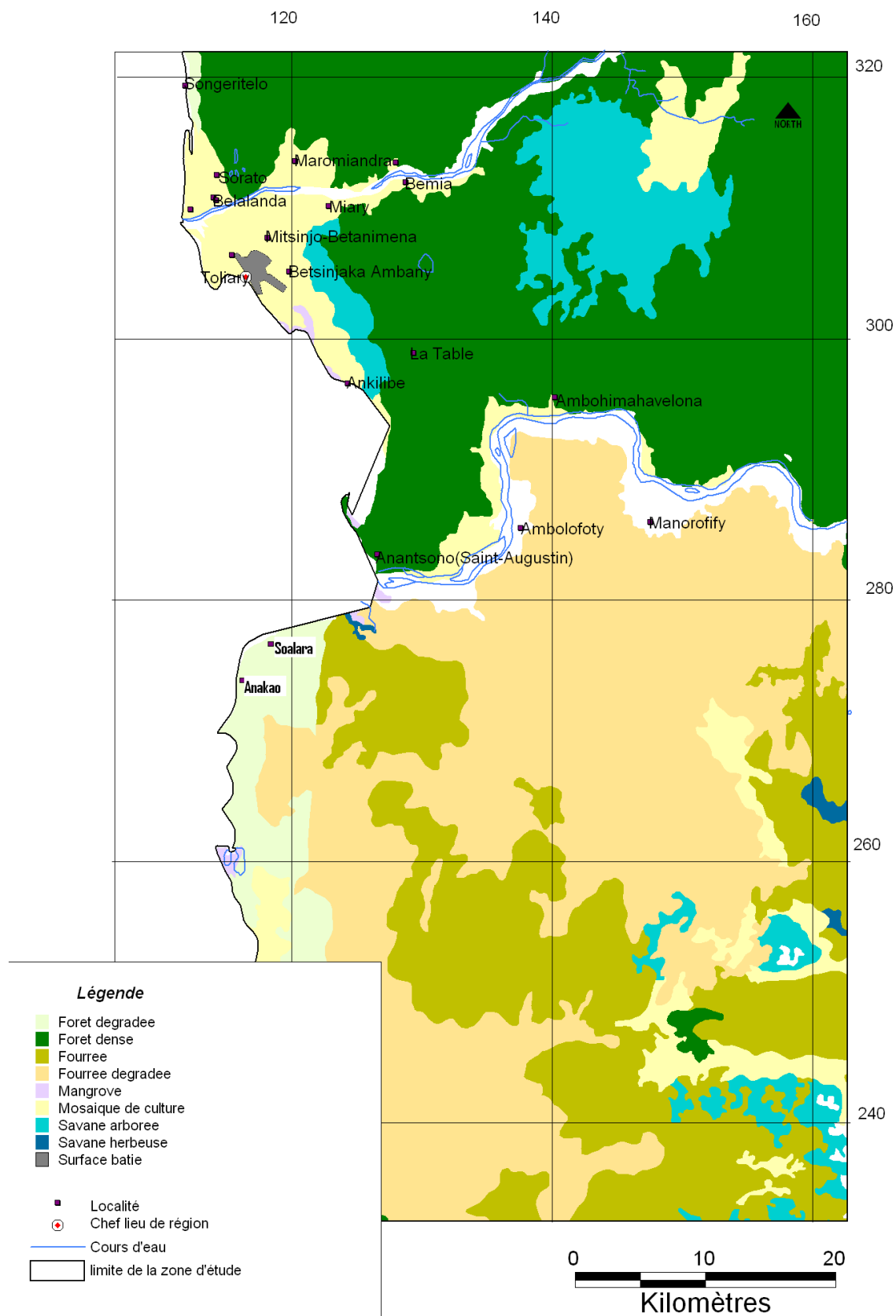


Figure 3 : Carte d'occupation du sol de la région Soalara (source BD500)

C. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

1. Aperçu sur la géologie sédimentaire malgache

La mise en place des séries sédimentaires correspond à la phase de “Rifting Karoo”, phase initiale de la dislocation du Gondwana dès le Carbonifère Supérieur et jusqu’au Jurassique Inférieur.

Les séries Karroo se déposent dans 3 principaux bassins d'effondrement :

1. le Bassin d’Ambilobe, à l'extrême Nord de l’île ;
2. le Bassin de Mahajanga au Nord-Ouest, qui s'étend sur quelques 400 km suivant un axe NE-SW, le long de la côte nord-ouest de Madagascar ;
3. le Bassin de Morondava au Sud-Ouest : c’est le plus grand bassin sédimentaire de l’île, s'étendant sur plus de 1.000 km le long de la côte Ouest, du centre ouest jusqu'à l'extrême sud de l’île.

La marge orientale de ces bassins, adossée au socle cristallin, est contrôlée par d'importantes failles normales et décrochantes. Ces bassins occupent près d'un tiers de la superficie de Madagascar. Le développement de ces bassins est ensuite bloqué par l’initiation du “Rifting Indo-Malgache” au Crétacé Supérieur. Cette phase de rifting est marquée sur la côte occidentale par un important volcanisme intermédiaire à alcalin.

Le Sud-Ouest malgache correspond à la partie sud du bassin sédimentaire de Morondava. La série sédimentaire s’étend du Karroo (Carbonifère supérieur) à l’actuel. En surface, cette série présente une structure d’ensemble monoclinale vers l’ouest, avec des pendages moyens faibles pour les termes les plus récents (de l’ordre de cinq pour mille pour les calcaires marins tertiaires). Des remontées du socle rendent les structures moins régulières en profondeur (H. Besairie, 1953 ; Cliquet, 1957 ; E. Razafimbelo, 1987).

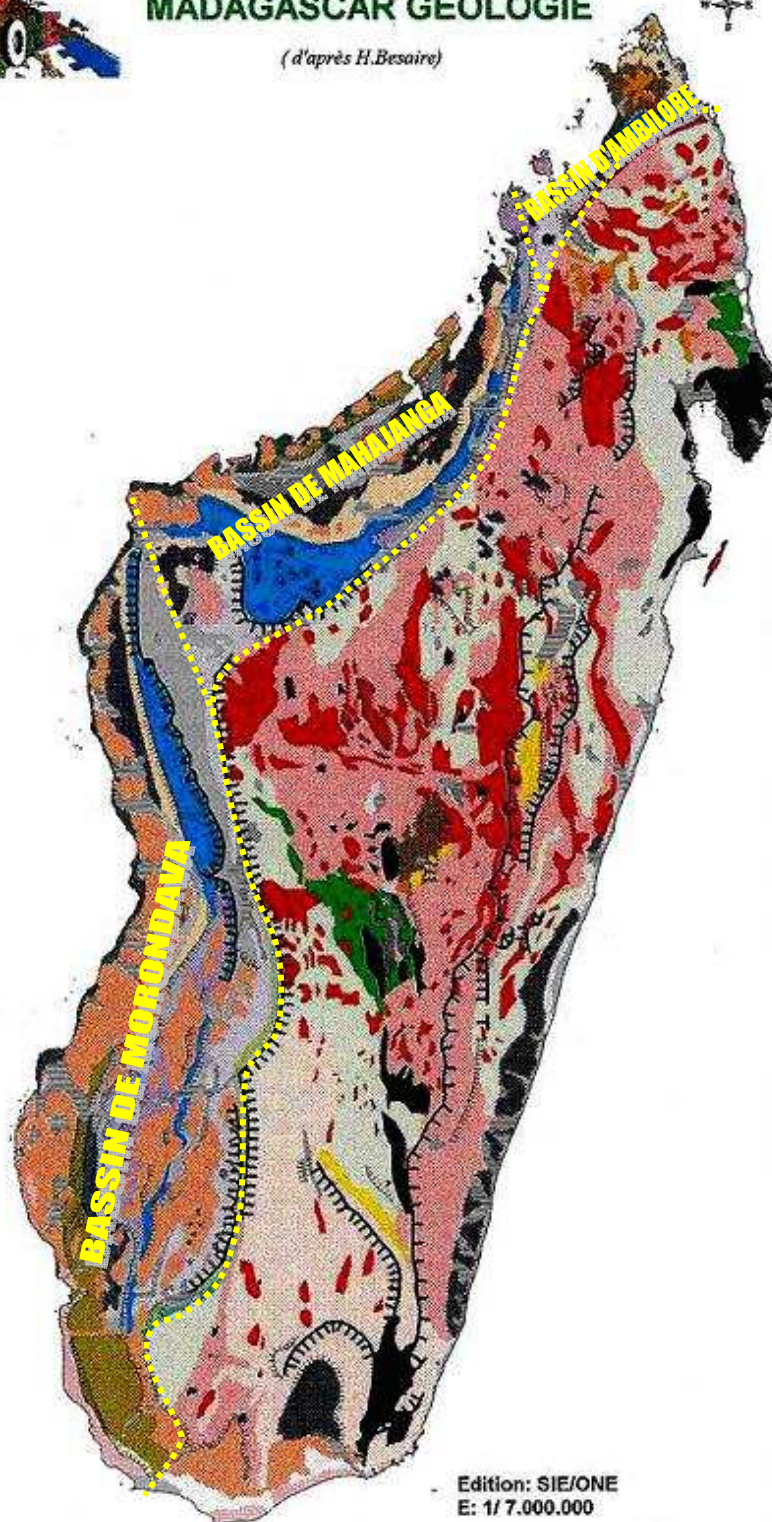
Dans la région de l’Onilahy, la couverture sédimentaire s’étend d’Est en Ouest sur 130km de largeur, entre les terrains métamorphiques du socle précambrien malgache et le canal de Mozambique. A l’Ouest, le Tertiaire marin, notamment l’Eocène, affleure sur 50 km de largeur, formant le plateau calcaire Mahafaly.

Ce plateau se termine du côté de la mer par une falaise grossièrement rectiligne, haute d’une centaine de mètres, qui correspond à l’escarpement de la faille de Toliara. Au niveau de la baie de Saint-Augustin, cet escarpement est actuellement remodelé en falaise marine vive (éperon de Barn-Hill). Plus vers le nord, il s’agit d’une falaise marine morte (âge Quaternaire ancien probable), fossilisée par les alluvions du Fiherenana qui forment la plaine côtière de Toliara, qu’elle domine.



MADAGASCAR GEOLOGIE

(d'après H. Besaire)



Edition: SIE/ONE
E: 1/7.000.000

Source: "LES ENSEMBLES MORPHOPEDOLOGIQUES DE Madagascar"
M. RAUNET, Mars 1997, CIRAD, ONE, ANAE

LEGENDE	
Signes particuliers:	
	Faïlle ou érosion régressive à cuesta
	Escarpement
	Faïlle ou érosion régressive à cuesta
	Grands escarpements montagneux
SOCLE PRECAMBRIEN:	
Système de l'Androy	
	Gneiss, leptynites, pyroxénites, cipolins
Système du graphite	
	Gneiss, migmatites, microschistes, leptynites
Série Schisto-quartzo-calcaire	
	Cipolins
	Quartzites
Système du Volibory	
	Amphibolites, microschistes, schistes verts, gneiss
Zones granitiques	
	Granites migmatiques stratifiés
Roches intrusives	
	Gabbros
	Granites
ROCHES SEDIMENTAIRES:	
Carbonifère	
	SAKOA Schistes, limestones (faciès continental)
Pémo-trias	
	Marnes, schistes (faciès marin)
	SAKAMENA Schistes, limestones (faciès continental)
Trias	
	ISALO I grès (faciès continental)
Jurassique inférieur	
	ISALO II grès, argiles (faciès continental)
Jurassique moyen	
	Calcaires, marno-calcaires (faciès marin)
	ISALO III grès, marnes, gypse (faciès mixte)
Jurassique supérieur	
	Grès, marnes, gypse, grès, calcaires (faciès marin)
Crétacé inférieur et moyen	
	Grès dominants (faciès continental)
Crétacé supérieur	
	Calcaires, calcaires marnés (faciès marin)
	Grès, grès argileux (faciès continental)
	Marnes (faciès marin)
	Sables, grès, argiles, marnes, calcaires (faciès mixte)
Éocène	
	Calcaires (faciès marin)
Pliocène	
	Ependages sablo-gréseux (faciès continental)
	Alluvions lacustres (faciès continental)
Quaternaire ancien	
	TATSUWEN grès calcaires, sables dunaires (faciès mixte)
Quaternaire moyen	
	KARIMBOLIEN grès calcaires, sables dunaires (faciès mixte)
Quaternaire récent	
	Alluvions fluvio-marines (faciès mixte)
	Alluvions (faciès continental)
	FLANDRIEN cordons (faciès continental)
ROCHES VOLCANIQUES:	
Crétacé	
	Basalte (et rhyolites)
Tertiaire et quaternaire ancien	
	Basaltes (et trachytes)
Quaternaire moyen	
	Basaltes (et rhyolites)
Quaternaire récent	
	Basaltes

Figure 4: Géologie et morphologie de Madagascar (source ONE)

Le plateau calcaire éocène est affecté de nombreuses failles de direction N15°E des faisceaux du Sikily. Les grandes failles majeures de la Manombo, au Nord de Toliara, s'y prolongent. Dans sa partie Sud, il est limité par la faille de Toliara, de direction N-S dont le rejet d'environ 200m en surface à Toliara, s'accroît considérablement en profondeur. (H. Bésairie, 1971).

2. Les formations géologiques rencontrées

Le plateau Mahafaly est constitué, de bas en haut, par les formations suivantes (L. Guyot., 2002 et J. N. Salomon, 1979) :

Les séries marines tertiaires

- 1) **L'Eocène inférieur** qui débute par des calcaires à quartz, particulièrement riche en algues et Alvéolines ; de couleur blanche ou claire. A l'affleurement, ces calcaires sont très durs et fins, très sensible aux processus de karstification . L'ensemble est composé de bancs très puissants qui atteignent jusqu'à 450m dans la vallée de l'Onilahy.
- 2) **L'Eocène moyen (Lutétien)** : caractérisé par l'apparition au sommet des couches plus tendre renfermant des Nummulites. Il est formé essentiellement par des calcaires détritiques ou récifaux, passant par la suite à des calcaires marneux. En surface, il est plus tendre et moins pur que le précédent et est modelé en croupe encroûtée. A l'Ouest, il constitue la falaise bordière du plateau Mahafaly. L'épaisseur totale varie de 100 à 150m.
- 3) **L'Eocène supérieur** présente un faciès nettement littoral ou lagunaire. Il renferme des couches tendres calco-marneux et des marnes riches en huîtres et lamellibranches ; des unités inférieures beaucoup plus massives. Ses affleurements se limitent au niveau de plateau de la Table, et à une étroite bande en bordure occidentale du plateau Mahafaly.
- 4) **Le Miocène marin (Aquitano-Burdigalien)**, qui achève la série sédimentaire du plateau. Il se présente sous forme de calcaire marneux et de marnes à lumachelles et gypse. Le sommet de l'affleurement est caractérisé par un banc de calcaire dur cristallin recouvert d'une croûte.
- 5) **Le Pliocène** représenté par des épandages continentaux issus du soulèvement qui a affecté l'île au Miocène et a engendré une forte érosion. Les formations gréseuses de l'arrière-pays ont fourni des nappes détritiques puissantes qui ont franchi le plateau calcaire pour

arriver jusqu'à la côte. Ces formations sableuses meubles et homogènes sont les « *sables roux* » ou « *carapace sableuse* » de H. Bésairie (1953).

Les formations quaternaires et actuelles

Bien représentées dans la plaine côtière, elles se composent pour l'essentiel d'alluvions apportés par le fleuve et repris en plusieurs épisodes par la mer et les vents.

Les périodes d'accumulation dunaire qui ont permis l'édification de cinq systèmes dunaires successifs correspondent aux climats secs alors que les systèmes de terrasses fluviales emboîtées et les grands glacis issus du plateau et recouverts en amont de dépôts de bas de pente récents se rattachent aux épisodes plus humides.

3. La géomorphologie du site étudié

Les principales unités géomorphologiques sont :

- a) Le plateau karstique Mahafaly
- b) Les épandages continentaux
- c) Le littoral
- d) Le milieu récifal

a) Le plateau karstique Mahafaly

Il est caractérisé par la densité des ravins et les canyons imposants qui l'entaillent en particulier aux abords du fleuve Onilahy. Les versants sont raides, marqués par de multiples corniches correspondant aux strates sédimentaires.

Le grand ensemble du plateau Mahafaly repose sur le socle cristallin au Sud et les terrains sédimentaires plus anciens au Nord. La limite Est du plateau est marquée par une grande cuesta subméridienne culminant à environ 400m. L'altitude diminue régulièrement vers la mer pour atteindre une centaine de mètres au niveau de la falaise surplombant la plaine côtière.

Au niveau de la zone d'étude, la structure du plateau Mahafaly est généralement tabulaire et les couches subhorizontales. Légèrement incliné vers la mer, il est entaillé par la vallée de l'Onilahy encaissée et particulièrement sinueuse. Ce plateau est généralement recouvert d'une épaisse croûte calcaire qui ne laisse apparaître qu'exceptionnellement la roche en place. (L. Guyot, 2002).

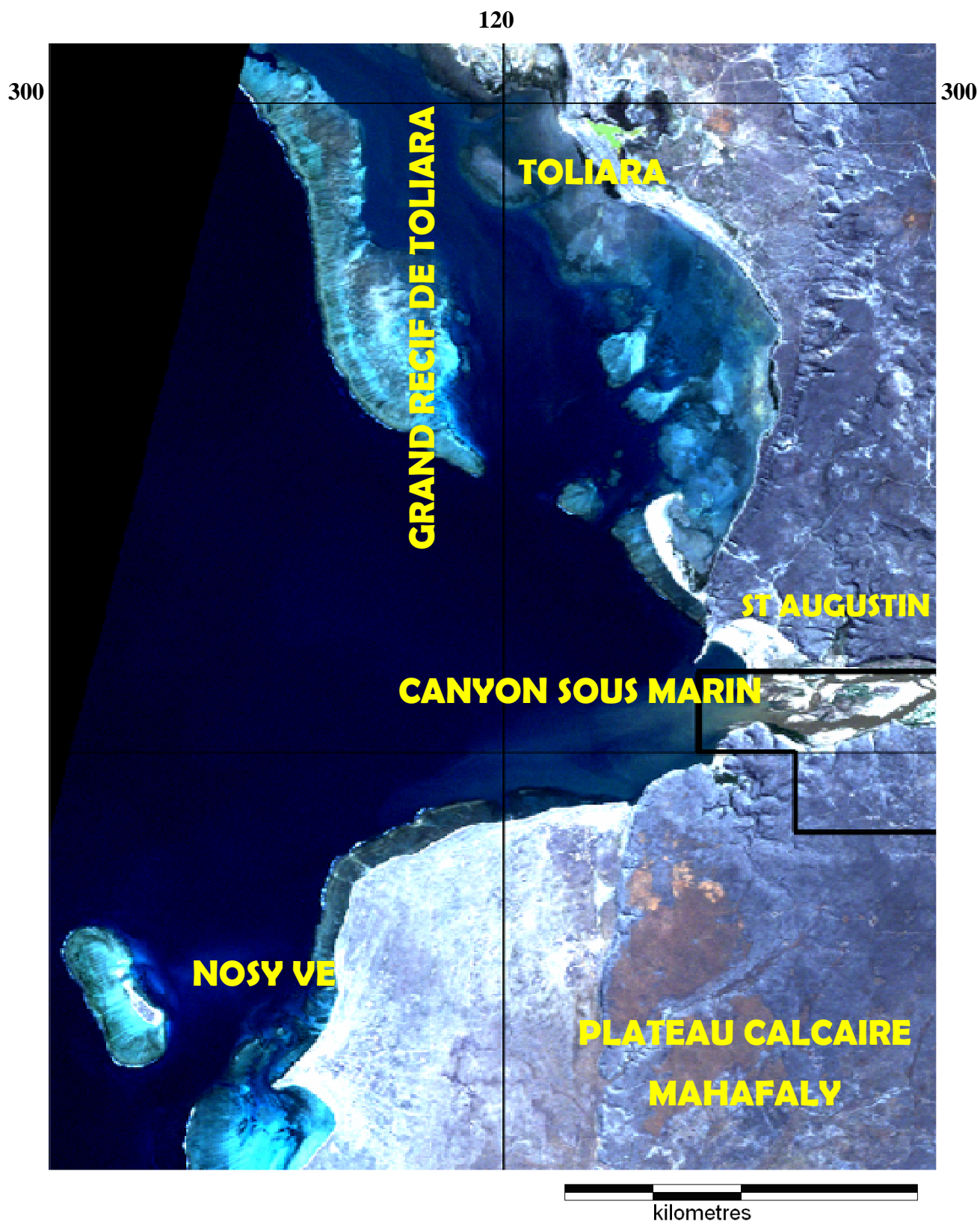


Figure 5 : Principales unités morphologiques
 L'image provient du découpage de la composition colorée 321 (figure 18)

b) Morphostructure

Le plateau karstique Mahafaly présente un relief peu accusé. Il est caractérisé par de nombreuses failles peu apparentes, des cassures très locales de directions variables et des décrochements relativement importants ainsi que quelques petits grabens.

Les couches ont une tendance subhorizontale de direction Ouest à l'Est de Soalara, et pratiquement horizontale entre l'ancien port et Lovokampy.

Suivant une transversale entre Onilahy et Mangoky, le large revers dans les grès de l'Isalo, et une petite cuesta dans les calcaires du Jurassique moyen, les grès et basaltes de la fin du Crétacé donnent une puissante cuesta.

Avant la cuesta, des calcaires éocènes dont les plateaux karstifiés de revers, se terminent par un escarpement de faille au-dessus de la plaine côtière de Toliara.

Les talwegs affluents des petits cours d'eau intermittents sont souvent suspendus au – dessus des canyons. Ceux-ci peuvent être d'anciennes rivières, ils montrent les marques d'une évolution entièrement subaérienne. Ils se sont formés dans des calcaires assez épais pour affleurer aussi bien sur le fond du talweg que sur les flancs

c) Les épandages continentaux

Ils tranchent nettement avec le modelé karstique environnant. Les buttes sont bien marquées par des talus francs tandis que leur topographie sommitale est plane, couverte de fourré ou de forêt sèche. Le raccord avec le plateau se fait soit par des dalles de grès ferrugineux, soit par des auréoles colluviales d'argiles montmorillonitiques jaunes (Salomon J.N., 1976)

d) Le littoral

L'Onilahy n'a pas construit de delta mais aboutit à la mer par l'intermédiaire d'un vaste estuaire. La raison en est l'existence d'un profond canyon sous-marin situé dans l'axe de l'embouchure et où s'engloutissent les sédiments (Battistini et al. 1975)

e) Le canyon sous-marin

- *Définition*

Dans de nombreuses régions du globe, la pente continentale est entamée par des vallées sous-marines ou canyons, dont la nature et l'origine ont longtemps constitué l'un des problèmes majeurs de la géologie et de la géomorphologie sous-marines.

Les canyons sous-marins qui sont avec les plateaux marginaux, les principaux accidents topographiques de la pente continentale, peuvent être des vallées continentales submergées ou bien des formes résultant de l'érosion sous-marine (Boillot G. 1979)

- *Description*

L'aspect des canyons sous-marins montre des ressemblances frappantes avec les vallées terrestres dont ils présentent les sinuosités et les affluents. De plus à leur jonction avec les plaines océaniques, ils forment de vastes deltas, généralement en relief sur le fond de la mer (Ottmann, F., 1965). Si l'on poursuit le parallèle avec les fleuves, ou mieux les torrents, on peut diviser le canyon sous-marin en trois régions naturelles correspondant au cirque d'érosion, au canal d'écoulement et au cône de déjection ou delta terminal.

Le canyon sous-marin de Saint Augustin (Onilahy)

- *La plateforme continentale*

La plateforme continentale Mahafaly se termine au nord (profils VIII à XIX) par une pente très raide, localement subverticale (profils X, XII, XIV, XVI), dont la base se situe entre 150 et 300m de profondeur. L'aspect général est celui d'une « corniche » d'une hauteur de 100 à 250m, surplombant la partie amont de la vallée sous-marine.

Au nord-ouest de Nosy-Ve on n'observe plus de corniche dans les premières centaines de mètres. Au contraire le passage aux pentes supérieures de la vallée s'effectue de manière insensible, sans rupture de pente apparente. La valeur de la pente diminue très nettement : elle est de 6,5% seulement de 200 à 800m. Elle augmente de 800 à 1800m et atteint 18 %. Elle est de 13 % entre 1 800 et 2400m puis elle s'affaiblit au-delà.

- *La tête du canyon*

Les canyons s'ouvrent généralement sur la plate-forme à des profondeurs voisines de 90 à 100m. Dans le cas de l'Onilahy, on passe brusquement de la tête de vallée (devant le village de Saint-Augustin) à l'embouchure même de l'Onilahy, de 100m à -350m dans le prolongement de l'éperon rocheux de Barn-Hill. La tête de la vallée est étroite et présente des versants raides, sans contrepente (Battistini, R. et al. 1975).

- *Le lit du canyon*

Le cours longitudinal d'un canyon sous-marin présente une pente variable selon les marges continentales et leur nature géologique. Il décrit des courbes et des coudes et reçoit un

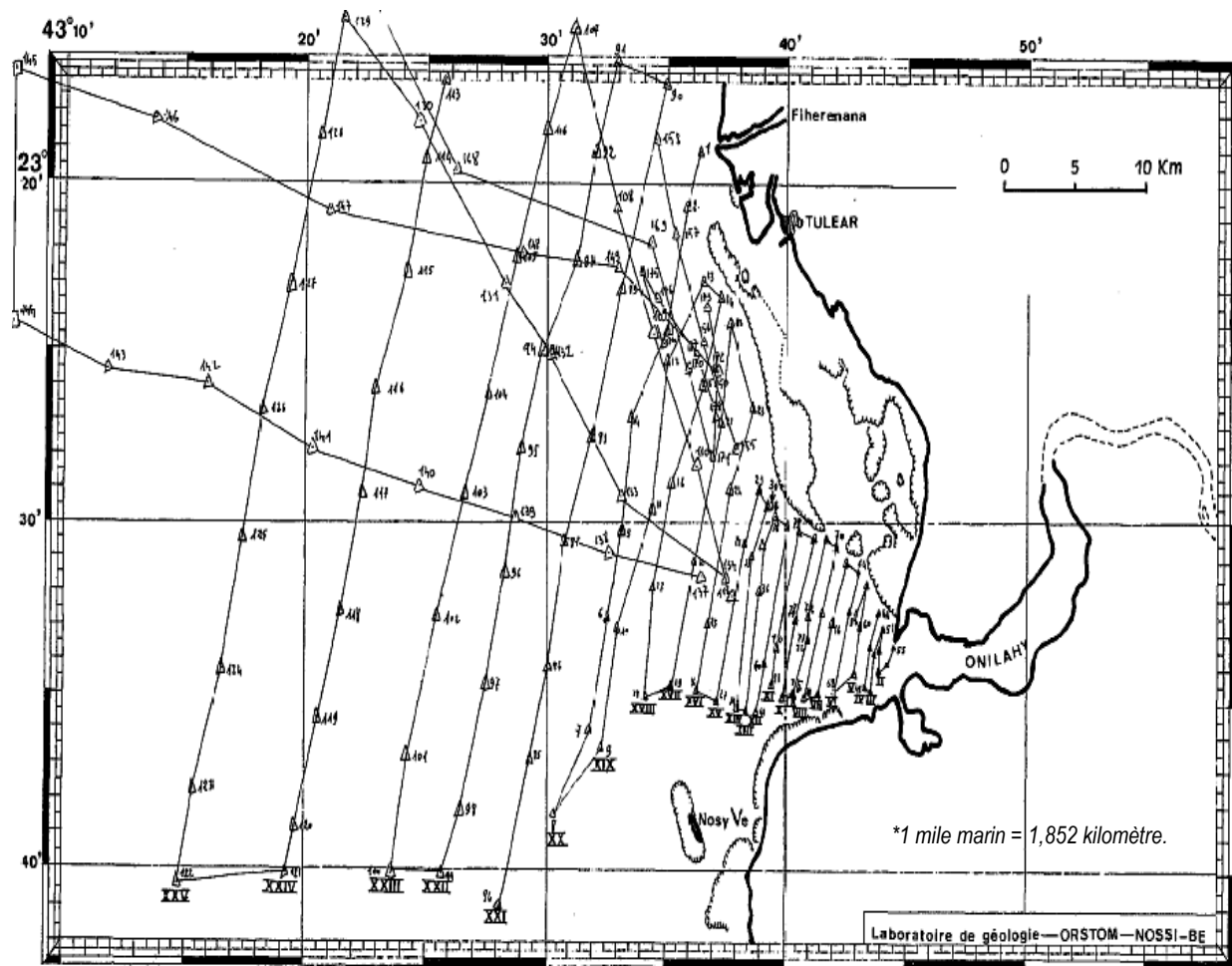


Figure 6 : Canyon de Saint-Augustin. Cartes des routes.
En chiffres romains les coupes transversales (Battistini et al. 1975)



Figure 7 : Le cayon sous-marin de St Augustin (image Google, 2007)

Le profil des canyons apparaît en général plus raide que celui des fleuves côtiers, bien qu'il s'adoucisse beaucoup dans la partie inférieure de leurs cours au niveau des plaines océaniques (Ottmann, F., 1965).

La vallée sous-marine de l'Onilahy a été reconnue jusqu'à la profondeur de 2600m, où elle apparaît encore distinctement dans le paysage sous-marin. Dans sa partie en amont, la vallée est étroite et relativement encaissée. Elle s'élargit vers l'aval, notamment à partir de la profondeur de 2000m, où elle montre des versants à pente douce.

Le talweg de la vallée sous-marine de l'Onilahy présente une direction d'ensemble WNW-ESE. Toutefois son tracé n'est pas rectiligne. Jusqu'à 2600 m de profondeur, son parcours réel est de 55km au lieu de 45km en ligne directe.

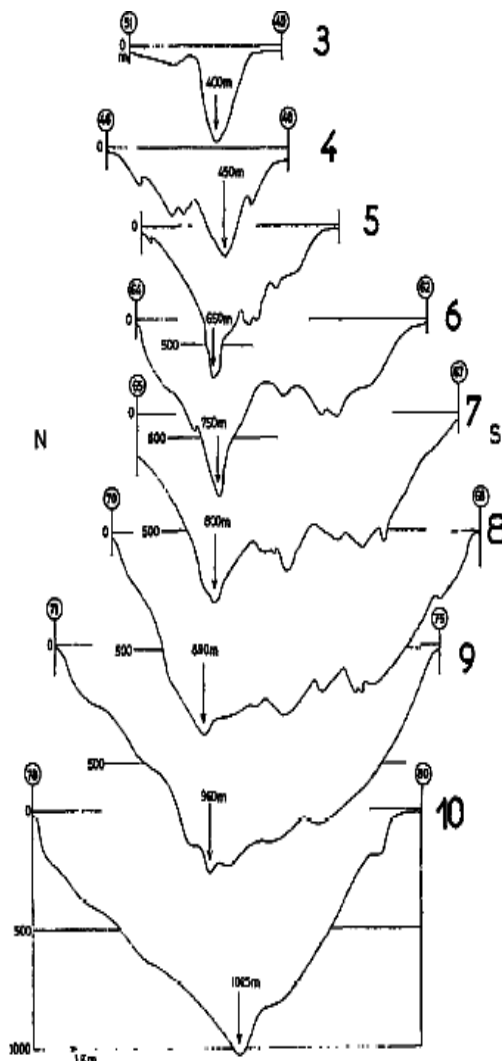


Figure 8 : Profils transversaux N°3 à 10
(Battistini et al. 1975)

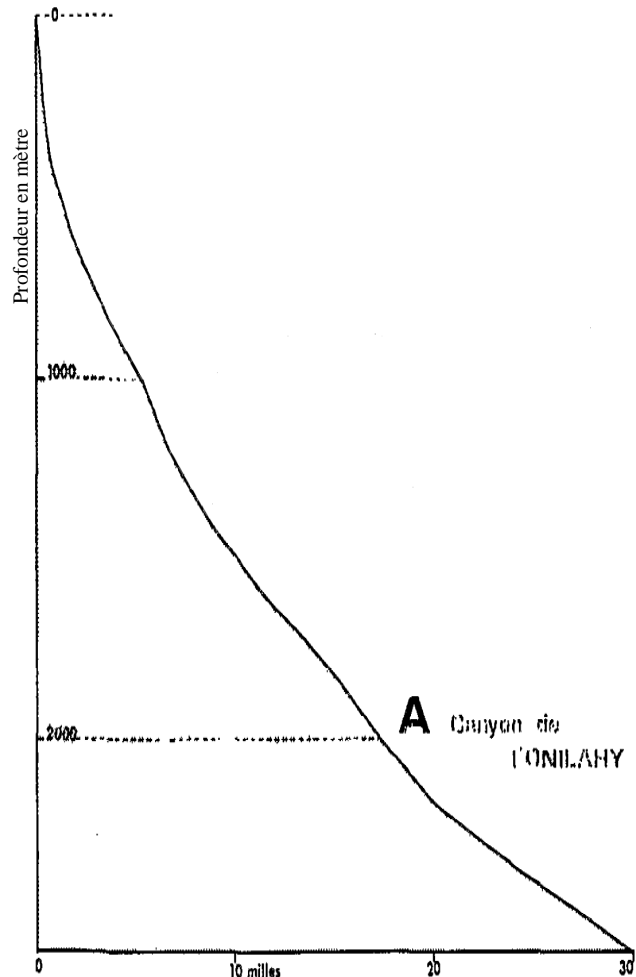


Figure 9 : Profil en long du canyon sous-marin

En fait, le caractère sinueux du parcours est d'autant plus net que l'on se trouve plus près de la tête de vallée. Jusque vers 1700 m, le talweg décrit trois méandres successifs en forme de demi-cercle, d'amplitude sensiblement égale (environ 5,5 km de diamètre). De 1700 à 2 400m, le talweg décrit une boucle beaucoup plus ample, de diamètre égal à 17 km.

La valeur moyenne de la pente du talweg peut être estimée à 4,7% entre 50 et 2 600m. Cette pente n'est pas constante (figures 8 & 9). Rapide de 50 à 400m, où sa valeur est de 22%, la pente s'adoucit peu à peu au-delà : sa valeur est de 8% de 400 à 1200 m, de 5 % de 1 200 à 2 200 m, de 2 % seulement de 2 200 à 2 600m. On ne distingue cependant pas de palier bien net (les ruptures de pente que l'on observe sur le profil à 1 000 et 1 800m peuvent être dues à la mauvaise précision du positionnement).

Le fond de la vallée est toujours étroit et son allure générale en V est nettement marquée, même à 2 600m de profondeur.

- *Le delta terminal*

Généralement, on observe au pied de la plupart des canyons un véritable delta sous-marin en relief au-dessus de la plaine océanique, et parfois de grande extension géographique. Dans le cas de l'Onilahy, le canyon débouche sur le plancher océanique du Canal de Mozambique.

f) Les systèmes dunaires

J.N. Salomon, 1979, définit cinq séquences dunaires :

1. La dune flandrienne (Q5)
2. La dune roux-clair (Q4)
3. La dune roux-foncé (Q3)

Q3 et Q4 correspondraient à deux stades du Karimbolien

4. La dune roux-rouge (Q2) : elle correspondrait au Tatsimien
5. La dune gris-blanche encroûtée (Q1)

g) Le milieu récifal

Le littoral de la plaine de Toliara est célèbre par ses récifs qui ont été longuement étudiés notamment par P. WEYDERT (1973). Le complexe récifal comprend :

- ❖ Le Grand Récif de Toliara, long de 18km et large jusqu'à 3km. C'est le type même de récif barrière.

- ❖ Le récif frangeant de Sarodrano est séparé de la flèche du même nom par un chenal d'embarcation ;
- ❖ Des récifs internes : dans le Sud de la baie ;
- ❖ Des bancs récifaux : au centre de la baie.

Le littoral et le milieu récifal constituent des unités relativement récentes et bien particulières.

PARTIE II - MATÉRIELS ET MÉTHODE

A. MATERIELS

1. Données utilisées

Pour réaliser notre étude, les données suivantes ont été utilisées :

- les données bibliographiques,
- la BD 500 ;
- les images satellites ;
- les données cartographiques du Service Géologique.

a) La Base de Données au 500.000è (BD 500)

Ce sont des données référentielles géographiques nationales (données numériques) à l'échelle 1/500.000 fournies par la FTM. La BD 500 renferme plusieurs cartes scannées de la région qui vont servir de supports supplémentaires pour la conception du SIG.

La réalisation du tracé des réseaux hydrographiques, la délimitation de la végétation, ainsi que la localisation des villages et des subdivisions administratives, ont été possible grâce aux informations tirées de la base de données BD 500 de la FTM.

b) Les images satellites

L'image Landsat 7 ETM+ utilisée est une portion extraite de la scène 160/076 acquise en 2000. Les dimensions de l'image qui a servi de base à cette étude sont 185km x 185km, les caractéristiques sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2: Caractéristiques des canaux LANDSAT

Bande	Longueur (µm)	Couleur	Pixel de résolution
TM1	0,45 – 0,515	Bleu	30 mètres
TM2	0,52 – 0,60	Vert	30 mètres
TM3	0,63 – 0,69	Rouge	30 mètres
TM4	0,76 – 0,90	Proche-infrarouge	30 mètres
TM5	1,55 – 1,75	Moyen-infrarouge	30 mètres
TM7	2,09 – 2,35	Moyen-infrarouge	30 mètres
TM6	10,40 – 12,5	Infrarouge thermique	60 mètres
TM8	0,52 - 0,90	Panchromatique	15 mètres

Les canaux Landsat TM reflètent l'état de surface de terrain qui est influencé à la fois par la lithologie, la granulométrie, l'état des sols, etc.....

a) Carte géologique

La numérisation de la carte géologique de la zone d'étude s'est avérée nécessaire pour une meilleure approche de l'étude de la délimitation en surface des calcaires de Soalara.

Aussi la numérisation d'une carte géologique a été réalisée à partir des trois cartes géologiques au 100.000^e éditées par le Service géologique, ce sont les feuilles :

- ❖ C-58 : Manombo-Tuléar de R. Pavlovsky, J. Aurouze, R. Battistini, J. de Saint Ours (1966) ;
- ❖ D-58 : Ambohimahavelona-Tongobory de A. Pachoud (1954), E. Basse (1930), P. Ziegler (1956) ;
- ❖ CD-59 : Anakao-Maroarivo de H. Besairie (1927 – 1944)

B. METHODOLOGIE

La démarche suivie pour réaliser ce mémoire est résumée sur la figure ci-après :

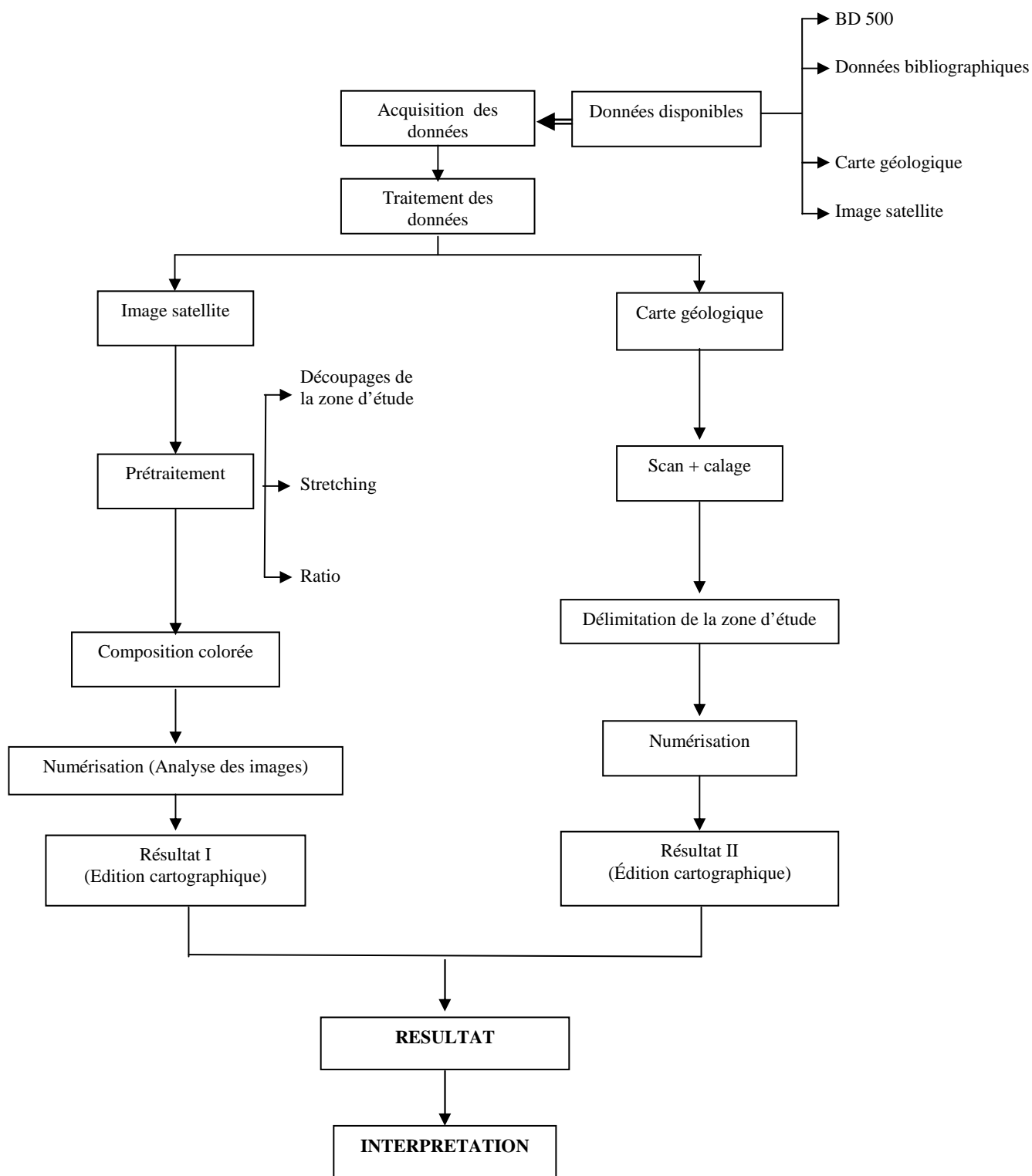


Figure 10: Méthode de traitement des données

Les principales étapes du travail mené dans ce mémoire se présentent comme suit :

1. Acquisition des données

Données disponibles :

1. BD 500 de la FTM
2. Données bibliographiques
3. Cartes géologiques au 100.000è
4. Image satellite LANDSAT

2. Traitement des données :

- a. Prétraitement
- b. Traitement proprement dit

3. Résultats

4. Interprétation

1. Acquisition des données

Cette étape, essentielle pour la fiabilité des résultats, est une des étapes les plus importantes dans ce travail. Les données disponibles sont :

- a) BD 500 de la FTM
- b) Données bibliographiques
- c) Cartes géologiques au 100.000è
- d) Image satellite LANDSAT

2. Traitement des données

Prétraitement

On appelle prétraitement les opérations requises avant analyse principale et l'extraction de l'information. Il se divise en correction géométrique et en correction radiométrique.

Dans ce mémoire, ces corrections ont été déjà réalisées à la source.

Les travaux de télédétection ont été réalisés à l'aide du logiciel Envi v.4.2 qui regroupe en son sein des fonctionnalités multiples relatives au traitement des images; à la cartographie thématique et l'extraction de l'information souhaitée.

Découpage des bandes

L'image LANDSAT présente 8 bandes de résolution différentes, 6 bandes présentent la même résolution (TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 et TM7) c'est à dire qu'elles peuvent être combinées entre elles.

Dans ce mémoire, le prétraitement des images à partir du logiciel ENVI 4.2 s'est donc fait à partir du découpage de ces six bandes dont les caractéristiques sont représentées par le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristique de découpage des bandes TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 et TM7

	Niveau de ligne (line)	Niveau de colonne (sample)
Minimale	2805	3147
Maximale	3010	5929



Figure 11 : Découpage de la bande TM1

Amélioration des contrastes

La technique consiste à rehausser le contraste à partir de l'histogramme d'étalement pour améliorer l'apparence de l'imagerie afin de faciliter l'interprétation et l'analyse visuelle. Un filtrage spatial peut être utilisé pour éliminer les bruits contenus dans l'image c'est-à-dire toutes les données inutiles qui peuvent masquer l'information.

Composition colorée

Ce travail s'est surtout basé sur l'utilisation des compositions colorées Rouge (R), Vert (V), Bleu (B) comme le montre la figure 12 qui suit :

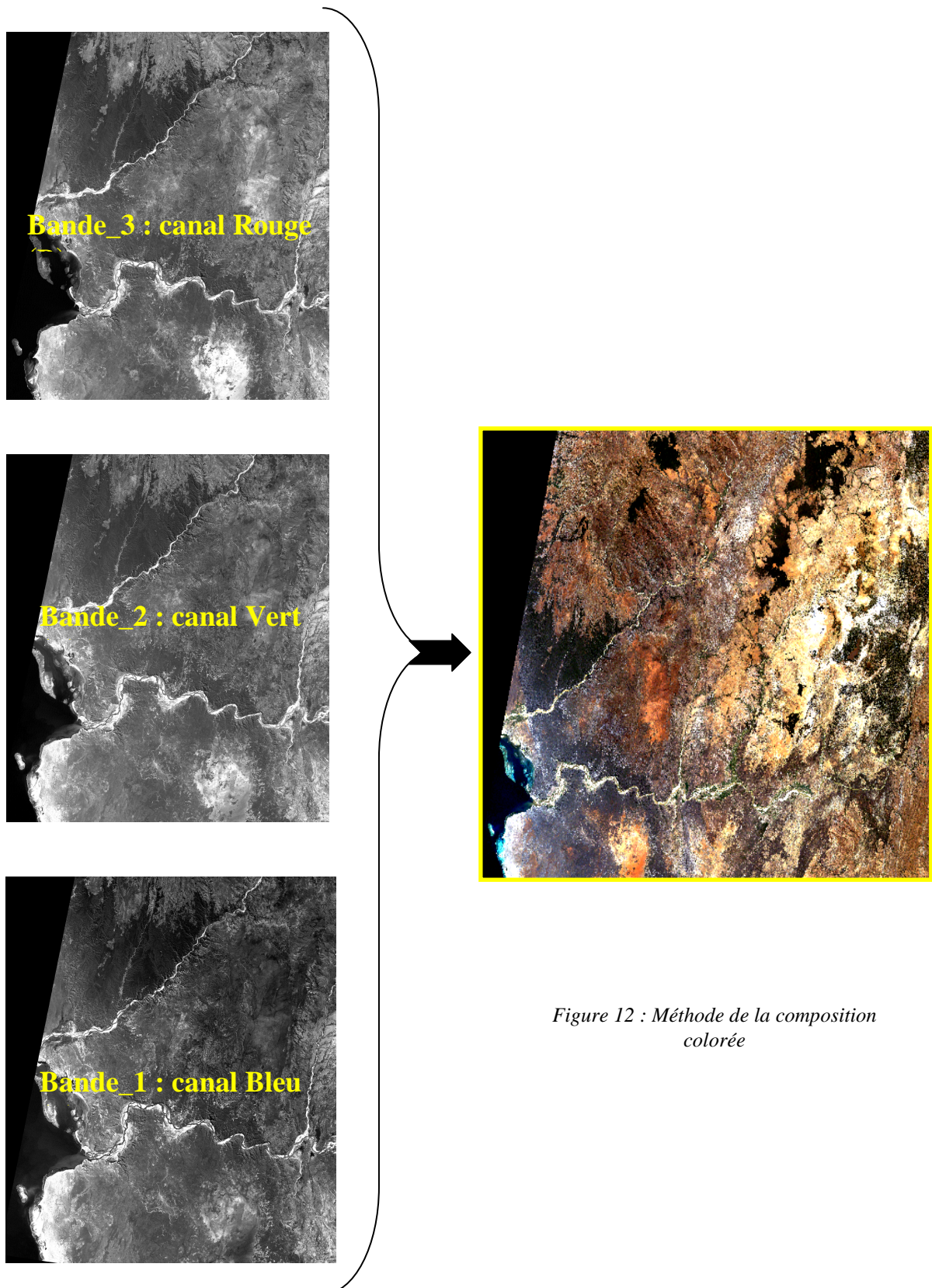


Figure 12 : Méthode de la composition colorée

De part leurs caractéristiques, les différentes bandes peuvent être utilisées comme des indicateurs spécifiques tels que :

- La bande 1 est un indicateur des fortes teneurs en eaux (humidité) ;
- La bande 2 peut être révélatrice de la végétation saine : domaine du visible vert, sensibilité à la chlorophylle ;
- La bande 3 : indicatrice de la forte absorption chlorophyllienne (phénologique) car elle est sensible au rouge et à l'abondance de certains minéraux tel l'oxyde de fer dans le pixel sol, et peut être utilisé dans l'analyse structurale ;
- La bande 4 correspond à la réflectance maximale de la matière vivante et constitue donc une mesure de l'abondance de celle-ci. Les objets minéraux ne montrent pas de réflectance importante. Cette bande permet donc la mise en évidence de la végétation ;
- La bande 5 est « neutre » par rapport aux sols et à la végétation, sa variation dépend surtout de l'humidité des objets. Elle est utilisée dans le domaine de la géologie ;
- La bande 7 possède des propriétés spécifiques aux objets minéraux qui sont plus lumineux que les objets végétaux.

Afin d'exploiter au maximum ces propriétés et pour une meilleure visibilité des structures et d'autres éléments présents, un rehaussement de la dynamique a été effectué à chaque combinaison de ces bandes.



*Figure 13 : Composition colorée
321 (couleurs naturelles)*

Pour pouvoir procéder au contrôle de la réalité du terrain, la composition 321 qui correspond aux couleurs naturelles, a été utilisée comme le montre l'image de la figure précédente.

Compte tenu des propriétés des calcaires qui généralement se présentent sous une coloration claire, une faible porosité (donc faible humidité) dans le cas où l'on n'observe pas de dissolution secondaire, l'utilisation de la composition colorée 753 a permis de mettre en évidence la limite des dépôts de calcaire tel que l'on peut l'observer sur l'image qui suit.

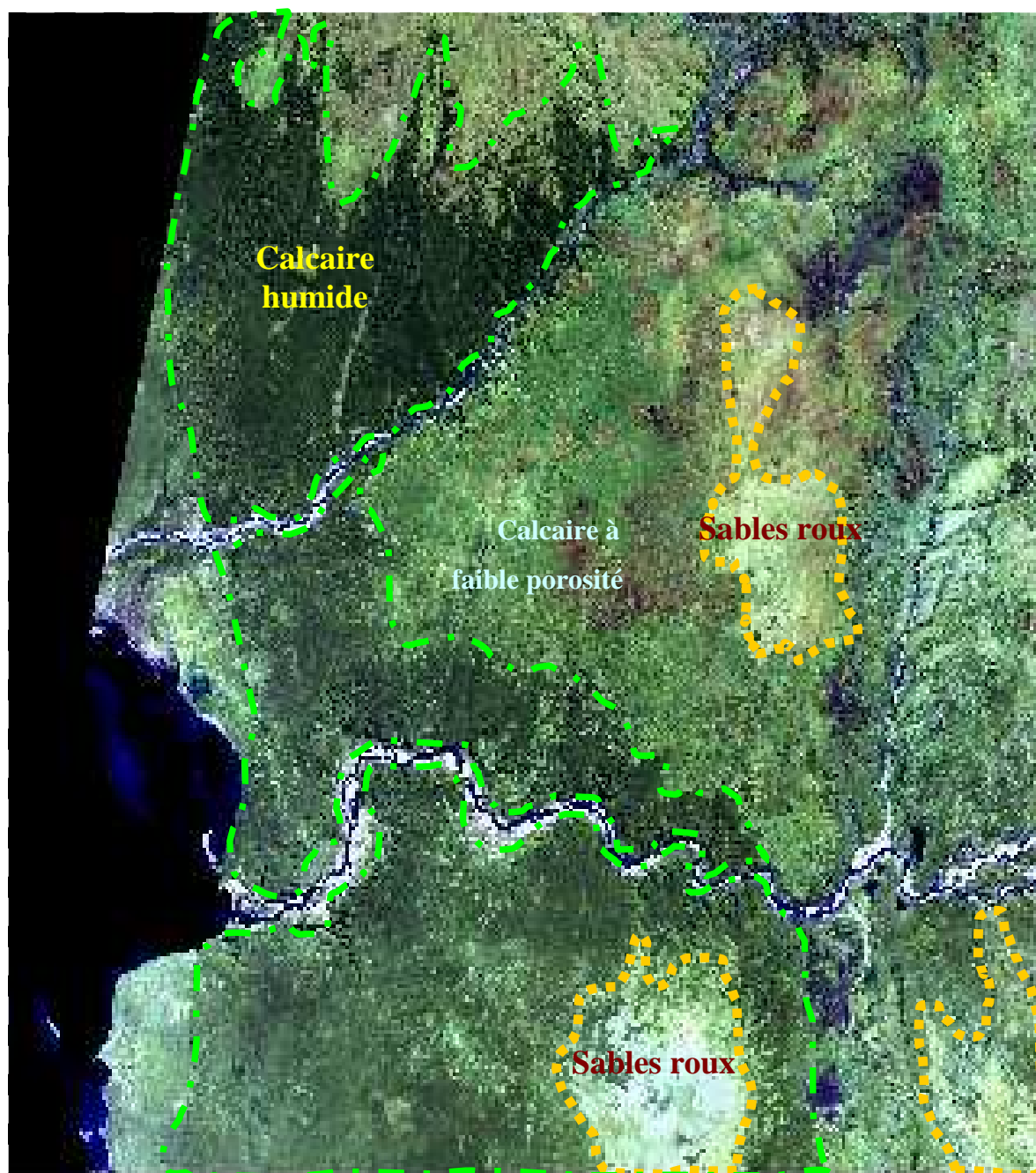


Figure 14 : Composition colorée 753

La combinaison 432 met en évidence la couverture végétale qui suppose donc l'existence de zones humides, en rouge sang sur l'image. Par opposition, les zones dépourvues de couverture végétale apparaissent en clair.

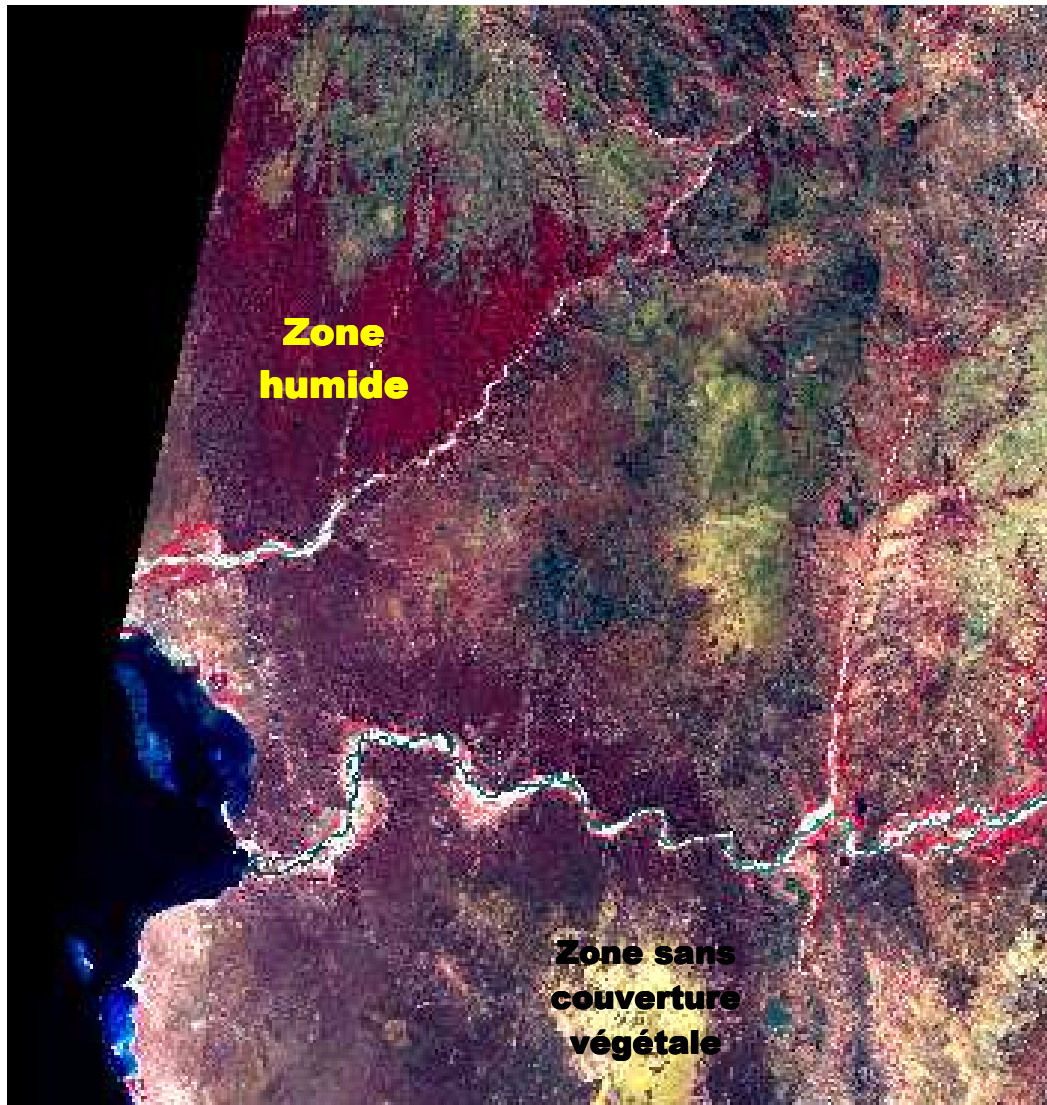


Figure 15: Composition colorée 432

a) Traitement proprement dit

Les données acquises par télédétection peuvent être affectées par :

- les conditions atmosphériques,
- la topographie,
- la distance focale du système optique,
- et la géométrie du capteur.

Les traitements consistent à analyser, à interpréter et à cartographier les images par des processus d'interprétation manuelle ou par des processus de transformations numériques assistées par l'ordinateur.

Géoréférencement des cartes

Afin de réaliser le traitement des différentes données, il a d'abord fallu procéder au géoréférencement (calage) de la carte géologique et des images satellites.

Les calages ont été effectués à l'aide du logiciel MapInfo 9.00.

Notons que les images satellites utilisées ont été géoréférencées avec une projection arbitraire. Il est alors impossible de superposer les images satellites sur celles de la carte géologique car le système de géoréférencement est différent. Pour pouvoir réaliser les corrections afin de pouvoir effectuer les traitements, nous avons adopté sur MapInfo la démarche suivante :

- Dans le cas où on utilise une photo satellite, la procédure se fait comme suit :

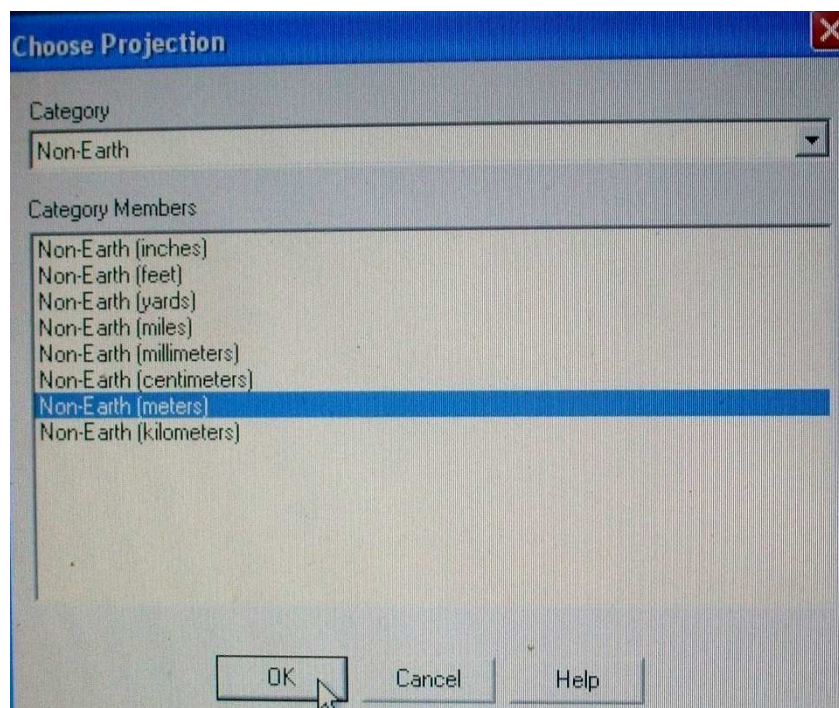


Figure 16 : Mode de géoréférencement des images satellites

- Par contre si on procède au calage d'une carte géologique, on suit la démarche ci-après :

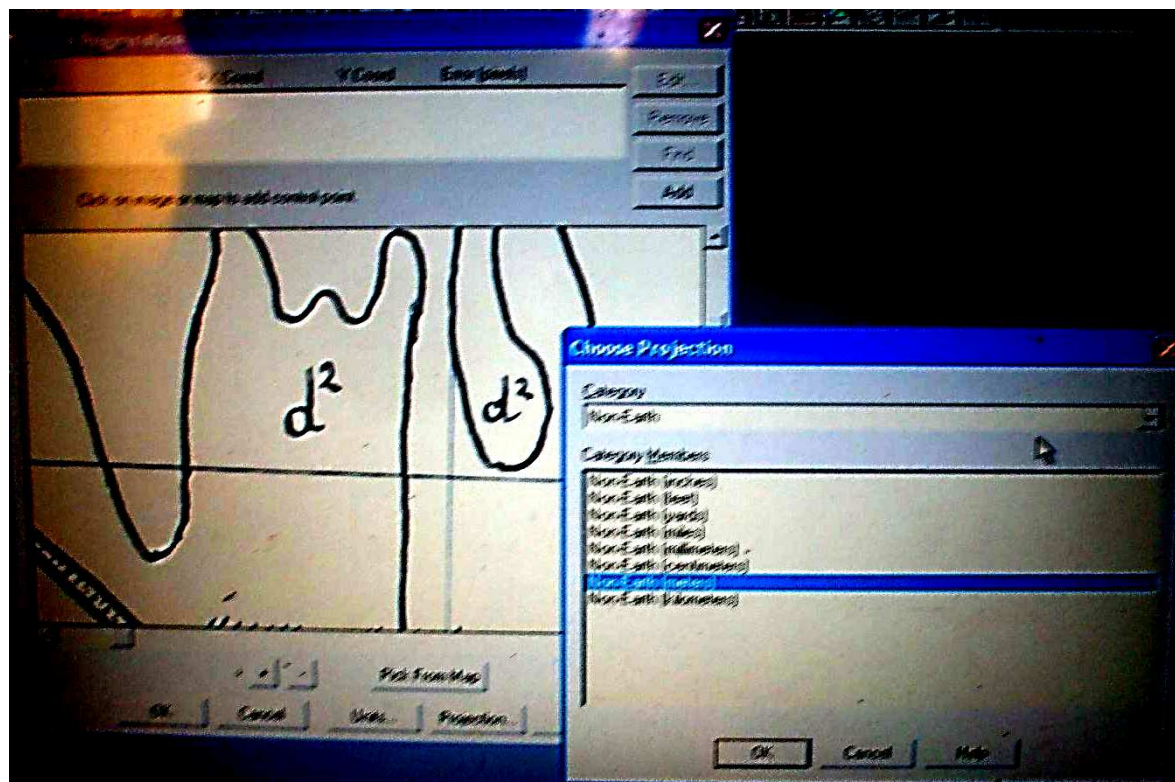


Figure 17 : Choix de projection

Après avoir réalisé le choix de la projection adéquate, le calage de la carte géologique nécessite l'identification d'au moins trois points remarquables ayant des coordonnées Laborde bien déterminées sur la carte existante.

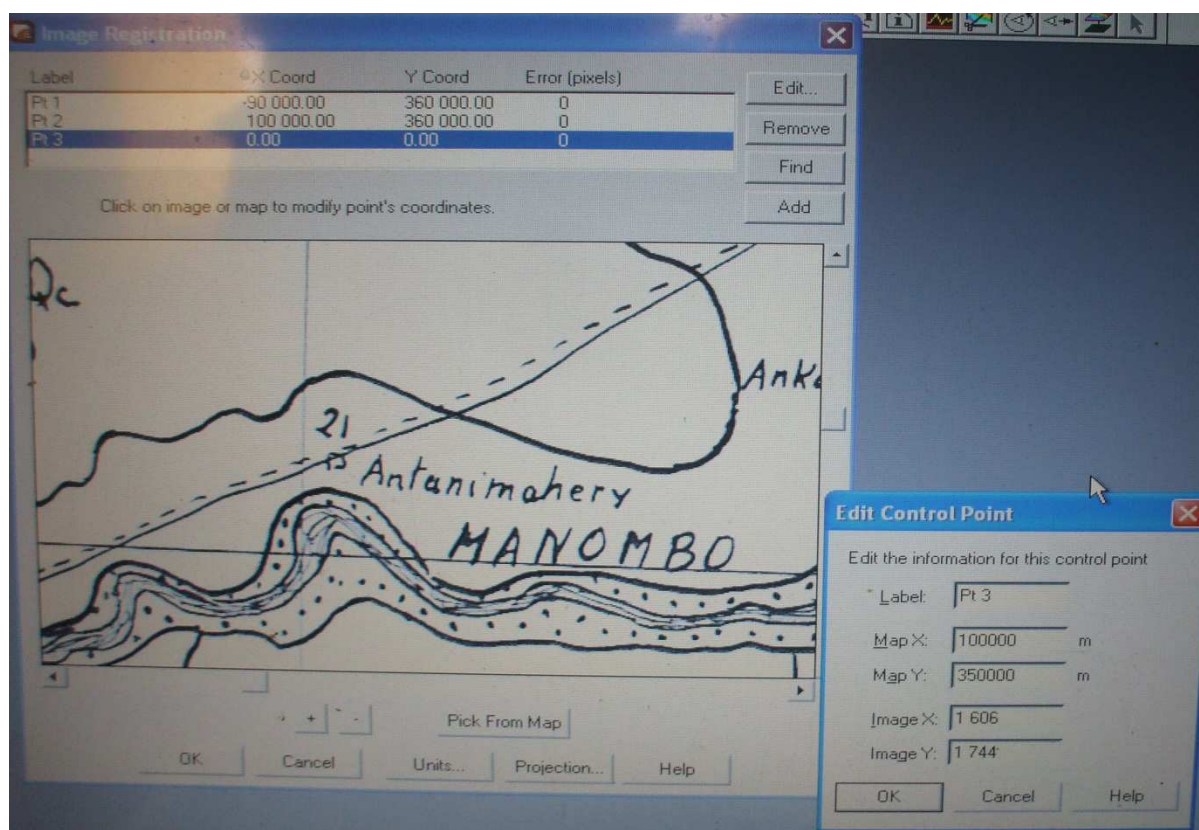


Figure 18 : Calage de la carte géologique

Pour réaliser un même géoréférencement, il faut que l'erreur soit le minimum possible pour que l'image puisse être utilisée.

La projection arbitraire sur le logiciel Envi est équivalente à la projection non terrestre sur MapInfo. Ainsi, elles ne sont ni des projections sans système de projection ni un système ellipsoïde.

Numérisation

C'est un processus qui a pour but de convertir des données sur papier en données numériques. Elle consiste au traitement des différentes informations par :

- *vectorisation* : délimitation des couches et digitalisation des linéaments à partir des figures géométriques (lignes et polygones) dont la carte géoréférencée va servir de fond;
 - et *analyse* : saisie des attributs associés aux tables correspondantes ;
- pour obtenir les différentes cartes nécessaires à notre étude.

La numérisation a été effectuée avec le logiciel MapInfo 9.0. Pour la réalisation de cette opération, les étapes suivantes ont été suivies :

- Création d'une nouvelle table, par exemple la carte des linéaments ;
- Ouverture d'une fenêtre carte (Map) pour afficher les différentes données (carte géologique et/ou image satellite) ;
- Tracé de ligne pour les linéaments et/ou polygones pour la délimitation des couches géologiques à l'aide de figures géométriques ;
- Etablissement d'une nouvelle carte ;
- Mise en page.

3. Résultats

Les résultats obtenus se présentent sous la forme de :

- Carte de linéaments
- Carte représentant les différentes lithologies

Une carte de synthèse est alors obtenue par superposition de ces deux types de cartes.

4. Interprétation

L'interprétation peut alors se faire à partir de toutes les informations obtenues et le résultats de la carte de synthèse.

PARTIE III : RÉSULTATS

A. SIG ET TRAITEMENT DE L'IMAGE SATELLITE

1. Lithofaciès et structures géologiques

Le traitement des images résultant des combinaisons 321 et 753 ainsi que l'utilisation du ratio (TM7/ TM5), ont fortement contribué à l'identification des dépôts calcaires sur le site d'étude. Les images obtenues sont représentées sur les figures qui suivent :

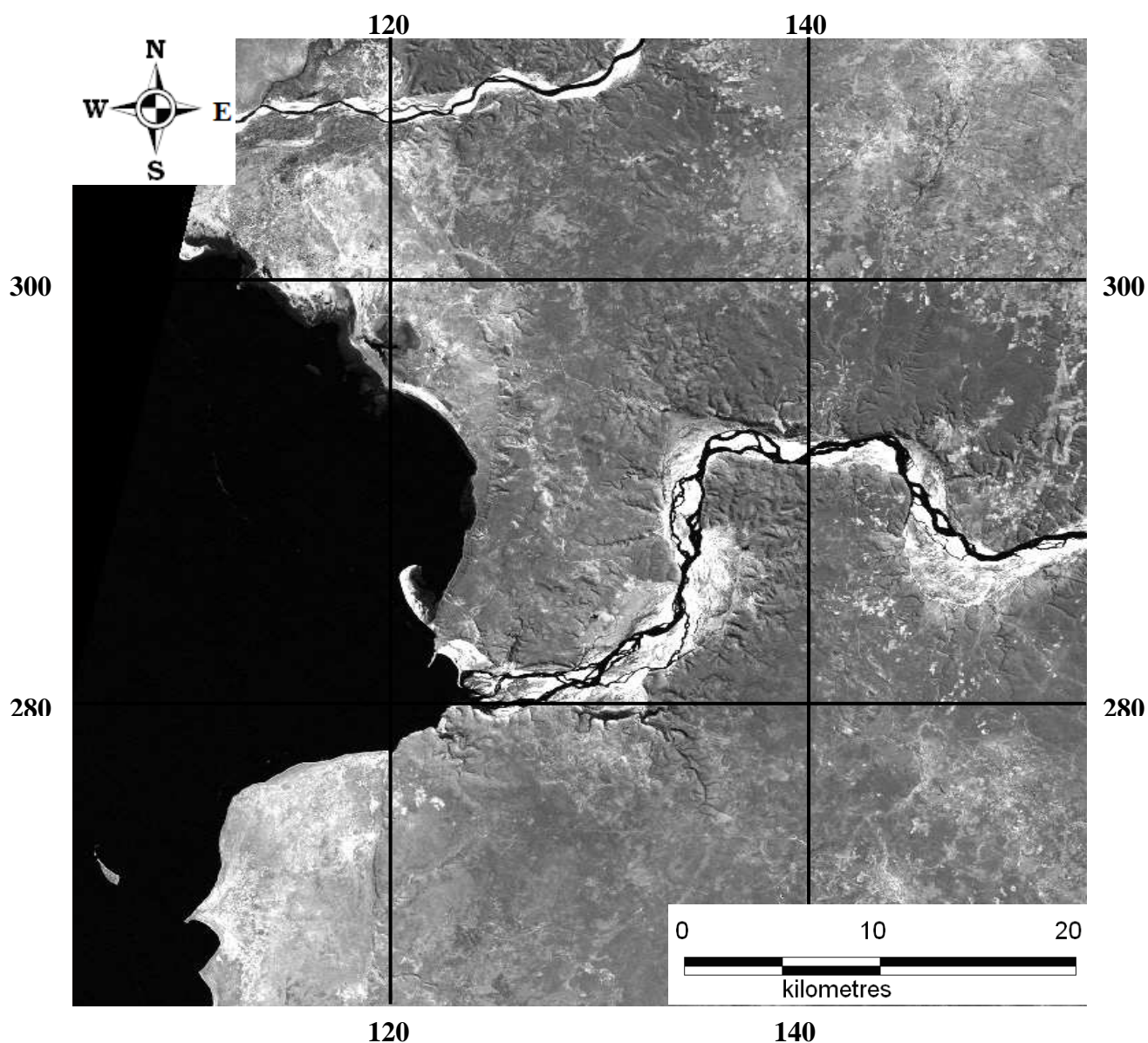


Figure 19 : Ratio TM7/TM5

Sur cette image, les dépôts calcaires se distinguent des alluvions (en blanc) par leur couleur gris clair, les cours d'eau et les autres formations sont en noir.

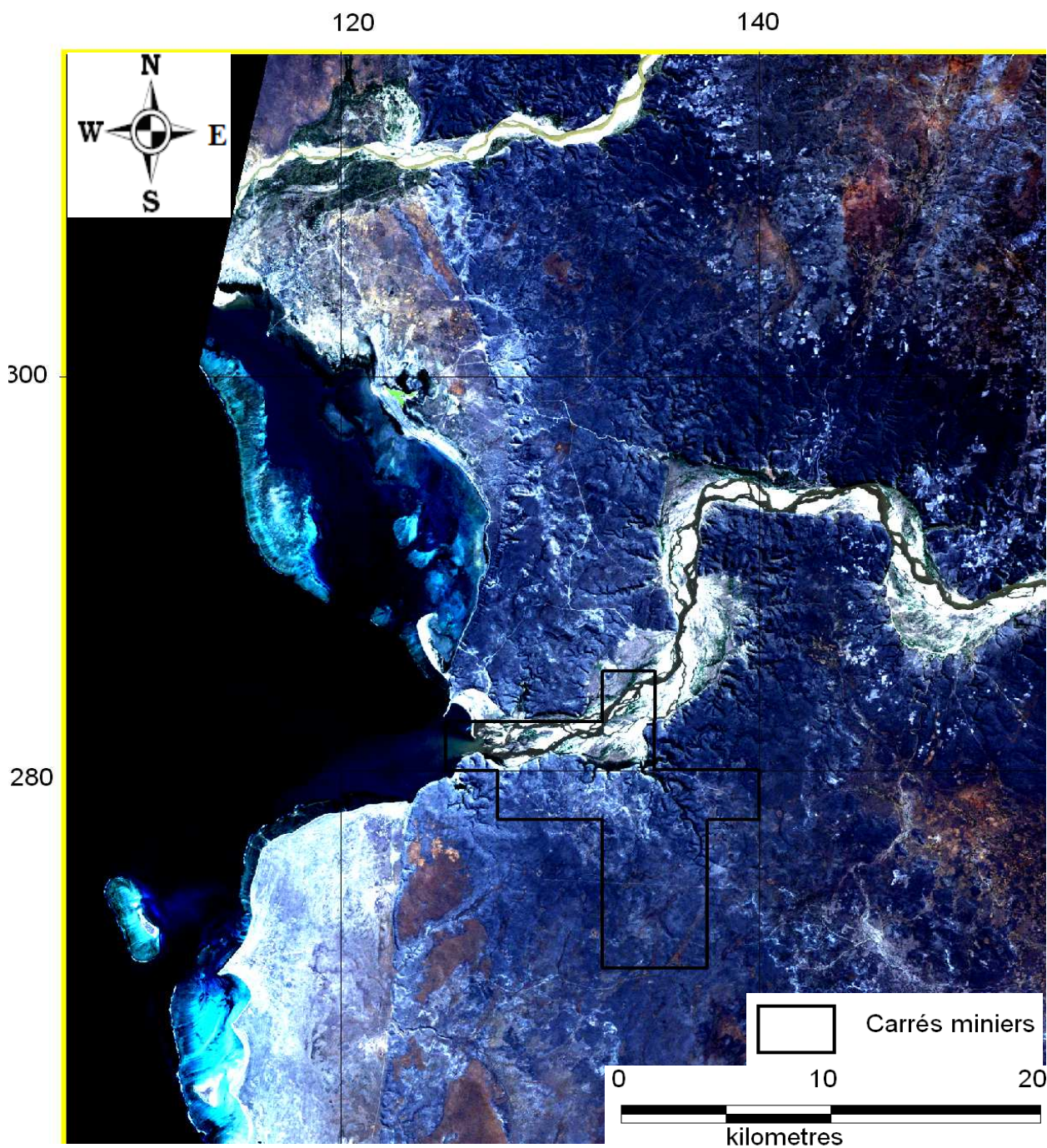


Figure 20 : Composition colorée 321 avec carrés miniers du projet Ambatovy

La combinaison 321 fait ressortir en teinte bleue grisâtre des calcaires truffés de dolines et d'avens, en gris brun l'eau, en vert sombre à clair la végétation, en orange rouille les sables roux, en bleu ciel les récifs, en blanc crème les dunes, et en blanc les autres formations.

Sur l'image 21, on distingue les bancs calcaires par leur coloration verte.

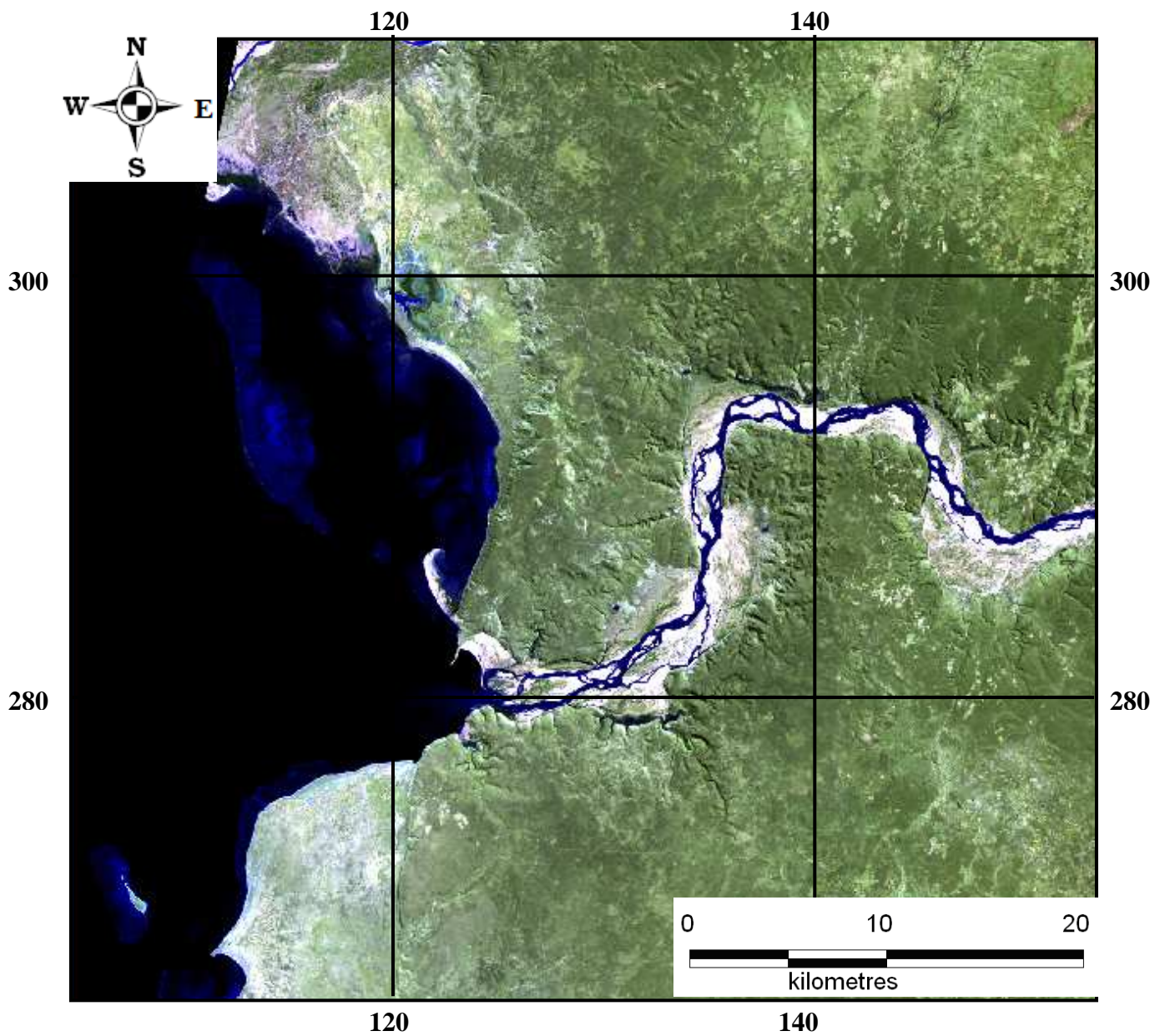


Figure 21: Composition colorée 753

2. Délimitation des affleurements en surface

A partir de la numérisation des cartes géologiques, on obtient le résultat représenté sur la figure 22.

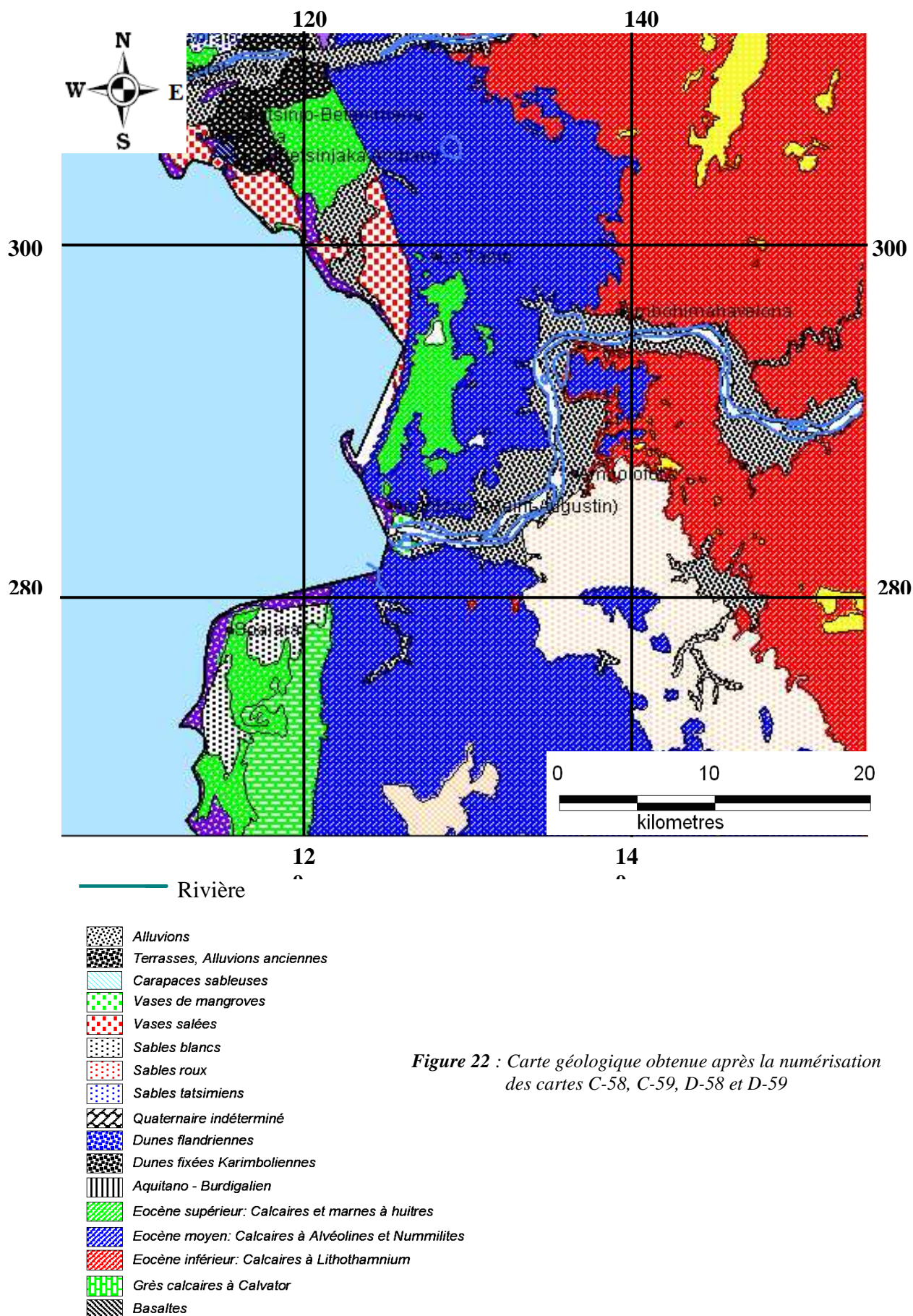


Figure 22 : Carte géologique obtenue après la numérisation des cartes C-58, C-59, D-58 et D-59

En superposant la carte géologique traitée sur l'image satellite obtenue à partir de la composition colorée 321, on obtient le résultat suivant (figure 23) :

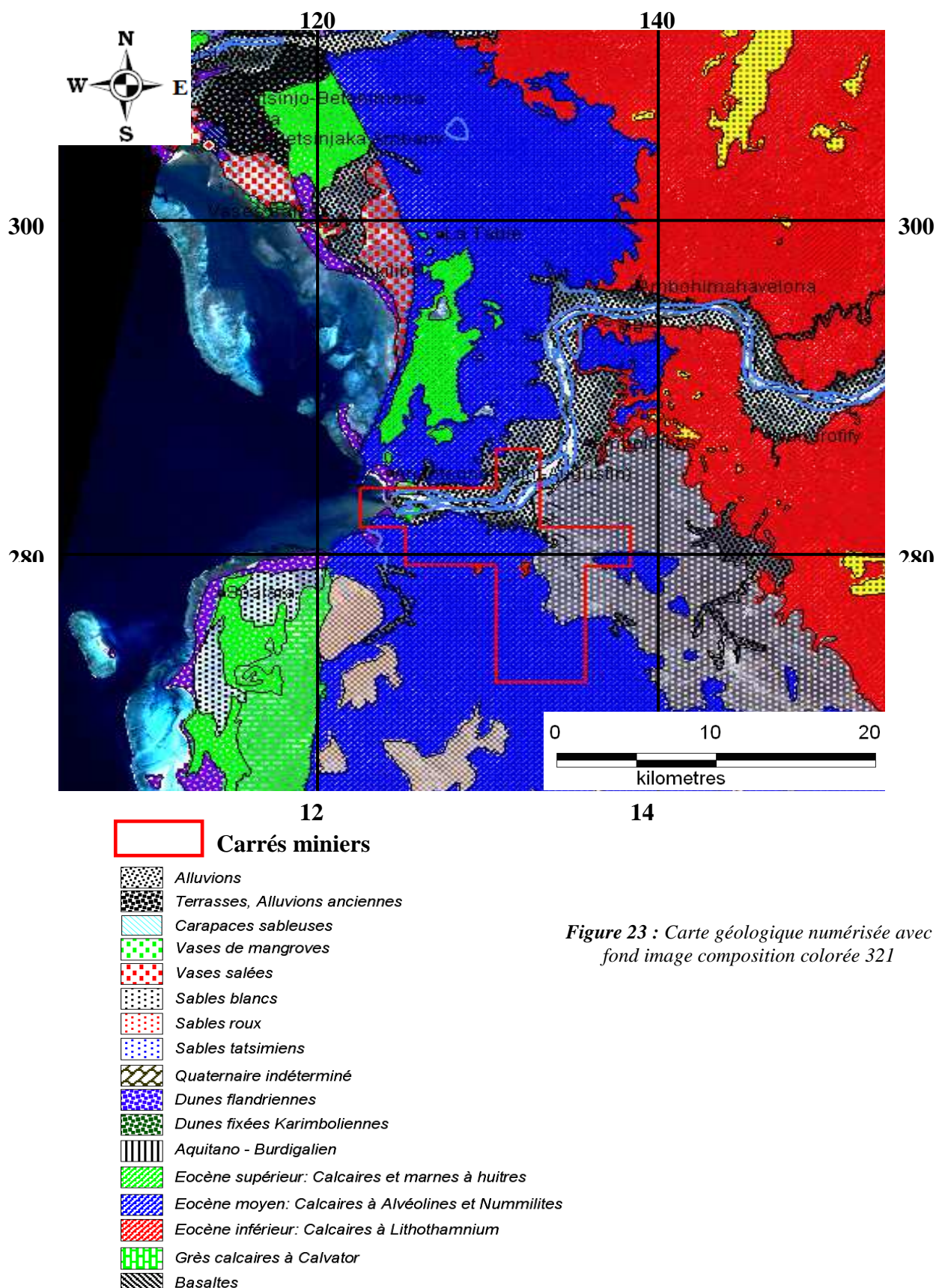


Figure 23 : Carte géologique numérisée avec fond image composition colorée 321

Ce résultat nous montre que la plupart des couches géologiques sur la carte numérisée coïncident avec les limites des couches sur les images satellites en composition colorée 321 mais avec quelques rectifications.

3. Tracé des principaux linéaments

Dans une étude de télédétection et de SIG, l'interprétation des linéaments à la suite de leur cartographie, constitue le maillon essentiel de la cartographie géologique et structurale. Une fois le canevas linéamentaire fourni, l'interprétation des linéaments (distinction, conjugaison, identification, bâti structural) a recours aux données de terrain et éventuellement aux anciennes productions scientifiques.

En effet, les cours d'eau et le relief portent l'empreinte de la tectonique. L'un des objectifs de cette étude est de fournir une méthode efficace à la stratégie de la prospection dans le cadre du choix des sites à prospecter. Il s'agit alors de détecter les directions structurales, de mettre en évidence et identifier les conjugaisons, et de proposer un bâti structural avant des observations de terrain.

Ainsi, les principaux linéaments de la zone d'étude ont été tracés à partir des cartes géologiques et des images satellites. Pour cela, l'utilisation des compositions colorées 321, 753 et de la bande panchromatique TM8 ont permis une bonne visualisation des différents accidents.

Notons que sur la figure 24, les linéaments_1 sont des fractures, les linéaments_2 des failles probables enfin le trait noir en gras est la faille de Tuléar de direction N15° (direction Mozambique).

A partir des analyses, il a été identifié 59 linéaments avec toutes leurs caractéristiques dont la direction préférentielle : SE – NW.

Les autres directions sont représentées sur le tableau 3 :

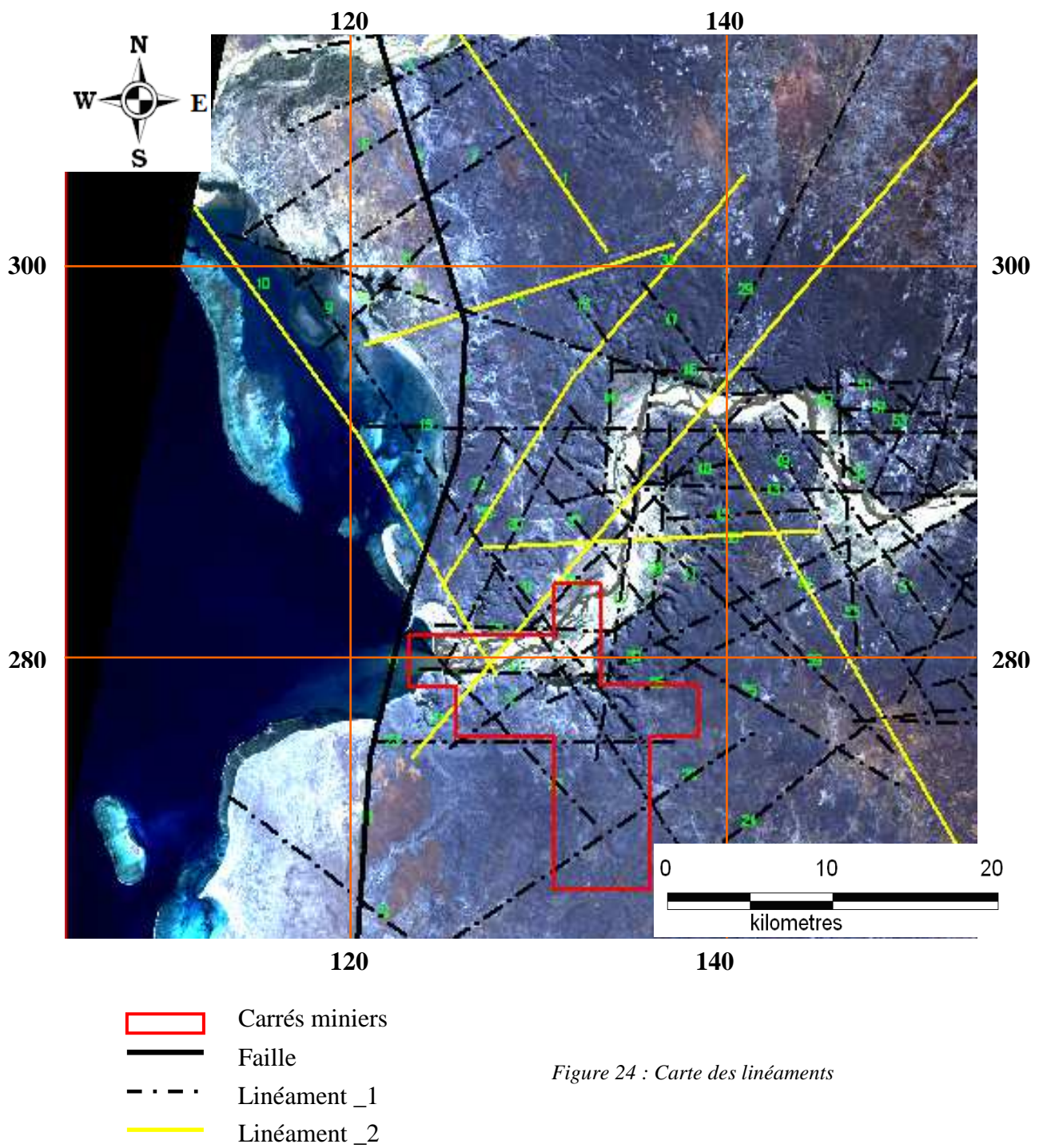


Figure 24 : Carte des linéaments

Tableau 4 : Résultat récapitulatif des différents linéaments identifiés

Numéro de fracture	Direction	Longueur (m)
1	NNW – SSE	22500
2	ENE – WSW	16900
3	ENE – WSW	12500
4	NNW – SSE	13800
5	NW – SE	14500
6	NE – SW	32300
7	NE – SW	14800
8	NE – SW	9200
9	NW – SE	43900
10	NW – SE	14100
11	NNW – SSE	13700
12	WNW – ESE	27100
13	NW – SE	3500
14	ENE – WSW	16600
15	E – W	37800
16	N – S	6200
17	NNE – SSW	15700
18	N – S	16200
19	NW – SE	23700
20	ENE – WSW	20800
21	WNW – ESE	10000
22	NW – SE	13900
23	E – W	15600
24	NE – SW	12500
25	WNW – ESE	14400
26	ENE – WSW	31700
27	NE – SW	13700
28	NE – SW	51200
29	NNE – SSW	30900
30	ENE – WSW	45200

31	E – W	10800
32	E – W	9600
33	NNE – SSW	5800
34	NE – SW	12700
35	NNE – SSW	12700
36	NNE – SSW	14000
37	NW – SE	12700
38	E – W	17500
39	NW – SE	14300
40	ENE – WSW	14300
41	NW – SE	16300
42	E – W	8500
43	E – W	19800
44	N – S	6600
45	N – S	19200
46	E – W	7300
47	NW – SE	6200
48	NNW – SSE	22600
49	NNW – SSE	17200
50	NW – SE	16500
51	NW – SE	13400
52	NW – SE	18600
53	NNE – SSW	9400
54	NW – SE	13500
55	N – S	14100
56	N – S	10500
57	NE – SW	16800
58	E – W	13700
59	NW – SE	24300

D’après ce tableau, on peut dire qu’il s’agit de fractures majeures (*streak-slip fault*) qui descendent en profondeur.

Nous avons alors les résultats statistiques suivants (tableau 5) :

Tableau 5: Résultats statistiques des linéaments.

Orientation	Fréquence	Pourcentage (%)
NS	6	10,16
NNE - SSW	6	10,16
NE – SW	8	13,55
ENE – WSW	7	11,86
E – W	9	15,25
WNW – ESE	3	5,10
NW – SE	15	25,42
NNW - SSE	5	8,47

On obtient ainsi une rosace directionnelle représentée ci-après (figure 25) :

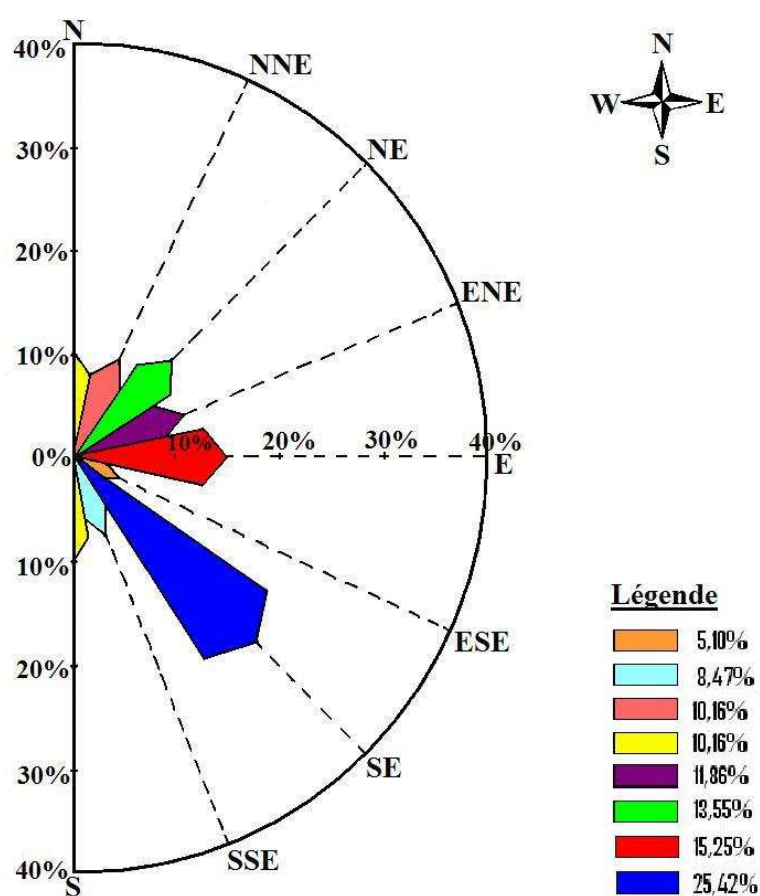


Figure25 : Rosace d'orientation des linéaments

A partir de l'analyse des images Landsat (TM8, compositions colorées 321 : figure 24), on constate que les linéaments ont des longueurs d'ordre plurikilométrique de 3,5 à 51,2 et dont la longueur totale est d'environ 1013800m. La distribution directionnelle des linéaments (tableau 4) fait ressortir trois grandes classes de direction NW - SE, NNE – SSW, et E – W.

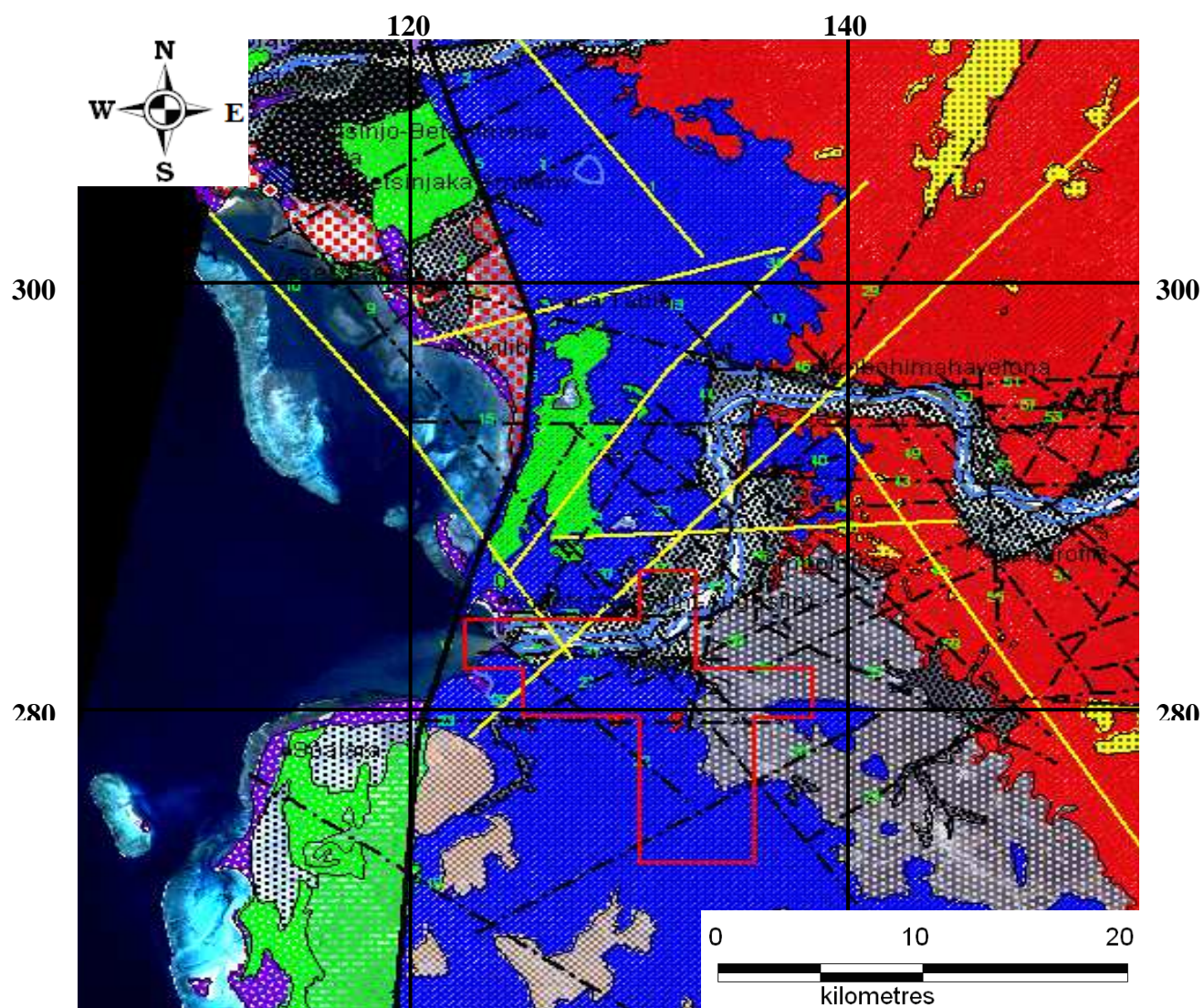
La classe de direction NW–SE (25,42% de l'ensemble des effectifs) constitue la direction majeure de la trame linéamentaire. Les deux principales directions secondaires sont les classes NNE – SSW (15,25%) et E-W (13,55%).

En fait, les linéaments rencontrés au Sud de la rivière Onilahy peuvent être la prolongation des accidents localisés au Nord de l'Onilahy. Ce sont probablement des accidents liés à la grande faille de Toliara qui a une direction N15°.

4. Restitution de la carte géologique

A partir de la superposition de la carte de linéaments et de la carte géologique numérisée (figure 23), on obtient la nouvelle carte géologique représentée sur la figure 26.

Cette nouvelle carte a servi de support à la compréhension et à l'interprétation des mécanismes tectoniques qui ont modelé le paysage du site étudié.



Légende

- Faille
- - - - Linéament_1
- Linéament_2
- Carrés miniers

- Alluvions
- Terrasses, Alluvions anciennes
- Carapaces sableuses
- Vases de mangroves
- Vases salées
- Sables blancs
- Sables roux
- Sables tatsimiens
- Quaternaire indéterminé
- Dunes flandriennes
- Dunes fixées Karimboliennes
- Aquitano - Burdigalien
- Eocène supérieur: Calcaires et marnes à huîtres
- Eocène moyen: Calcaires à Alvéolines et Nummilites
- Eocène inférieur: Calcaires à Lithothamnium
- Grès calcaires à Calvator
- Basaltes

Figure 26 : Carte de synthèse (nouvelle carte géologique)

PARTIE IV – INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS OBTENUS

A. LES FORMATIONS GÉOLOGIQUES

L'analyse des images combinées (321 et 753) fait apparaître la part importante des images satellites sur la détection et la délimitation des affleurements. Ainsi, les résultats mettent en évidence l'existence de deux grandes formations géologiques naturelles bien distinctes qui sont :

- Le plateau calcaire : limité à l'Ouest par un grand escarpement par un revers de la cuesta ;
- La plaine côtière : limitée à l'Ouest par le canal de Mozambique et à l'Est par la falaise bordière.

En superposant la carte géologique 1/1000000e numérisée sur ces images combinées, on observe la présence de faciès variés représentant respectivement les subdivisions de l'Eocène et d'autres formations plus récentes (figure 23) dans le plateau mahafaly.

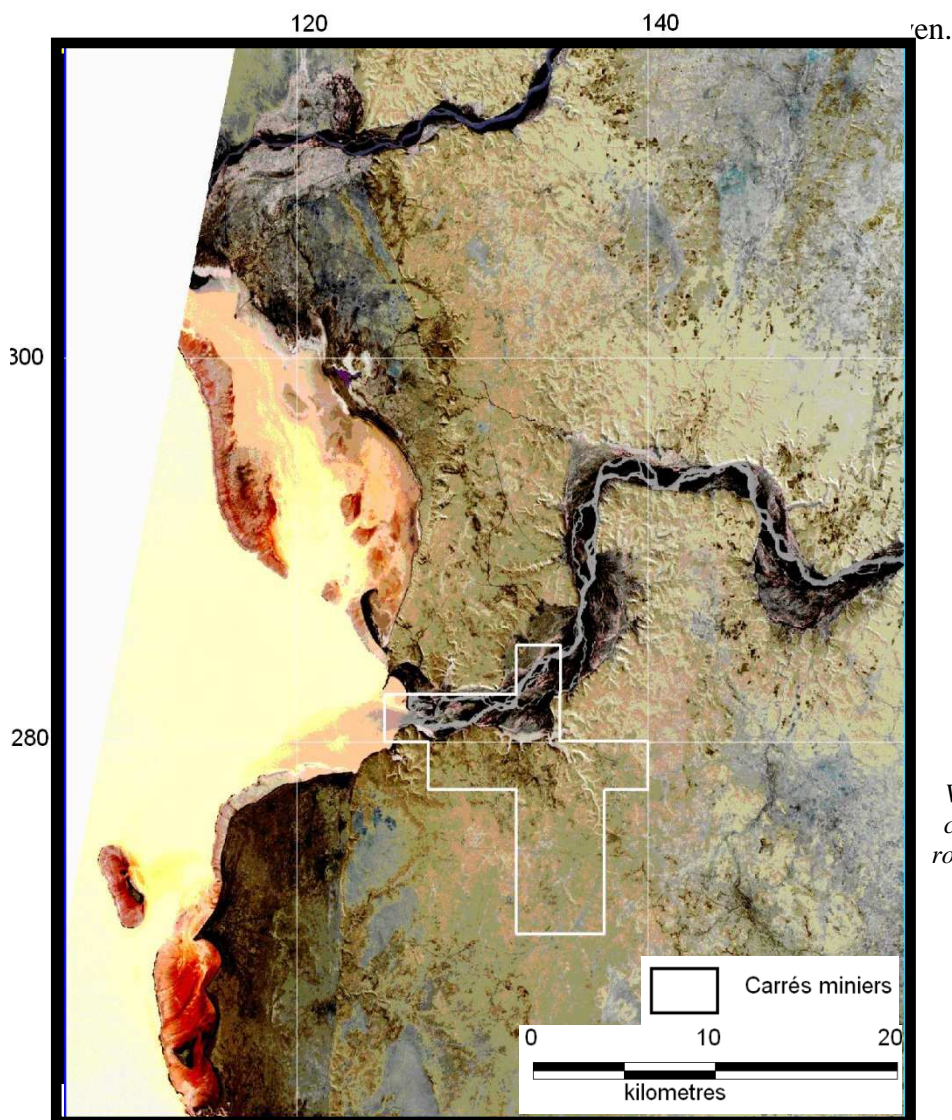


Figure 27 :
Visualisation des
cassures dans les
roches compétentes
(inversion de la
composition
colorée 321)

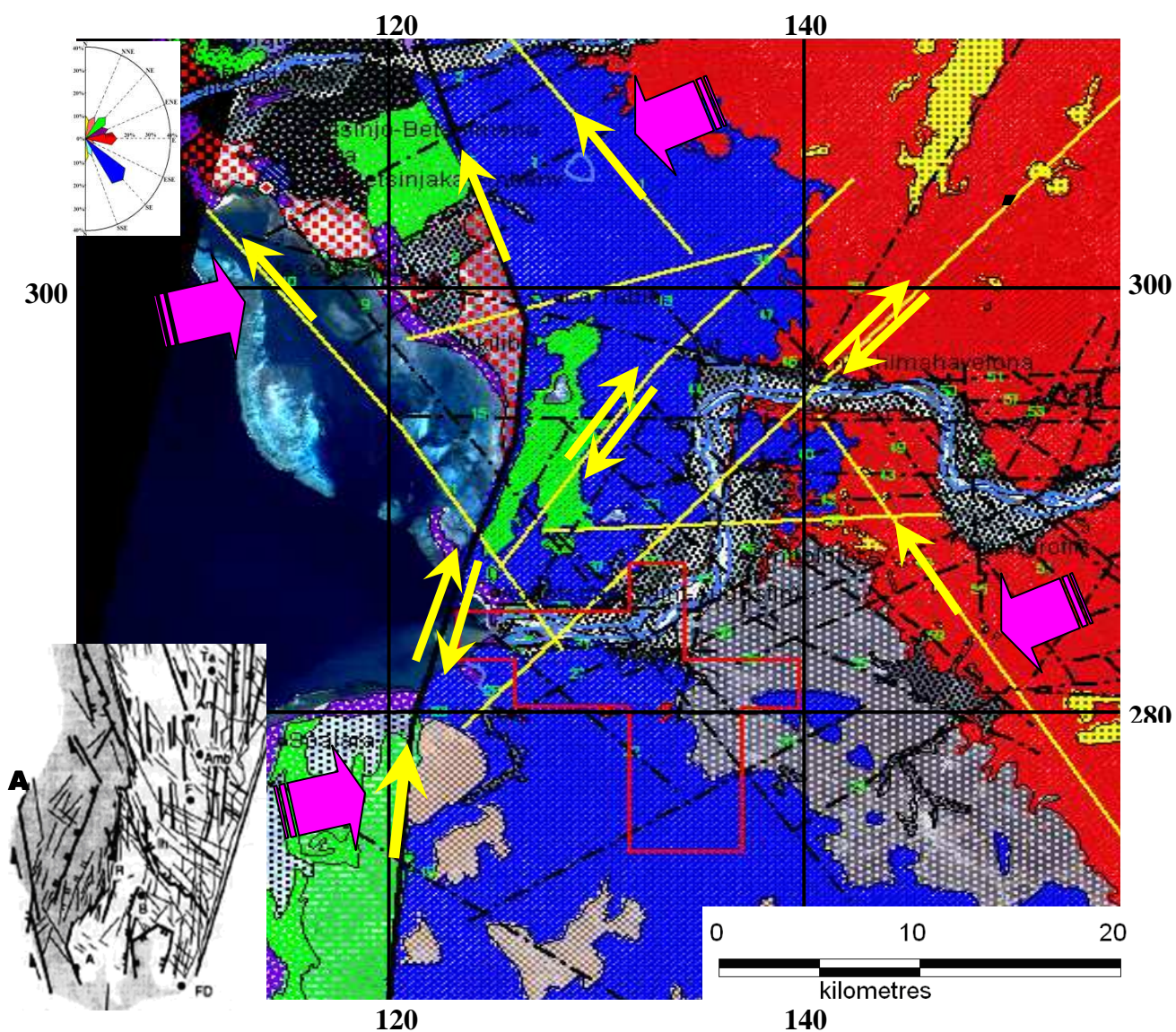
B. RELATIONS ENTRE LE KARST ET LA TECTONIQUE

D'une manière générale la topographie de la région est marquée par l'abondance de linéaments donc par une forte influence de la tectonique. Bien que les escarpements de cette région soient en dernier ressort l'œuvre de l'érosion, beaucoup parmi les plus importants coïncident avec l'une ou l'autre des directions tectoniques et semblent trahir la présence d'accidents profonds.


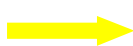




L'organisation des linéaments identifiés à partir des images satellites montre une disposition en réseau des accidents, caractéristique des formations karstiques, avec une prédominance des directions SSE-NNW et E-W à NNE. De part leur propriété physique, les calcaires qui sont des roches compétentes, sont plus aptes à se rompre qu'à se déformer, c'est une des raisons pour laquelle on retrouve de nombreuses fractures en surface qui facilitent l'infiltration de l'eau d'où la dissolution des calcaires sous forme de dolines et de avens.

L'observation et l'analyse des principales déformations montrent l'existence d'une compression ayant entraîné le coulissage orienté SSE-NNW des principales failles, et relayé par la faille de Toliara suivant le littoral Ouest.

Une zone de décrochement NE-SW recoupe la faille de Toliara, et pourrait être la cause de la formation du canyon situé à l'embouchure de l'Onilahy. Cette hypothèse peut s'appuyer sur l'existence démontrée d'une subsidence côtière (Battistini et al., 1975), qui a fonctionné durant le Tertiaire et le Quaternaire. Depuis l'Eocène, la faille de Tuléar a rejoué suivant un rejet d'environ 150 m. On peut supposer que vers le large, on aurait affaire à un système de compartiments effondrés, séparés les uns des autres par des failles successives dont les différents paliers observés sur les versants seraient les témoins morphologiques. Par conséquent, on observe des différences d'altitude de part et d'autre de la rivière Onilahy, marquées par l'absence du niveau de l'Eocène supérieur sur la partie Sud qui est plus surélevée. Cette absence de l'Eocène supérieur est peut être due à l'érosion provoquée par l'effondrement des blocs vers le Nord.



Légende

-  Compression
-  Décrochement
-  Faille
-  Linéament_1
-  Linéament_2
-  Carrés miniers


















-  Alluvions
-  Terrasses, Alluvions anciennes
-  Carapaces sableuses
-  Vases de mangroves
-  Vases salées
-  Sables blancs
-  Sables roux
-  Sables tatsimiens
-  Quaternaire indéterminé
-  Dunes flandriennes
-  Dunes fixées Karimboliennes
-  Aquitano - Burdigalien
-  Eocène supérieur: Calcaires et marnes à huitres
-  Eocène moyen: Calcaires à Alvéolines et Nummilites
-  Eocène inférieur: Calcaires à Lithothamnium
-  Grès calcaires à Calvator
-  Basaltes

Figure 28 : Carte illustrant le sens des directions majeures. (Fig. A : tiré de Lardeaux J.M. et al, 1999)

Tableau 6 : Chronologie des différents évènements

Age	Evènement	Conséquences
Eocène	Faïlle de Tuléar	- Compartiments effondrés vers le large (témoin morphologique actuel)
Quaternaire ancien	Décrochement NE – SW	- Formation du canyon à l’embouchure de l’Onilahy - Formation des fractures primaires ou failles probables de direction majeure - Glissement vers le Sud de Madagascar - Subsidence côtière
	Compression	- Coulissage SSE – NNW des principales failles (formatin des fractures secondaires : graben)
Actuel	Erosion	- Absence de l’Eocène supérieur (effondrement des blocs vers le Nord)

Les anciennes failles bordières du Karroo sont affectées par un décrochement dextre souligné par les structures en affleurement, confirmé par la géométrie des failles transformantes de la Ride de Davie (Malod et al., 1991). Tout ceci correspond à un glissement vers le Sud de Madagascar, alors solidaire de l’Inde et de l’Antarctique, par rapport à l’Afrique.

Une carte des anomalies gravimétriques souligne la présence d’un amincissement de la croûte lithosphérique au droit du canyon alors que l’on peut observer une variation rapide de ces anomalies le long du littoral (figure 26).

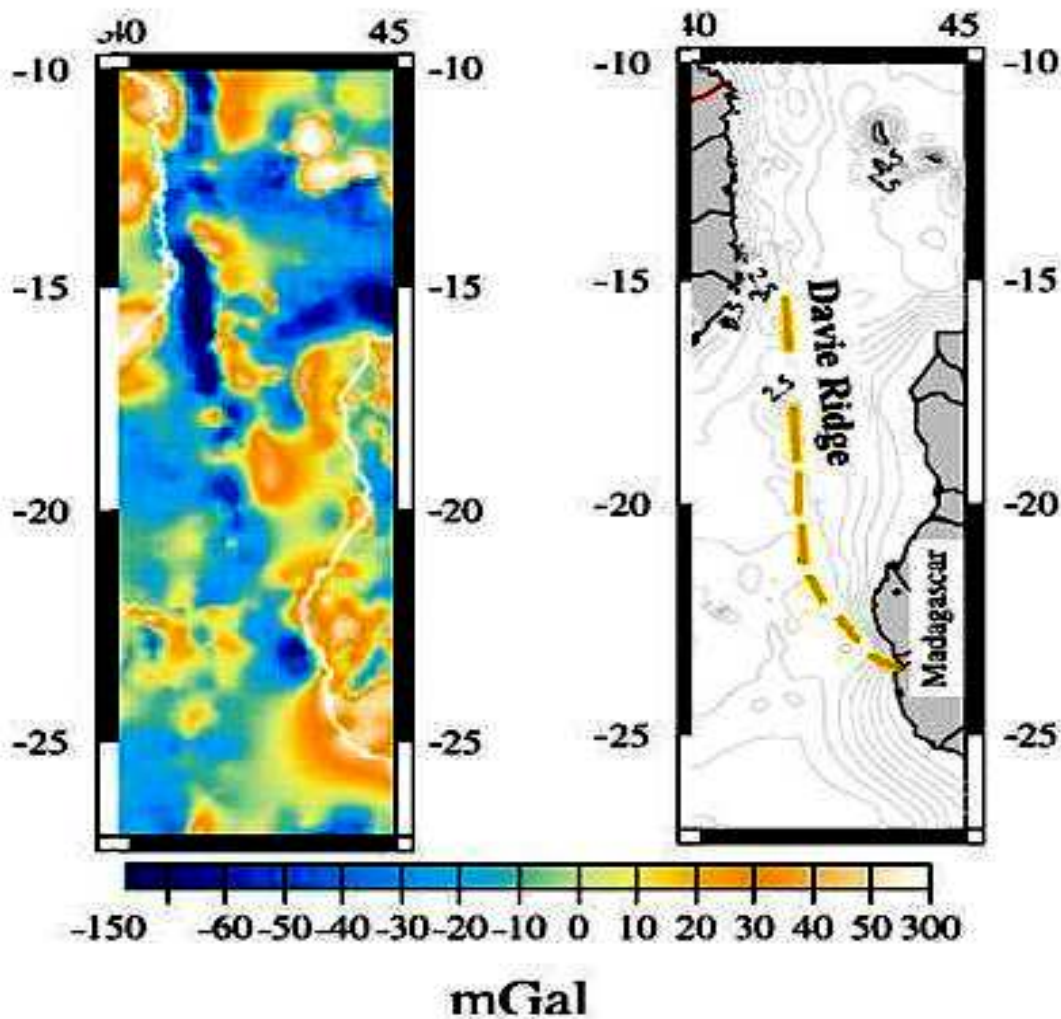


Figure 29: Structure du Canal de Mozambique représentée par les anomalies gravimétriques, tiré de Watts A. B., 2001

Rechenmann (1981) ; Fournon et Roussel (1993, 1994) expliquent les fortes anomalies gravimétriques de Madagascar par une variation de la topographie de la base de la croûte, peu compatible avec un phénomène de rifting, même avorté.

Les travaux de S. A. Rakotonirainy et al. 1999, réalisés plus au Nord, toujours dans le bassin de Morondava, font état d'une remontée asthénosphérique (ou bombement) reliée à un bassin d'extension. Les résultats interprétés également comme un amincissement lithosphérique et une remontée asthénosphérique à la hauteur de Madagascar suggèrent que l'île est actuellement soumise à une extension E-W qui est par ailleurs traduite par des manifestations magmatiques et structurales dans la croûte malgache (Piqué et al. 1999).

Par ailleurs, on remarque que les grandes lignes de déformation se surimposent au schéma tectonique d'ouverture du Canal de Mozambique au Sud de Madagascar, et aux champs de déformation D2 contemporains de l'orogénèse panafricaine (figA et fig 23).

La littérature concernant cette zone montre que nous sommes en présence de couches monoclinales à pendage Ouest (de l'ordre de 15°). La fracturation des couches se fait suivant deux directions majeures représentées par :

- Bongolava – Ranotsara de direction NNW – SSE ;
- Côte Est de direction NNE – SSW.

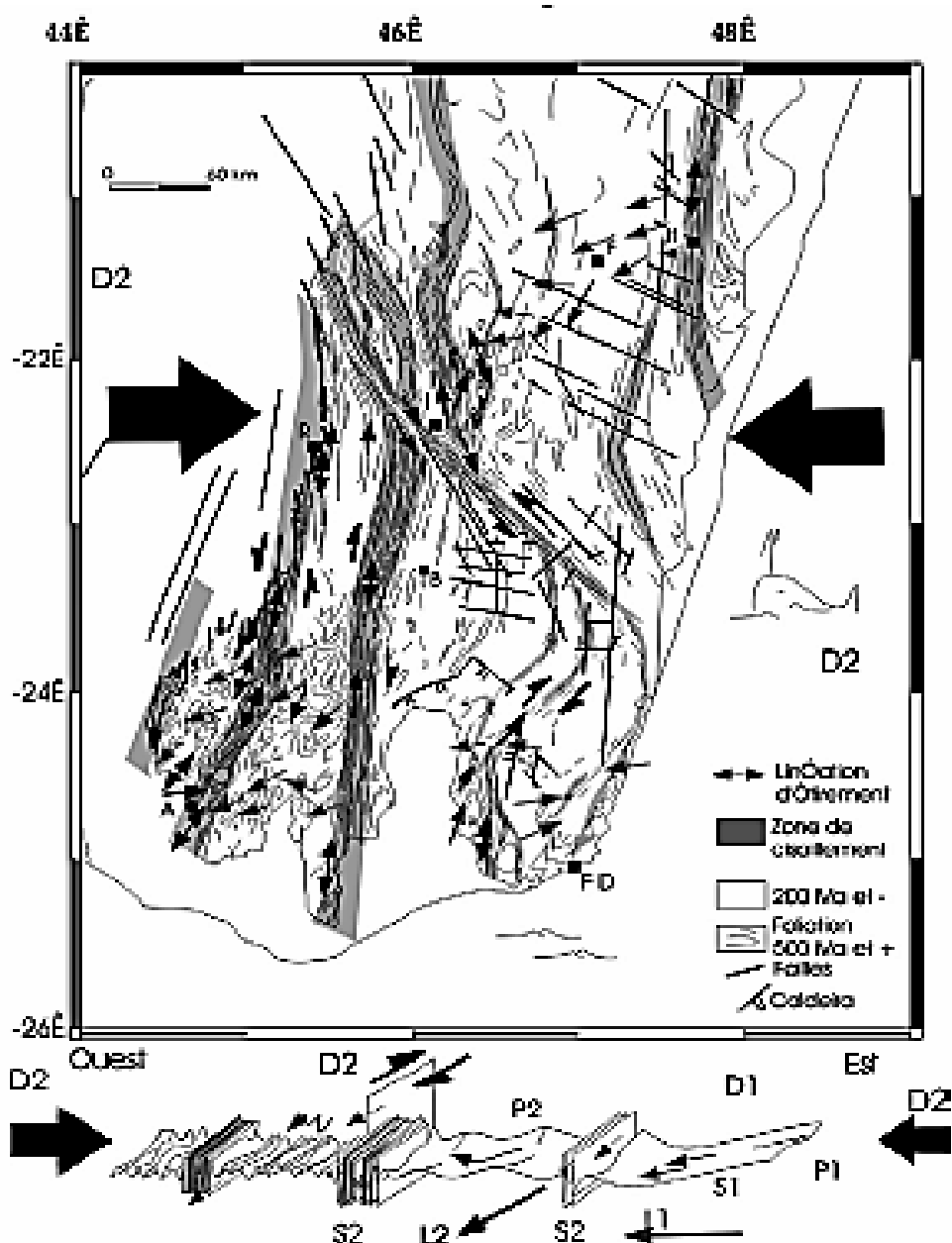


Figure 30: Déformation en compression (Martelat, J.-E et al. 1999)

C. INTERPRÉTATION DU TRAÇAGE DES APPORTS TERRIGÈNES PAR IMAGÉRIE SATÉLLITAIRE A L'EMBOUCHURE DE L'ONILAHY

L'embouchure d'un cours d'eau dans la mer représente un domaine où s'affrontent les influences marines et fluviales.

La disposition et la forme des dépôts dépendent de la confrontation de l'énergie au débouché du fleuve, de la houle et/ou des courants littoraux, ainsi que de la morphologie des fonds littoraux et de la ligne de côte. Cette organisation est par ailleurs fonction de la variation relative du niveau marin, de la houle et de la direction des courants marins.

D'après Battistini, 1975, la fin du Tertiaire dans la région, voit l'effondrement général du réseau hydrographique ce qui en d'autres termes signifie un abaissement du niveau de base c'est-à-dire une baisse du niveau eustatique (période régressive néogène), provoquant alors une accélération des processus d'érosion, l'eau cherchant par tous les moyens à atteindre le niveau marin considéré comme niveau de base : c'est le niveau de base des écoulements souterrains. Ainsi, quand le niveau de base s'abaisse, un nouveau réseau se met en place à une côte inférieure à celle du réseau karstique qui fonctionnait jusque-là. Tout ceci entraîne une reprise et une accélération de l'érosion et de la dissolution dans l'endokarst car ces cavités souterraines constituent des réseaux étroitement conditionnés par les plans de stratification, les joints, les diaclases et les fractures du calcaire (Coque R., 2000).

La création et la variation de l'espace d'accommodation sont liées aux fluctuations du niveau marin, à l'exclusion des zones tectoniquement actives (Cojan et Renard, 1997) où la subsidence joue également un rôle. Ainsi, plus l'espace d'accommodation est importante, plus l'espace disponible pour le dépôt de sédiments est également important.

Le traitement des images satellites a permis d'observer le mode de répartition des sédiments à l'embouchure de l'Onilahy.

Les images satellites confirment l'existence d'une vallée sous-marine de l'Onilahy reconnue jusqu'à 2 600 m de profondeur (Battistini et al. 1975), et dont l'axe présente une direction générale WNW-ESE avec un parcours méandrique (Battistini et al. 1975 ; Weydert P. 1973).

Weydert (1974) voit une relation étroite entre les têtes de canyons sous-marins et le réseau fluvial actuel, relation vraisemblablement héritée de l'époque régressive néogène. Dans le cadre de cette hypothèse, le creusement des canyons aurait eu lieu lors de la grande régression néogène (fin Miocène et Pliocène) qui a marqué le Sud-Ouest de Madagascar : la subsidence observée serait plio-quaternaire.

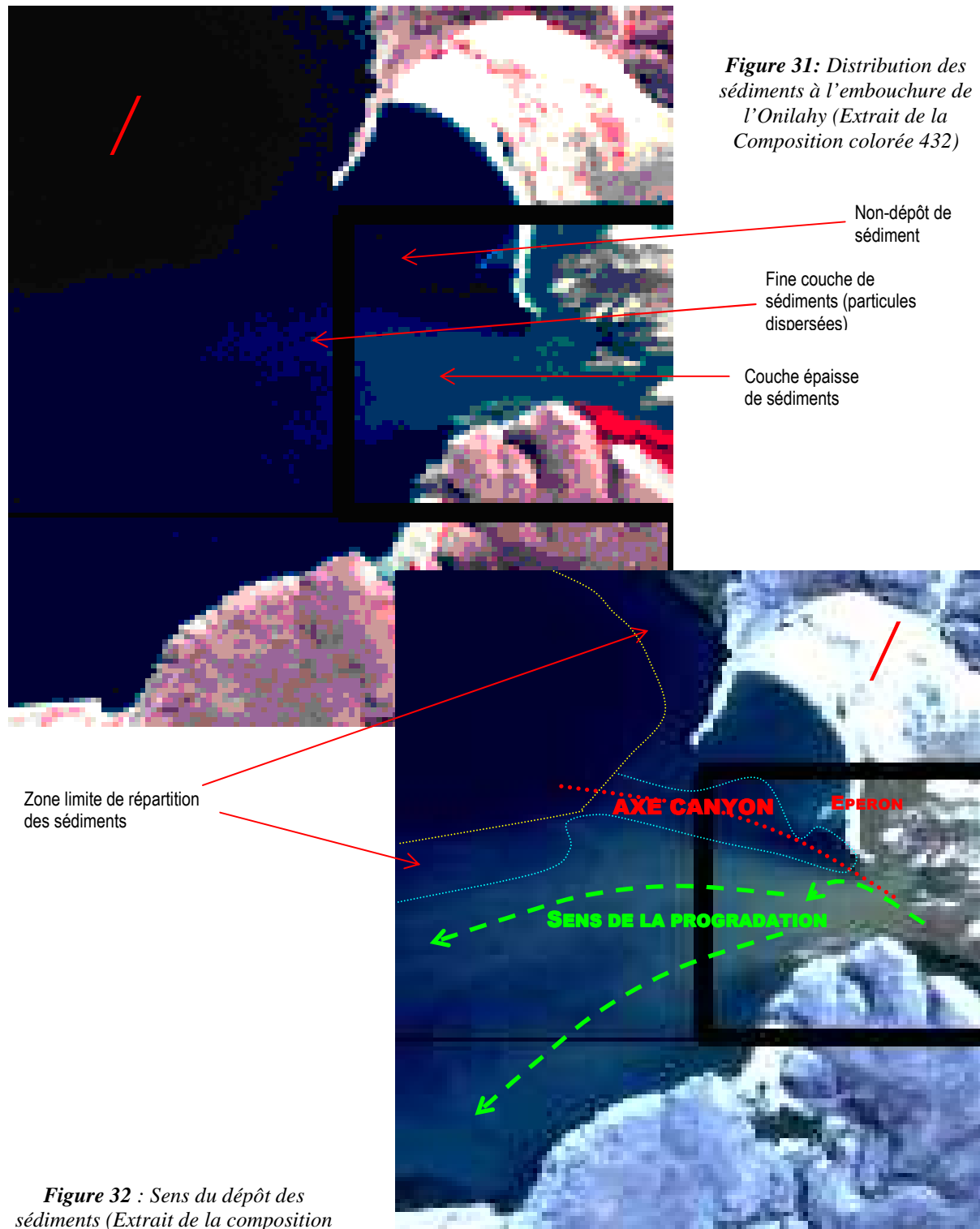


Figure 32 : Sens du dépôt des sédiments (Extrait de la composition colorée 321)

D'autre part, l'étude des carottes prélevées par Battistini et al. 1975, dans l'axe du talweg principal montre la présence de turbidités. On peut admettre au moins que de tels courants balaient périodiquement le talweg et l'entretiennent ainsi, empêchant alors son comblement par des dépôts sédimentaires.

L'effet conjugué de la houle et des marées participent au non dépôt des sédiments dans l'axe du canyon et concourent à leur répartition essentiellement vers le Sud de l'embouchure, le long du littoral entre Nosy Vé et la côte.

Par ailleurs, la circulation de l'eau de mer et celle du fleuve suit un trajet complexe qui dépend du cycle de marées, car la marée montante refoule l'eau douce en amont ; d'où le fleuve apporte peu de matériaux grossiers.

Les marées peuvent déplacer une quantité plus ou moins grande de sédiment en fonction de leur disponibilité et de la taille des grains. Elles favorisent ensuite leur dépôt sélectif lors des étales. Les courants de marées dans les estuaires jouent un rôle considérable dans l'érosion, le transport et le dépôt de sédiments littoraux.

Le mouvement ondulatoire de la houle favorise le transport et le maintien en suspension des sédiments fins. La houle induit toujours un déplacement d'eau et un transport sédimentaire généralement vers la côte : c'est le courant d'entraînement.

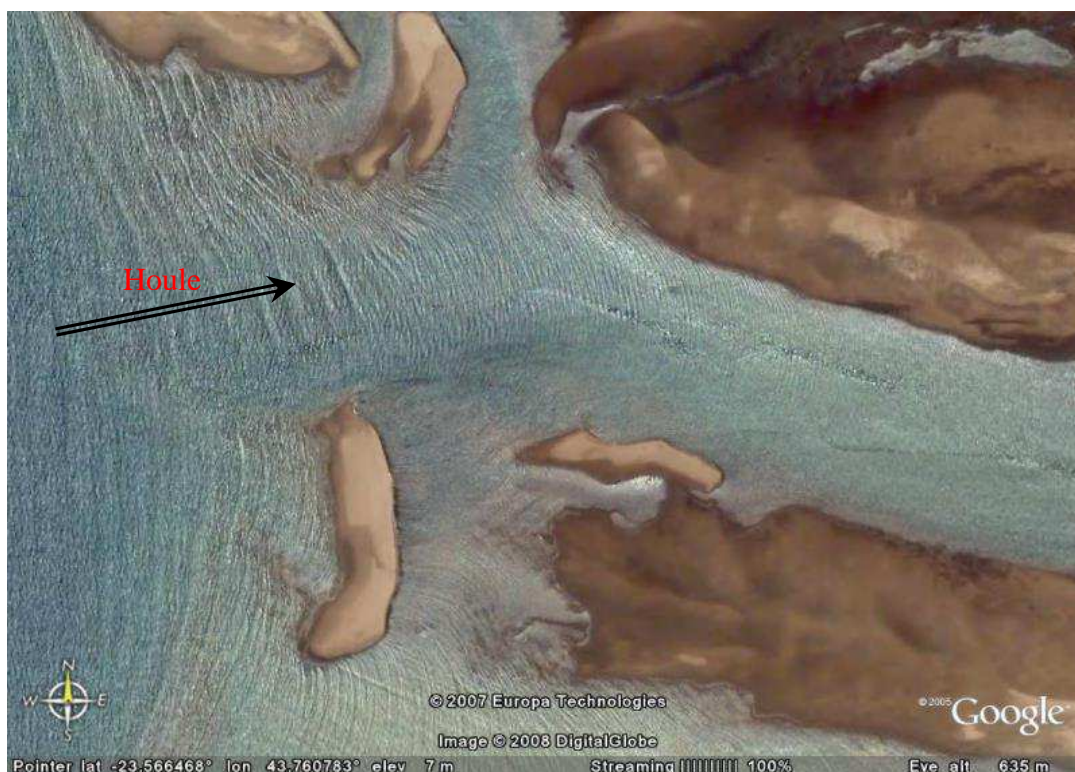


Figure 33 : Effet de la houle sur la répartition des sédiments à l'embouchure de l'Onilahy

Ce courant, localisé au large par des rouleaux, se charge de la dissémination des éléments fins mis en suspension par le déferlement, tandis que les sables et les galets se déplacent, eux, le long du littoral.

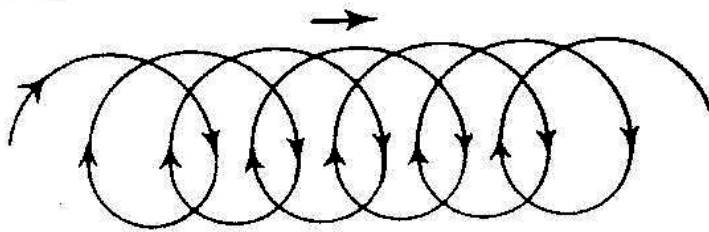


Figure 34: Déformation de la trajectoire de particules s'accompagnant d'un déplacement d'eau dans le sens de progradation de la houle (in Ottmann. F., 1965)

Le déplacement des particules se transforme en des mouvements de va-et-vient qui se traduit par la formation des ripple-marks symétriques sur les fonds de sables.

Le Rip-current (courant de déchirures ou d'arrachement) assure en surface le retour des eaux superficielles poussées vers la côte. La localisation de ce courant est liée à la topographie de la plage, qui concentre les eaux et les courants dans une zone étroite. Ensuite, le courant se dissipe en s'incorporant dans la masse des eaux formant un vaste choux-fleur d'eaux sales chargées de sédiments, soulignées par une ligne d'écumes. Il dépose alors ses sédiments.

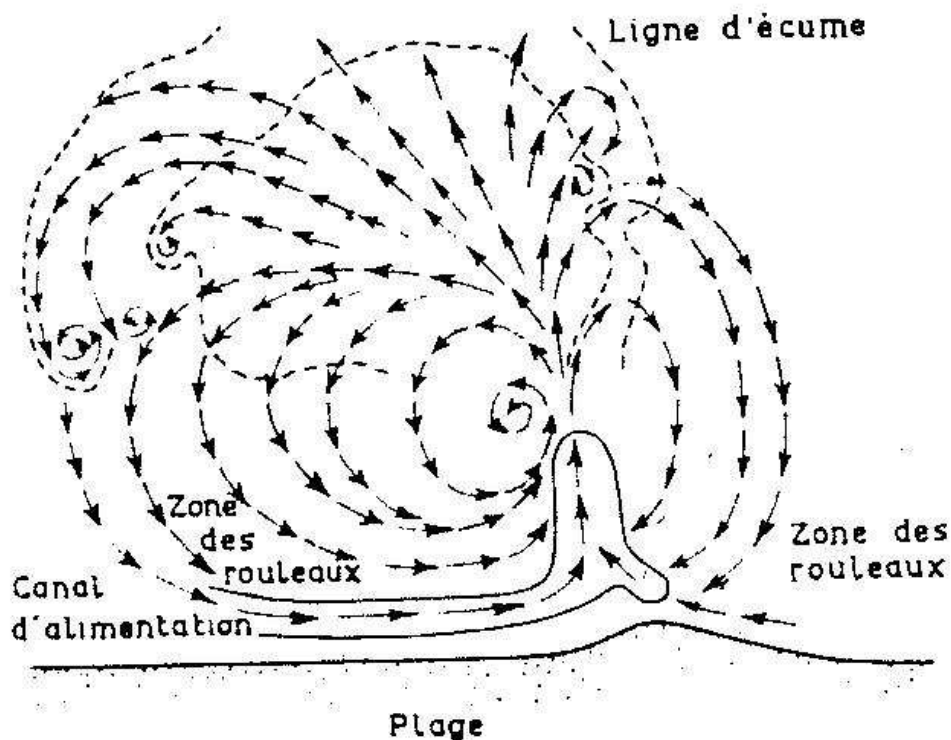


Figure 35: Rip-current (in Ottmann. F., 1965)

CONCLUSION

Tout au long de ce mémoire, les relations structures tectoniques–karstification et dépôts sédimentaires ont été analysées.

A première vue le plateau Mahafaly présente des accidents peu visibles sur le terrain, l'approche par SIG et télédétection a contribué à la mise en évidence et à la réalisation d'une trame linéamentaire qui a permis l'élaboration d'une carte synthétique où l'on peut observer la distribution et la disposition des principaux accidents. Cette méthode d'approche a donc permis de mieux comprendre le contrôle de la tectonique sur les dépôts calcaires et les dépôts littoraux au large de l'Onilahy. Par ailleurs, les résultats montrent que le plateau calcaire éocène a été affecté par de nombreux accidents ayant une direction majeure N15°E conforme à celle de la faille de Toliara.

Le traitement des images satellites de la région a confirmé la présence d'un réseau hydrographique karstique calqué sur la tectonique cassante du plateau calcaire mahafaly. Ainsi on comprend mieux le rôle des réseaux karstiques et de la tectonique, et également le contexte en domaine rift de la région dont les grands accidents dans le socle sous-jacent se reflètent au niveau de la couverture sédimentaire.

L'apport des images satellites a été également important dans l'identification et le suivi de la répartition des sédiments dans le canyon sous-marin localisé à l'embouchure de l'Onilahy. Par ailleurs, une étude de la répartition des sédiments ainsi que des paramètres de contrôle de ces apports sédimentaires s'est avéré nécessaire pour comprendre l'évolution latérale et dans le temps des différents dépôts.

Finalement, on peut conclure que ce travail a contribué à l'élaboration d'une carte structurale qui peut servir de guide pour l'exploitation des gisements de calcaire de la région et pour une meilleure compréhension de la géométrie et de la continuité des dépôts.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BATTISTINI, R. 1964. – Extrême Sud de Madagascar, étude géomorphologique. Univers de Madagascar, étude malagasy N°10 et 11. 696p. Tananarive, Madagascar.
2. BATTISTINI, R. 1964. - L'extrême Sud de Madagascar. Thèse d'Etat. Ed. Cujas, Paris, 636 p.
3. BATTISTINI, R. 1996. – *Paléogéographie et variété des milieux naturels à Madagascar et des îles voisines : Quelques données de base pour l'étude biogéographique de la « région malgache »*. Biogéographie de Madagascar, p. 1 – 17
4. BATTISTINI, R. ; JOUANNIC, C. ; MAUGÉ, L.A. ; CASELLATO, G. et VERNIER E. 1975 – *Morphologie et sédimentation du canyon sous-marin de l'Onilahy (Sud-Ouest de Madagascar)*. Cah. ORSTOM, sér. Géol., vol. VII, no 2, 1975 : 95-110
5. BESAIRIE H. 1966. – *Gîtes minéraux de Madagascar*. Ann. Géol. Mad. Fasc. N°XXXIV, vol.1 & 2. Tananarive, Imprimerie Nationale.
6. BESAIRIE, H. 1953. – *Précis de la géologie malgache*. Ann. Géol. Mad.
7. BESAIRIE, H. 1972. – *Géologie de Madagascar- I. Les terrains sédimentaires*. Ann. Géol. Mad. Fasc. N°XXXV. Tananarive, Imprimerie Nationale.
8. BOILLOT, G. 1979. – *Géologie des marges continentales*. Ed. Masson, Paris.
9. BRGM. 1965. – *Reconnaissance du gisement de cipolins de l'Ibity*. Rapport TANA 65 A 35.
10. CHAMLEY, H. 1988. – *Les milieux de sédimentation*. Ed. BRGM – TEC et DOC. ISBN BRGM 2-7159-0399-5 et ISBN TEC & DOC 2-85206-438-3. Université de Lille I, France.
11. CLAVE, B. 2001. – *Evolution des paléo-environnements côtiers à l'holocène : Exemple de l'Aquitaine Septentrionale*. Thèse de l'Université Bordeaux I, Ecole Doctorale des Sciences du Vivant, Géosciences, Sciences de l'environnement.
12. COQUE, R. 2000. – *Géomorphologie*. Ed. Armand Collin, 6è édition, Paris.
13. FOURNO, J. P. ; ROUSSEL, J. 1993. – *Topographie du moho sous les Hautes Terres de Madagascar déduite de l'inversion de données gravimétriques*. Comptes rendus Académie Sciences, Paris, Série II 316, 69 – 75.
14. FOURNO, J. P.; ROUSSEL, J. 1994. – *Imaging moho depth at Madagascar through the inversion of gravity data : geodynamical implications*. Terra Nova 6, 512 – 519.
15. GUYOT, L. 2002. – *Reconnaissance hydrographique pour l'alimentation en eau d'une plaine littorale en milieu semi-aride : Sud – Ouest de Madagascar*. Thèse de Doctorat, Fac. des Sciences et Techniques, Université de Nantes.

16. GUYOT, L. 2007. *-Logging de sondages et étude géologique pour un projet d'ouverture de carrière à Soalara (Tuléar)*, BRGM/RC-55516-FR, février 2007
17. HOROI, V. 2001. – *Influence de la géologie sur la karstification. Etude comparative entre le massif d'Obarsia Closani – Piatra Mare (Roumanie) et le massif d'Arbas (France)*. Thèse de l'Université Paul Sabatier, Toulouse III.
18. LARDEAUX, J.M.; MARTELAT, J.E.; NICOLLET, C.; PILI, E.; RAKOTONDRAZAFY, R. et CARDON, H. 1999: *Metamorphism and Tectonics in Southern Madagascar: An Overview*. Gondwana Research, Vol. 2, No. 3.
19. MALOD, J.A. ; MOUGENOT, D. ; RAILLARD, S. et MAILLARD, A. 1991. – *Nouvelles contraintes sur la cinématique de Madagascar: les structurales de la chaîne de Davie*. Comptes rendus Académie Sciences Paris, Série II 312, 1639 – 1646.
20. MARTELAT, J.E. ; SCHULMANN, K. ; LARDEAUX, J.M. ; NICOLLET, C. et CARDON, H. 1999. *Granulite microfabrics and deformation mechanisms in southern Madagascar*. Journal of Structural Geology, Vol. 21, pp. 671-687.
21. MARTELAT, J.E. ; VIDAL, G. ; LARDEAUX, J.M. ; NICOLLET, C. et RAKOTONDRAZAFY, R. 1995. – *Images spatiales et tectonique profonde des continents : l'exemple du Sud-Ouest de Madagascar*. Compte rendu Académie Sciences Paris, t. 321, série II a, pp. 325-332.
22. MEGERLIN N. 1967. – *Prospection de dolomie sur le plateau du Bemeraha, au SW de Miandrivazo*. Rapp. Annuel 1967 Serv. Géol. Mad.
23. MEGERLIN N. 1968. – *Etude de cipolins au Nord et à l'Est de Miandrivazo*. Rapp. Annuel 1968 Serv. Géol. Mad.
24. MOINE P. 1967. – *Reconnaissance des gisements de dolomie de la région d'Ihenikeny (Ouest du col des Tapia)*. Arch. Serv. Géol. Mad. A 2092.
25. PICARD, J. 1967. – *Essai de classement des grands types de peuplements marins benthiques tropicaux, d'après les observations effectuées dans les parages de Tuléar (SW de Madagascar)*. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, Fasc. Hors série suppl. n° 6 : 33p.
26. PIERRE, G. ; JOSEPHINE, R. ; JACQUES M.B. ; RASAMIMANANA, G. 1996. – *Nouvelles données pétrographiques et structurales sur le magmatisme du Sud de bassin de Morondava (Sud-Ouest de Madagascar)*. Journal of African Earth Sciences, Vol. 22, N°4, pp. 597-608.

27. PIQUE, A. ; LAVILLE E., GERARD B. ; RABARIMANANA, M. et THOUIN, C. 1999. – *L'ouverture et le développement du bassin de Morondava (Madagascar) du Carbonifère supérieur au Jurassique moyen. Données stratigraphiques, sédimentaires, paléontologiques et structurales.* Journal of African Earth Sciences, Vol. 28, N°4, pp 931 – 948.
28. PURSER, B.H. 1980. – *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents.* Tome 1. Ed. Technique - Paris et Institut Français du Pétrole. Rueil Malmaison. ISBN 2.7. 108-0375.5 : Edition complète et ISBN 2.7. 108-0376.3 : (Tome1)
29. RABE M. 1977. – *Etude de l'extension des calcaires pour cimenterie aux environs d'Amboanio.* Rapp. Annuel 1977 Serv. Géol. Mad.
30. RAJAONARISINA A. 1967. – *Prélèvement dans les calcaires marneux de la baie de Narinda.* Rapp. Annuel 1967 Serv. Géol. Mad.
31. RAKOTOMALALA A.R. 1982. – *Note de synthèse sur les matières premières pour cimenterie dans la région de Diego-Suarez.* Arch. Serv. Géol. Mad. A 2248.
32. RAKOTONDRAOMPIANA, S. A. ; ALBOUY, Y. et PIQUE A. 1999. – *Modèle de la lithosphère pour l'île de Madagascar (Océan Indien Occidental) : nouvelle interprétation des données gravimétriques.* Journal of African Earth Sciences, Vol. 28, N°4, pp 961 – 973.
33. RASOAMAHENINA. J. A. 1974. – *Les calcaires de la région de Tuléar.* (Rapp. Ann. Serv. Géol. 1974, Tananarive).
34. RASOLONJANTOVO, V.N. 2006. – *Dynamique et évolution du littoral du Menabe : implication en terme de protection du littoral – Apport de la télédétection optique.* Mémoire de fin d'étude Ingénieur, Département Géologie, ESPA, Université d'Antananarivo.
35. RATSIMBAZAFY J.R. (1973) – *Etude des calcaires utilisables en matériaux de constructions aux environs immédiats de Majunga.* Rapp. Annuel 1973 Serv. Géol. Mad.
36. RATSIMBAZAFY J.R. (1974) – *Etude géologique et estimation des réserves en cipolins de l'ensemble Ibity carrière-Ibity centre.* Rapp. Annuel 1974 Serv. Géol. Mad.
37. RATSIMBAZAFY J.R. (1980) – *Rapport technique sur le projet de cimenterie à Tuléar.* Arch. Serv. Géol. Mad. A 2252.

38. RATSIMBAZAFY, J.R. 1974 – *Note de synthèse sur les matières premières de base pour cimenterie à Madagascar*. Rapp. Annuel 1974 Serv. Géol. Mad.
39. RATSIMBAZAFY, J.R. 1975. – *Possibilités économiques des calcaires de Soalara*. Rapp. Ann. Serv. Géol. 1976. A2225.
40. RATSIMBAZAFY, J.R. 1980 – *Rapport technique sur le projet de cimenterie à Tuléar*. Arch. Serv. Géol. Mad. A 2252.
41. RECHENMANN, J. 1981. – *La gravimétrie de Madagascar et sa relation avec la géologie*. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Université Paris Sud – Orsay, Paris, France.
42. SALOMON, J. N. 1979. – *Notice de la carte Géomorphologique de Toliara*. (Mad. Rev. de Géo. N° 34, p172, 181-182)
43. SOURDAT, M. 1976 : *Le Sud-Ouest de Madagascar. Etude géodynamique*. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XIV, no 3, 1976 : 245-251.
44. WATTS, A. B. 2001. – *Marine and Petroleum Géology* 18, 445 – 455. Elsevier Sciences Ltd.
45. WEYDERT, P. 1973a. – *Morphologie et sédimentation des formations récifales de la région de Tuléar (SW de Madagascar)*. These d'Etat de géologie, Marseille – Luminy, 726 p.
46. WEYDERT, P. 1974b. – *Morphologie et sédimentation de la pente externe de la partie nord du Grand Récif de Tuléar (SW de Madagascar)*. *Nature et répartition des éléments organogènes libres*. Marine Géol., 17: 299 – 337.

« CARTOGRAPHIE DES STRUCTURES TECTONIQUES ET TRAÇAGE DES APPORTS TERRIGÈNES PAR IMAGERIE SATELLITAIRE (PLATEAU CALCAIRE DU SUD OUEST DE MADAGASCAR) »

Nombre de pages : 75

Nombre de figures : 35

Nombre de tableaux : 6

RESUME

Les terrains calcaires éocènes se rencontrent fréquemment le long de la côte Ouest de Madagascar. L'approche par SIG et télédétection du plateau karstique Mahafaly du Sud-Ouest permet de mieux comprendre le contrôle de la tectonique sur les dépôts calcaires et littoraux au débouché de l'Onilahy. Le traitement des images satellites de la région montre que le réseau hydrographique karstique s'ordonne fréquemment en fonction de la tectonique cassante. Les réseaux karstiques jouent un rôle certain dans la disposition et la dissolution des dépôts calcaires tout en tenant également compte du contexte tectonique régional de la partie ouest de Madagascar (rift) dont les grands accidents dans le socle sous-jacent se reflètent au niveau de la couverture sédimentaire.

Mots-clés : SIG, télédétection, karst, plateau Mahafaly, tectonique

ABSTRACT

The Eocene limestone field frequently meet along the West coast of Madagascar. The approach by GIS and remote sensing of the South-West Mahafaly karstic plate makes it possible to understand the control of tectonics on the layers of sediment and littorals to the opening of Onilahy. The satellite image processing of the area shows that the karstic hydrographic network is frequently ordered according to breakable tectonics. The karstic network play an unquestionable role in the provision and the dissolution of the layers of sediment while taking account of the regional tectonic context of the Western part of Madagascar (rift) whose great accidents in the subjacent base are reflected on the level of the sedimentary cover.

Key words: GIS, remote sensing, karst, Mahafaly plate, tectonic.