

LISTE DES FIGURES

Fig. 1: Proportion d'âge de population

Fig. 2: Courbe d'évolution de recette liée au tourisme

Fig. 3: Pourcentage de fréquentation des touristes à Madagascar

Fig. 4: Graphique de l'évolution de nombre des touristes dans la Région de Diana

Fig. 5: Courbe d'évolution de nombre d'envois annuelle des produits miniers

Fig. 6: Evolution de nombre d'octrois de permis des Districts de la Région Diana

Fig. 7: Exemples des brucelles de gemmologue

Fig. 8: Illustration d'une loupe 10X

Fig. 9: Principe de fonctionnement de polariscope

Fig. 10: Illustration d'un polariscope

Fig. 11: Illustration d'un dichroscope

Fig. 12: Illustration d'un réfractomètre

Fig. 13: Schémas d'un spectroscope

Fig. 14: Schéma de filtre de Chelsea

Fig. 15: illustration des collecteurs des pierres à Tetezambato munis de leur

Fig. 16: Illustration d'un tonneau polisseur

Fig. 17: schéma d'une scie

Fig. 18: illustration d'une scie

Fig. 19: Illustration d'une cabochonneuse

Fig. 20: Schéma d'une pierre sur un dop

Fig. 21: Schéma d'une meule creuse pour cabochon

Fig. 22: Positions du dop sur la meule

Fig. 23: Illustration d'une facetteuse

Fig. 24: Outils de préformage des pierres et de façonnage de l'or chez un lapidaire informel à Nosy-Be hell ville

Fig. 25: Principe de la méthode des sondages

Fig. 26: Schéma du principe de questionnaire par branchement

Fig. 27: Répartition de l'ancienneté dans le métier chez les collecteurs

Fig. 28 : Répartition de l'ancienneté dans le métier chez les petits exploitants

Fig. 29: Parcours de la population « Collecteurs »

Fig. 30: Parcours de la population «Petits exploitants»

Fig. 31: Nationalité de l'acheteur

Fig.32: Lieu de vente des produits des exploitants

Fig. 33: Personne qui, en général, détermine le prix de brut

Fig. 34: Proportion des exploitants abusés

Fig. 35: Revenu mensuelle des petits exploitants

Fig. 36: Niveau de satisfaction des petits exploitants

Fig. 37: Destination des produits

Fig. 38: Kiosques des bijoutiers et réparateurs de bijoux ambulants longeant les rues vers Bazary kely à Antsiranana

Fig. 39: Répartition de l'expérience de l'interviewé

Fig. 40: Source de l'expérience de l'interviewé

Fig. 41: Priorités pour les lapidaires et bijoutiers

Fig. 42: Source d'approvisionnement

Fig. 43: Raison d'approvisionnement en matières premières dans d'autres localités

Fig. 44: Quote-part des quantités de produits provenant d'autres localités

Fig. 45: Destination des produits finis

Fig. 46: Différents éléments pouvant constituer un obstacle pour les interviewés

Fig. 47: Illustration de bureau de fokontany sise à Ambodromifehy

Fig. 48: Des puits creusés côte à côte envahis par l'eau de mer dans le site de Tetezambato

Fig. 49: Répartition de niveau de vie de la population

Fig. 50: Caractère de la pauvreté de la population

Fig. 51: Répartition de l'insatisfaction globale

Fig. 52: Raisons d'incapacité des autorités locales à résoudre les problèmes sociaux de leur population

Fig. 53: Diverses activités exercées par la population

Fig. 54: Vue du rectorat de l'Université Nord d'Antsiranana

Fig. 55: Problèmes et contraintes pouvant entraver la création de l'établissement

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Groupe d'âges de population de la Région Diana
- Tableau 2 : Hauteurs de pluie annuelles dans les principales stations
- Tableau 3 : Superficie cultivable par District
- Tableau 4 : Principaux secteurs de communes
- Tableau 5 : Principales productions agricoles des communes
- Tableau 6 : Evolution des recettes en devises au titre du tourisme
- Tableau 7 : Sites les plus fréquentés
- Tableau 8 : Tableau d'évolution de nombre de touristes et recette dans la Région de Diana
- Tableau 9 : Production de canne à sucre
- Tableau 10 : Production de sucre
- Tableau 11 : Production de mélasse et alcool
- Tableau 12 : Évolution d'envois des produits miniers et recette
- Tableau 13 : Recette au niveau des ruées de Madagascar
- Tableau 14 : Tableau d'évolution de permis octroyés des districts de la Région Diana
- Tableau 15 : Répartition de la potentialité régionale par District
- Tableau 16 : Productions de produit minier dans la Région de Diana
- Tableau 17 : Évolution de produit d'exportation
- Tableau 18 : Évolution de la création des établissements liée aux activités de gemmologie et lapidairerie pour la Région Diana
- Tableau 19 : Quelques exemples des couleurs des traits
- Tableau 20 : Facteur de correction correspondant aux quelques seuils pour le sondage non exhaustif
- Tableau 21 : Facteurs de correction correspondant aux quelques seuils pour le sondage exhaustif
- Tableau 22 : Exemple de classement sur un nombre de caractéristiques
- Tableau 21 : Raison des choix des Population « collecteur » pour leur métier
- Tableau 22 : Raison des choix des Population « petit exploitant » pour leur métier
- Tableau 23 : Répartition de niveau d'intéressement
- Tableau 24 : Existence de formation suivie par l'interviewé sur le métier
- Tableau 25 : Avis des autorités locales sur l'apport à travers les taxes et impôts

LISTES DES CARTES

Carte 1 : Carte de localisation de la Région de Diana

Carte 2 : Carte topographique de la Région Diana

Carte3 : Carte pluviométrique de la Région de Diana

Carte 4 : Carte hydrographique de la Région de Diana

Carte 5 : Aperçu géologique de la Région Diana

Carte 6 : Carte géologique de la Région Diana

Carte 7 : Situation de permis dans la Région de Diana

Carte 8 : Carte de localisation de Tetezambato dans le District d'Ambanja

Carte 9 : Localisation de la carrière d'Ambondromifehy

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

° : Degré

Ar : Ariary

BCMM : Bureaux du Cadastre Minier de Madagascar

BD : Base de Données

CFSIGE : Centre de Formation en Sciences d'Informations Géographiques et Environnementales

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CMCS : Centre Malgache de Canne à Sucre

CNFTP : Conseil National de Formation Technique et Professionnel

CSM : Compagnie Salinière de Madagascar

DDSS : Direction de la Démographie et des Statistiques Sociales

DIRME : Direction Régionale de Mines et de l'Energie

DRA : Direction Régionale de l'Agriculture

DTS : Droits de Tirage Spéciaux

RIP: Route d' Intérêt provincial

FTM: Foibe Taotsarintany Malagasy

[g]: Gramme

INSTAT: Institut National de Statistique

MAEP : Ministère d'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche

MECI : Ministère de l'Économie, de Commerce et de l'Industrie

PCD: Plan Communal de Développement

Permis E : Permis d'exploitation

Permis R : Permis de Recherche

Permis PRE: Permis Réservé au petit exploitant

QMM: Qit Madagascar Mineral

RN : Route Nationale

RRI : Rapid Results Initiative

SAGE : Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement

SECREN : Société d'Etudes de Construction et de Réparation Navales

SMI: Services de Mines

T : Tonne

USD: United States Dollar (Dollar Américain)

LISTE DES ANNEXES

Annexes1 : Coupe schématique de permo trias de Sakamena

Annexe2 : Bassin de l'Ambahatra

Annexe3 : Les types de polariscopes

Annexe 4 : Abaque pour calcul d'un échantillon au seuil de confiance de 99%

Annexe 5: Carte minière et des indices

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES FIGURES.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTES DES CARTES	v
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	v
LISTE DES ANNEXES	vi
INTRODUCTION	1
PARTIE I: GENERALITES	
CHAPITRE I : DESCRIPTION GENERALE ET ACTIVITE ECONOMIQUE DE LA REGION DIANA..	2
I.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE [12]	2
I.2 POPULATION [5]	2
I.3 HYDROGRAPHIE ET CLIMAT [13], [6]	4
I.3.1 Facteurs climatiques.....	4
I.3.2 Hydrographie [3].....	5
I.4 AGRICULTURE	6
I.5 TOURISME [10], [11], [9]	10
I.6 SECTEUR INDUSTRIEL [9]	12
I.6.1 Construction navale : la SECREN.....	12
I.6.2 Pêche et Froid de l’Océan Indien (PFOI).....	13
I.6.3 Compagnie Salinière de Madagascar(CSM).....	13
I.6.4 SIRAMA Ambilobe et Nosy-Be	14
I.6.4.1 Production de canne à sucre	14
I.6.4.2 Production de sucre.....	14
I.6.4.3 Production de mélasse et d’alcool	15
I.6.4.4 Ecoulement de production	15
CHAPITRE II : CONTEXTE GEOLOGIQUE ET SECTEUR MINIER DE LA REGION DIANA	16
II.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [8].....	16
II.1.1 Socle cristallin	16
II.1.1.1 Groupe du Sambirano	17
II.1.1.1.1 Quartzites	18
II.1.1.1.2 Cipolins	18

II.1.1.1.3 Malgachites	18
II.1.1.1.4 Les gneiss migmatitiques	19
II.1.1.1.5 Roches éruptives récentes.....	19
II.1.1.2 Groupe de l'Ifasy.....	19
II.1.1.3 Groupe Mamoro-Mananjeba	20
II.1.1.3.1 Zone des gneiss à biotite	20
II.1.1.3.2 Zone des gneiss à deux micas.....	20
II.1.1.3.3 Zone des séricitoschistes à graphite.....	21
II.1.1.4 Groupe de Mangily	21
II.1.2 COUVERTURE SEDIMENTAIRE	21
II.1.2.1 Sakamena (permien supérieur et Trias inférieur)	21
II.1.2.1.1 Bassin d'Ambarabanja au Nord-Est	22
II.1.2.1.2 Bassin d'Andavakoera-Ankitokazo	22
II.1.2.1.3 Bassin de l'Ambahatra	22
II.1.2.2 Isalo et ses équivalents marins.....	22
II.1.2.2.1 L'Isalo inférieur	23
II.1.2.2.1.1 Région de la Loky	23
II.1.2.2.1.2 Région de l'Andrafiarana-Mahanoro	23
II.1.2.2.1.3 Région d'Ambilobe	23
II.1.2.2.1.4 Région du Sambirano.....	24
II.1.2.2.2 Calcaires de Jangoa.....	24
II.1.2.2.3 Isalo Supérieur	24
II.1.2.3 Jurassique supérieur	25
II.1.2.3.1 Vallée du Rodo, série d'Andranomantsy	25
II.1.2.3.2 Côte ouest.....	25
II.1.2.3.3 Région de Maromandia	25
II.1.2.4 Le crétacé inférieur.....	25
II.1.2.4.1 Côte Est.....	26
II.1.2.4.2 Côte Ouest	26
II.1.2.5 Le crétacé moyen	26
II.1.2.5.1 Albien.....	26
II.1.2.5.2 Cénomaniens.....	26
II.1.2.6 Crétacé Supérieur	26
II.1.2.7 Tertiaire et quaternaire	26

II.1.3. VOLCANISME	27
II.2 SECTEUR MINIER DE LA REGION DIANA [9], [10]	27
II.2.1 Généralité	27
II.2.2 Secteur minier dans la Région de Diana	30
II.2.2.1 Potentialité de la Région	31
II.2.2.2 Statistique de permis minier de la Région Diana	31
II.2.2.3 Productions.....	33
II.2.2.4. Exportation	34
II.2.2.5. Création des établissements liés à la gemmologie et la lapidairerie	34

PARTIE II: NOTIONS DE LA GEMMOLOGIE ET DE LA LAPIDAIRERIE

CHAPITRE I : NOTIONS DE LA GEMMOLOGIE	36
I.1 GENERALITES [16]	36
I.2 PETITES FOURNITURES DES NEGOCIANTS.....	36
I.2.1 Boîtes, sachets, plis et scellées	36
I.2.2 Brucelles	37
I.2.3 Pelles et autres fournitures	37
I.2.4 Unités de masse.....	37
I.2.5 Unités de mesures	38
I.3 CRITERES DE DURABILITE.....	38
I.3.1 Dureté.....	38
I.3.1.1 Echelle de Mohs	38
I.3.1.2 Tests de dureté	38
I.3.1.3 Couleur des traits	38
I.3.2 Ténacité	39
I.3.3 Stabilité.....	39
I.3.3.1 Résistance aux produits chimiques	39
I.3.3.2 Résistance à la chaleur	39
I.3.3.3 Résistance aux rayonnements.....	40
I.4 OUTILS DE LA DETERMINATION [9], [11].....	40
I.4.1 Appareils de grossissements	40
I.4.1.1 Loupes.....	40
I.4.1.2 Microscope	40
I.4.2 Polariscope [18]	41
I.4.2.1 Isotropie.....	41

I.4.2.2 Anisotropie	41
I.4.2.3 Polarisation	41
I.4.3 Dichroscope	42
I.4.4 Réfractomètre [19], [20]	43
I.4.4.1 Limite de l'appareil	44
I.4.4.2 Dispersion	44
I.4.5 Spectroscopie [21]	45
I.4.5.1 Appareils	45
I.4.5.2 Spectres	45
I.4.5.3 Centres chromogènes	45
I.4.5.4 Pierres à observer au spectroscopie	45
I.4.6 Filtre Chelsea [15]	46
I.4.6.1 Principe	46
I.4.6.2 Quelques exemples	46
I.4.6.3 Limites de l'appareil	46
I.4.7 Ultraviolets	46
I.4.7.1 Luminescence	47
I.4.7.2 Chambre à ultraviolets	47
I.4.7.3 Filtres croisés	48
I.4.8 Poids spécifique [4]	48
I.4.9 Testeur de diamant	49
I.4.10 Réfractomètre [15]	49
I.4.10.1 Appareils	49
I.4.10.2 Eclat	49
CHAPITRE II : NOTIONS DE LA LAPIDAIRES [4], [22]	51
II.1 POLISSEUSES DE BRUT	51
II.1.1 Tonneau polisseur	51
II.1.2 Plateau vibreur	52
II.2 SCIAGE	52
II.2.1 Disque de sciage	52
II.2.2.1 Disque de sciage diamanté	52
II.2.2 Axe de la scie	53
II.2.3 Force motrice	53
II.2.4 Bac et liquide de refroidissement	53

II.3 Taille.....	54
II.3.1 Taille des cabochons.....	54
II.3.1.1 Technique de la taille du cabochon.....	54
II.3.1.1.1 Taille de la face inférieure	54
II.3.1.1.2 Fixation sur dop	54
II.3.1.1.3 Taille sur la meule et ébauche.....	55
II.3.1.1.4 Pré-polissage.....	55
II.3.1.1.5. Polissage	56
II.3.1.1.6 Technique du polissage	56
II.3.2 Taille à facettes.....	56
II.3.2.1 Appareil à facetter (ou facetteuse)	57
II.3.2.2 Plateaux de taille	57
II.3.2.2.1 Plateaux au carborandum	57
II.3.2.2.2 Plateaux diamantés	58

PARTIE III: TRAVAUX D'ENQUETE

CHAPITRE I : QUELQUES DEFINITIONS [1], [7].....	59
I.1 UNIVERS.....	59
I.2 UNITES STATISTIQUES.....	59
I.3 ECHANTILLON	59
I.4 VARIABLE	59
I.5 ESTIMATEUR	60
I.6 VARIABLE ALEATOIRE	60
I.7 MOYENNE, VARIANCE.....	60
I.8 ECART-TYPE, COEFFICIENT DE VARIATION	61
I.9 BIAIS.....	61
CHAPITRE II : DETERMINATION DE L'ECHANTILLON [17]	62
II.1 DEFINITION DE L'OBJET DE L'ENQUETE.....	62
II.2 CHOIX DE LA POPULATION PARENT	62
II.3 FIXATION DE LA POPULATION	63
II.4 CHOIX DE LA METHODE DE SONDAGE	63
II.4.1 Sondages aléatoires ou probabilistes.....	63
II.4.2 Sondages au semi hasard	63
II.4.3 Les sondages par quotas.....	63
II.5 DETERMINATION DE LA TAILLE DE L'ECHANTILLON.....	64

II.5.1 Sondage non exhaustif	64
II.5.1.1 Précision que l'on désire obtenir.....	64
II.5.1.2 Homogénéité de la population.....	64
II.5.1.3 Sécurité sur la représentativité de la population	64
II.5.1.4 Détermination de la taille de l'échantillon pour calculer un pourcentage ..	64
II.5.2 Sondage exhaustif	66
CHAPITRE III : METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DU QUESTIONNAIRE [7]	67
III.1 RECHERCHE PREALABLE.....	67
III.2 DETERMINATION DES OBJECTIFS ET DES HYPOTHESES DU TRAVAIL	67
III.3 INVENTAIRE DES MOYENS MATERIELE POUR L'ENQUETE	67
III.4 REDACTION DU QUESTIONNAIRE	67
III.4.1 Principe de rédaction du questionnaire	68
III.4.1.1 Style de la rédaction	68
III.4.1.2 Ordre des questions	68
III.4.1.3 Forme des questions	68
III.4.1.3.1 Questions à réponse unique.....	68
III.4.1.3.2 Question avec un choix entre plusieurs réponses.....	69
III.4.1.3.3 Classements.....	69
III.4.1.3.4. Branchement	70
III.4.1.4. Test du questionnaire.....	71
III.4.1.5 Rédaction du questionnaire définitif.....	71
CHAPITRE IV : EXPLOITATION DES RESULTATS.....	72
IV.1 POPULATION CIBLE: COLLECTEUR ET PETITS EXPLOITANTS.....	72
IV.1.1 Généralité.....	72
IV.1.2 Difficultés rencontrées lors de l'enquête	73
IV.1.3 Inventaire et interprétation des questionnaires.....	74
IV.2 POPULATION CIBLE : LAPIDAIRES ET BIJOUTIERS.....	79
IV.2.1 Généralité.....	79
IV.2.2 Difficultés rencontré lors de l'enquête	80
IV.2.3 Inventaire et interprétations des questionnaires	80
IV.3 POPULATION CIBLE : AUTORITE LOCALE	85
IV.3.1 Généralité.....	85
IV.3.2 Difficultés rencontré lors de l'enquête	85
IV.3.3 Inventaire et interprétation des questionnaires.....	86

IV.4 POPULATION CIBLE: ETABLISSEMENT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET PROFESSIONNEL	89
IV.4.1 Généralités	89
IV.4.2 Inventaire et interprétations des questionnaires	90
CHAPITRE V : SUGGESTIONS ET PROPOSITION DE SOLUTIONS.....	92
V.1 Pour les exploitants et les collecteurs.....	92
V.2 Pour les Bijoutiers et Lapidaires	93
V.3 Pour les autorités locales	93
V.4 Pour l'enseignement supérieur	94
BIBLIOGRAPHIE.....	96
ANNEXES.....	I

INTRODUCTION

Certes, Madagascar figure parmi les pays fournisseurs des pierres précieuses et fines dans le monde et possède des variétés non négligeables de ces produits très convoités.

Le pays figure parmi les plus pauvres de la planète selon les informations de la Banque Mondiale et cela jusqu'à la région productrice ou même les communes de départ de ces produits très demandés dans le monde.

La Région de Diana recèle des sous-sol généreux et très diversifiés mais la plupart de ces produits sont mal exploités et la plupart de leurs exploitations se font de manière informelle ce qui n'apporte pas de rentabilité à l'Etat voire le pays.

L'objectif de ce travail est de valoriser ces substances afin de promouvoir au développement économique et en implantant des formations en gemmologie et en lapidairerie dans cette Région.

Aussi pour ces raisons, l'étude des opportunités de ces formations a été menée et choisie comme étant le thème de ce mémoire de fin d'études. Ce présent ouvrage s'intitule :

« Etude d'opportunités de la gemmologie et de la lapidairerie dans le développement économique de Madagascar : Cas de la Région Diana »

Ainsi, notre mémoire suivra le plan suivant :

- première partie : Généralités;
- deuxième partie : Notions de la gemmologie et de la lapidairerie;
- troisième partie : Travaux d'enquête.

PARTIE I : GENERALITES

CHAPITRE I : DESCRIPTION GENERALE ET ACTIVITE ECONOMIQUE DE LA REGION DIANA

I.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE [12]

La Région de Diana appartient à la province d'Antsiranana. Elle se situe à l'extrême nord de Madagascar. Les coordonnées approximatives de l'occurrence sont entre 1600 Nord et 1300 Sud, 550 Ouest et 750 Est ; en système de coordonnées Laborde.

La Région Diana est composée de quatre Districts (Ex-Fivondronana), à savoir : Antsiranana I qui est le chef-lieu, Antsiranana II, Ambilobe, Nosy-Be et Ambanja (Source : Journal Officiel n° 2915 du 12 juillet 2004).

Les Régions limitrophes de Diana sont : Sava et Sofia

D'une superficie de 19 266 Km², la Région Diana compte environ 485 800 âmes, soit une densité démographique de 25,2 habitants/ Km².

La carte n°1 ci-dessous présente la localisation de la Région de Diana.

I.2 POPULATION [5]

L'extrême Nord Est à peu près entièrement le domaine des Sakalava, qui sont pasteurs plutôt que des agriculteurs. Au nord de l'Ifasy ils prennent le nom d'Antakarana ; C'est un des groupes ethniques de l'île où l'autorité des roitelets locaux demeure la plus vivace.

A ce fond de population, des immigrations récentes ont ajouté des Tsimihety (groupe originaire de Mandritsara) et les Antandroy, amenés de l'extrême Sud de l'île pour travailler dans les exploitations européennes durant les époques coloniales ; puis des comoriens, des Pakistanais, enfin des Réunionnais surtout nombreux à Diégo-Suarez et Nosy-Be.

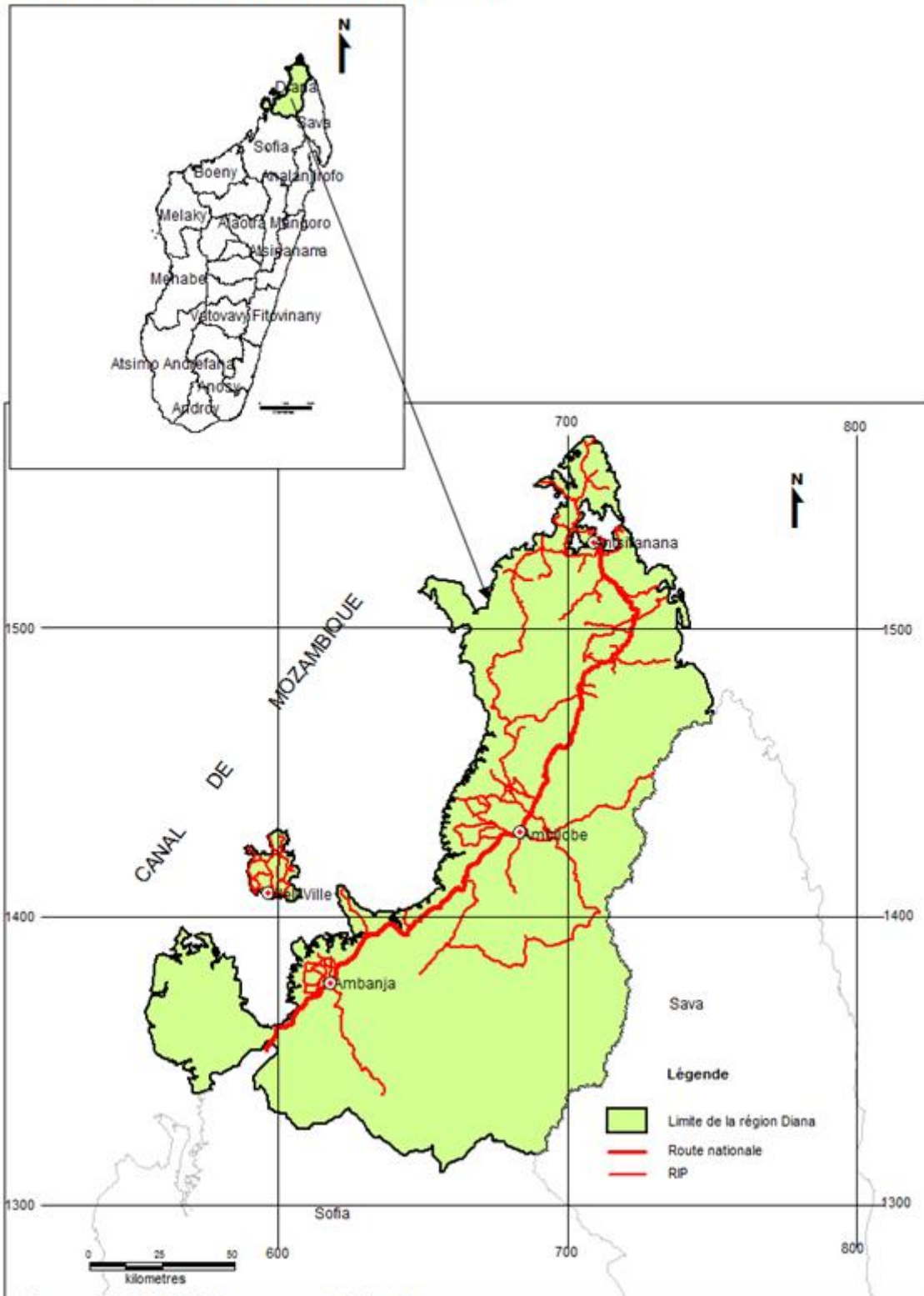
Ainsi, enrichie par ses histoires, la Région de Diana possède la population la plus cosmopolite de l'île.

Des informations tirées des projections à partir du Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) 1993 ont permis une projection par groupe d'âges de la population de la Région Diana en 2004 (cf. tableau 1).

Tableau 1 : Groupe d'âges de population de la Région Diana (Source : INSTAT /DDSS)

Tranches d'âges	Sexes		Total
	Homme	Femme	
Effectif	239 900	245 900	485 800
Enfants âgés de moins de 6 ans	49 200	48 500	97 700
Population scolarisable (âgée de 6 à 10 ans)	31 800	31 700	63 500
Adolescents âgés de 11 à 14 ans	21 800	22 500	44 300
Individus âgés de 15 à 59 ans	121 900	129 000	250 900
Individus âgés de plus de 50 ans	15 200	14 200	29 400

Carte de localisation de la Région de Diana



Carte 1 : Carte de localisation de la Région de Diana (Source : BD 500 FTM et arrangement de l'auteur)

Ce tableau nous révèle que la population de la Région de Diana est jeune, ce qui constitue un atout aux développements de cette partie de l'île.

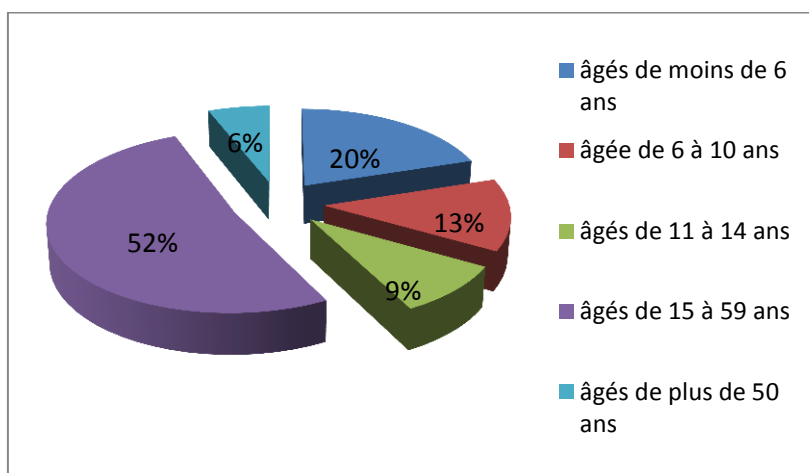


Fig.1 : Proportion d'âge de population (Source : INSTAT /DDSS et Auteur)

Cependant, cette proportion par tranche d'âges, caractéristique des pays pauvres ou sous développé (population essentiellement jeune) se laisse comprendre que la population de la Région de Diana vit en dessous de seuil de pauvreté et qui se traduit par une espérance de vie très basse moins de 60 ans à Madagascar.

I.3 HYDROGRAPHIE ET CLIMAT [13], [6]

I.3.1 Facteurs climatiques

Durant l'hiver austral, Madagascar se trouve presque entièrement dans le lit de l'alizé affectant la masse d'air tropicale australe de l'océan indien. Cet alizé est très violent à Antsiranana, c'est la station la plus venteuse de l'île en hiver et printemps austral. Durant l'été, les vents sont bien plus faibles, avec disparition des vents violents d'Antsiranana. Les vents du Nord-Ouest de la côte Ouest doivent conserver, selon A.GUILCHER, le nom de « mousson ».

Le nord de Madagascar se trouvant durant l'été austral au contact d'un alizé affaibli et de la mousson de nord-ouest à bout de la course, cette situation de contact accroît l'instabilité de l'air et favorise les précipitations.

La mousson, bien qu'assez peu forte, engendre les principales houles qui se produisent pendant l'été. En hiver, la mer est belle, elle n'est même belle, à Madagascar que sur la cote Nord-Ouest, sauf dans la région d'Antsiranana et du cap d'Ambre, elle est soumise à la violence de l'alizé.

Les marées, faibles sur les côtes Est, sont très sensibles sur la côte Nord-Ouest, c'est un fait rare dans les mers tropicales, en sorte que les récifs coralliens émergent périodiquement aux grandes marées basses, tandis que les bateaux de faible tirant d'eau n'ont pas à s'inquiéter de ce danger à marée haute ; Le marnage atteint par exemple 3m 90 à Nosy- Be. Il est à signaler que le développement des récifs coralliens est grandement facilité par les conditions thermiques : les eaux de surface apportées tout autour de Madagascar sont des eaux chaudes en toute saison ; la température des eaux, même en Août ne descend jamais en dessous de 20°C.

La répartition saisonnière et le chiffre total des précipitations forment, bien entendu, la part fondamentale caractéristique du climat proprement dit. On peut distinguer en ce qui concerne la Région qui nous intéresse :

- le climat de Nosy be-Sambirano, avec une saison sèche accusée mais sans véritable aridité, rendue agréable par l'alternance des brises journalières et l'absence de l'alizé violent ;

- le climat de l'ouest, du Nord-Ouest et d'Antsiranana, avec une longue saison sèche très prononcée (7 à 8 mois), une nuance maritime et une nuance continentale marquées dans les températures, et l'alizé tempétueux d'Antsiranana. Donc nous avons affaire à un type tropical normal-précipitation d'été, sécheresse d'hiver-réalisé là où l'alizé est un foehn ou bien ne rencontre pas de hauts reliefs, c'est-à-dire dans tout l'ouest (sauf Nosy-Be où les 4 mois les plus secs reçoivent encore 171 mm et où, de plus, la latitude et l'influence de la mer jouent à plein pour réduire les écarts thermiques annuels et diurnes), et l'extrême Nord ;
- exception faite de quelques hautes montagnes : Tsaratanana, Manongarivo et Montagne d'Ambre, qui font écran condensateur et en conséquence ne subissent pas de saison sèche (cf. carte 2).

La saison des pluies coïncide évidemment avec la mousson. Les précipitations sont du type « tornade » et tombe dans l'après-midi ou la nuit ; sur les reliefs élevés, les précipitations sont souvent moins brutales et affectent volontiers le type « crachin ».

Les hauteurs de pluie annuelles dans les principales stations sont données par le tableau n° 2 les suivantes :

I.3.2 Hydrographie [3]

Le mont Tsaratanana, point culminant de Madagascar (2 882 m) à 95 Km au Sud d'Ambilobe, est le nœud hydrographique principal du nord de l'île. Plusieurs cours d'eau en descendent vers la Région qui nous intéresse, dont deux fleuves, le Mahavavy au Nord, le Sambirano à l'Ouest.

Tableau2 : Hauteurs de pluie annuelles dans les principales stations (Source : Direction Général de la Météorologie 2008)

Saisons Stations	Novembre à Avril	Mai à Octobre	Total [mm]
Diégo-Suarez	850	38	888
Montagne d'Ambre	2 136	428	2 564
Ambilobe	1 893	77	1 970
Ambanja	2 048	285	2 333

Le Mahavavy, longue de 175 Km environ, a un cours presque rectiligne Sud-Nord sur toute sa longueur ; vers la fin de son cours supérieur le creusement de sa vallée a été facilité par la présence au sein de granites migmatitiques d'important lambeaux de roches métamorphiques (Série de Sambirano de J.Dietrich), plus aisément érodables. Au voisinage de Manambato, son cours s'abaisse d'une centaine de mètres par des chutes assez impressionnantes ; puis le fleuve emprunte la zone déprimée de l'Andrabanja et traverse en percée cataclinale (un cours d'eau s'écoulant dans la direction de la pente géologique), les grès isaliens de la chaîne du Leviky à Ambilobe, à l'endroit où elle est la plus étroite, pour atteindre aussitôt la zone du delta. Le débit de Mahavavy, malgré un bassin versant modeste, est considérable du fait des fortes précipitations sur les massifs du Tsaratanana.

Le petit fleuve côtier Ifasy s'écoule vers le nord jusqu'à la dépression périphérique des marnes triasiques, qu'il suit sur vingtaine de kilomètres avant de traverser la chaîne isalienne et former un petit delta immédiatement au Sud de celui de Mahavavy.

Le Sambirano est plus court que le Mahavavy, mais ayant un bassin plus large, draine avec son principal affluent, le Ramena, tout le versant Ouest du Tsaratanana. Son cours supérieur est très torrentiel mais sans chute notable, empruntant des gorges profondes dans les migmatites. Son cours

moyen s'étale dans le fossé tectonique qui porte son nom, avec des méandres à divers stades d'évolution ; puis, grossi de la Ramena, il traverse par des gorges les grès de l'Isalo pour former à partir d'Ambanja un delta de surface moindre que celui de Mahavavy (cf. carte 4).

La carte hydrographique nous offre une intensification de réseau qui est dispersée un peu partout dans la région. Même si le Sambirano et la Mahavavy restent les plus importantes, cette dominance est vraisemblablement due à leur source qui est le mont Tsaratanana à cause de sa précipitation importante.

La plupart de ces rivières affluent vers l'Ouest si dans la partie Nord-Est de la Région celles-ci se jettent dans l'océan car elles puisent leurs sources depuis la montagne d'Ambre et Ambohitra.

Il est à noter que ces réseaux hydrographiques offrent des avantages vus que la plupart de l'exploitation des pierres gemmes et pierres fine ou encore l'orpaillage se pratique le long des rivières à Madagascar. En effet, les gîtes primaires sont difficiles à atteindre à cause des manques des moyens de décapages ou tout simplement de faible connaissance de géologie de ces gîtes par les petits exploitants. Ainsi ces derniers sont contraints d'exploiter des gisements dits alluvionnaires et éluvionnaires, issus donc de lessivage et de l'érosion de ces gîtes primaires.

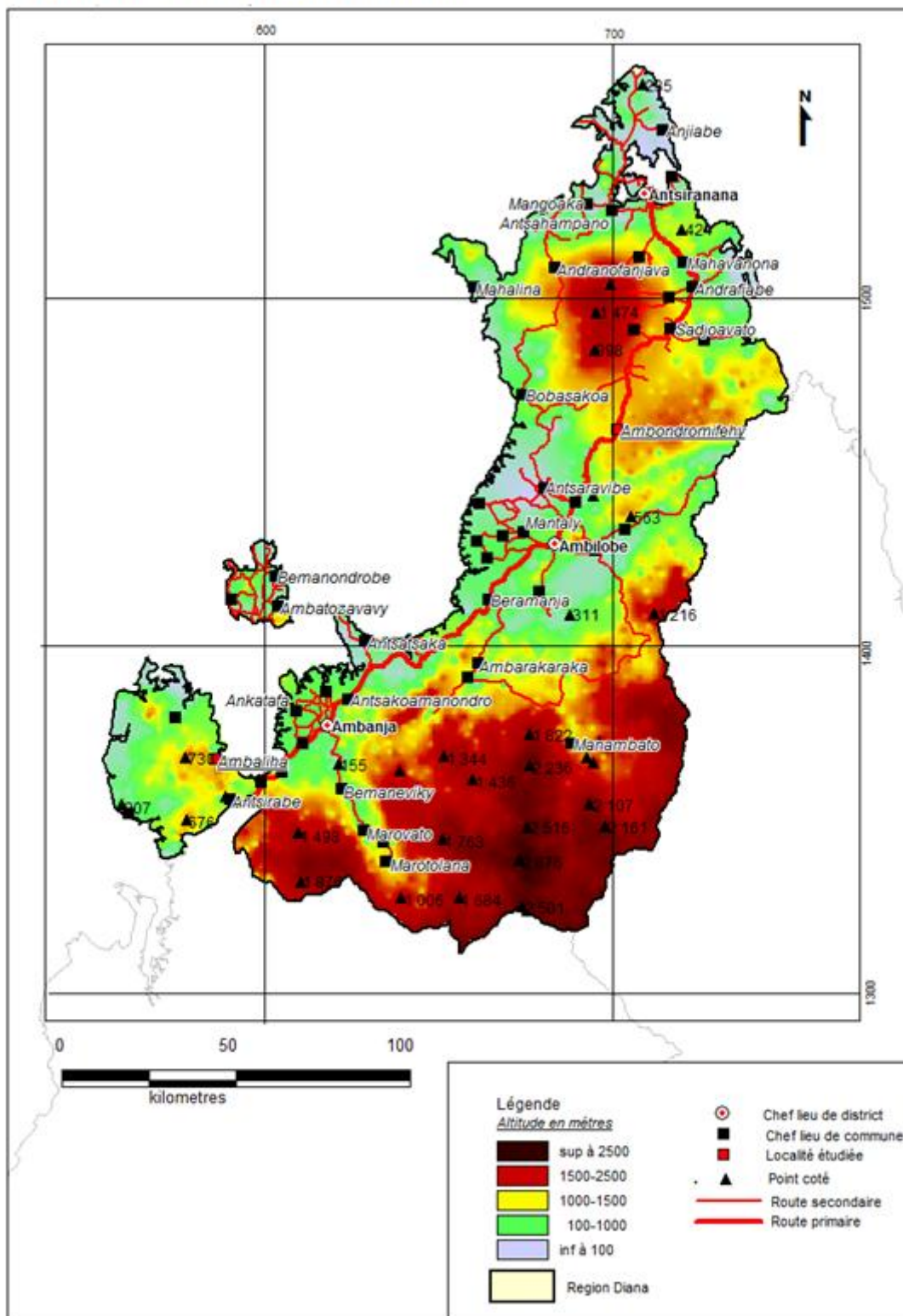
I.4 AGRICULTURE

Compte tenu de la pluviométrie, de la présence de vastes plaines fertiles, des fleuves de Sambirano et de Mahavavy et sol d'origine volcanique de Nosy-Be et de la montagne d'Ambre, la Région de Diana a une importante potentialité agronomique. Elle dispose d'une large superficie cultivable qui se répartit comme suit :

Tableau.3 : Superficie cultivable par District (Source : CFSIGE et DRA Antsiranana)

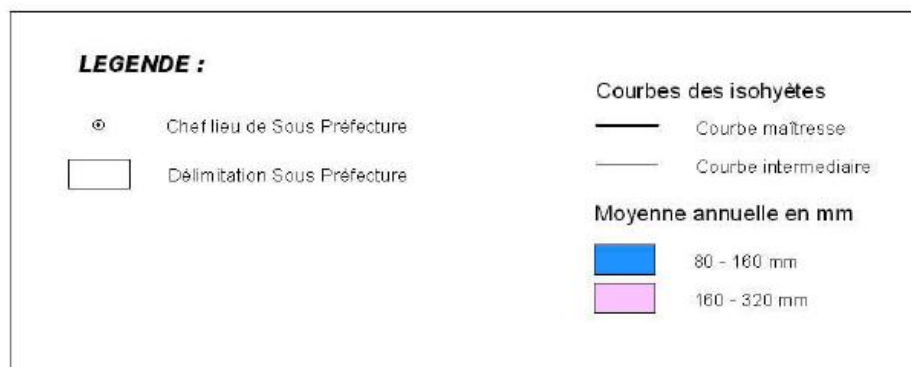
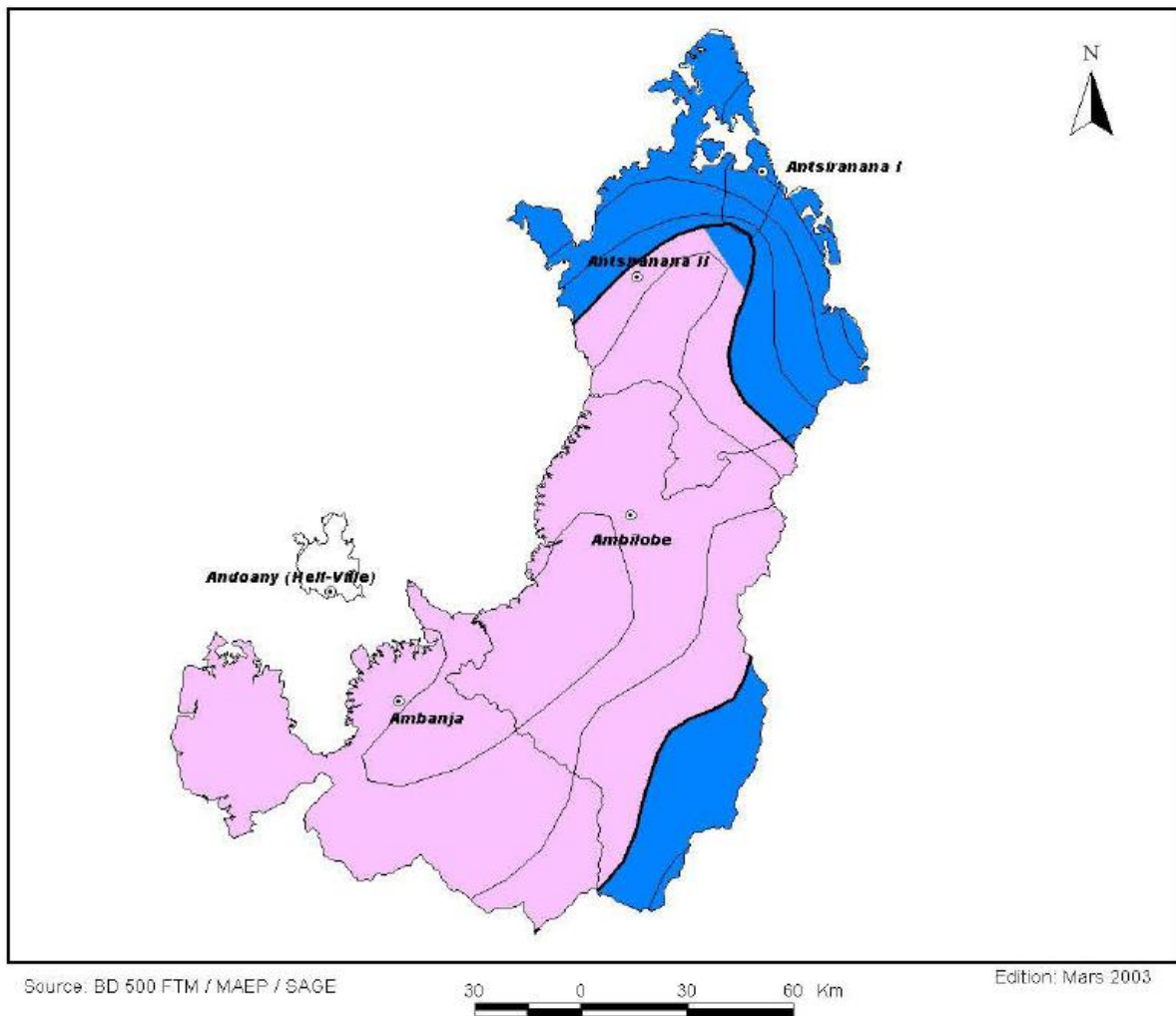
District	Superficie totale (km ²)	Superficie cultivable	
		ha	% sup. totale
Antsiranana I et II	5 986	363 948	60.8
Ambilobe	7 789	542 057	69.6
Ambanja	5 720	395 577	69.1
Nosy-Be	312	21 087	67.5
Ensemble de la Région	19 807	13 226 389	66.8

Topographie de la Région de Diana



Source: BD 500 FTM

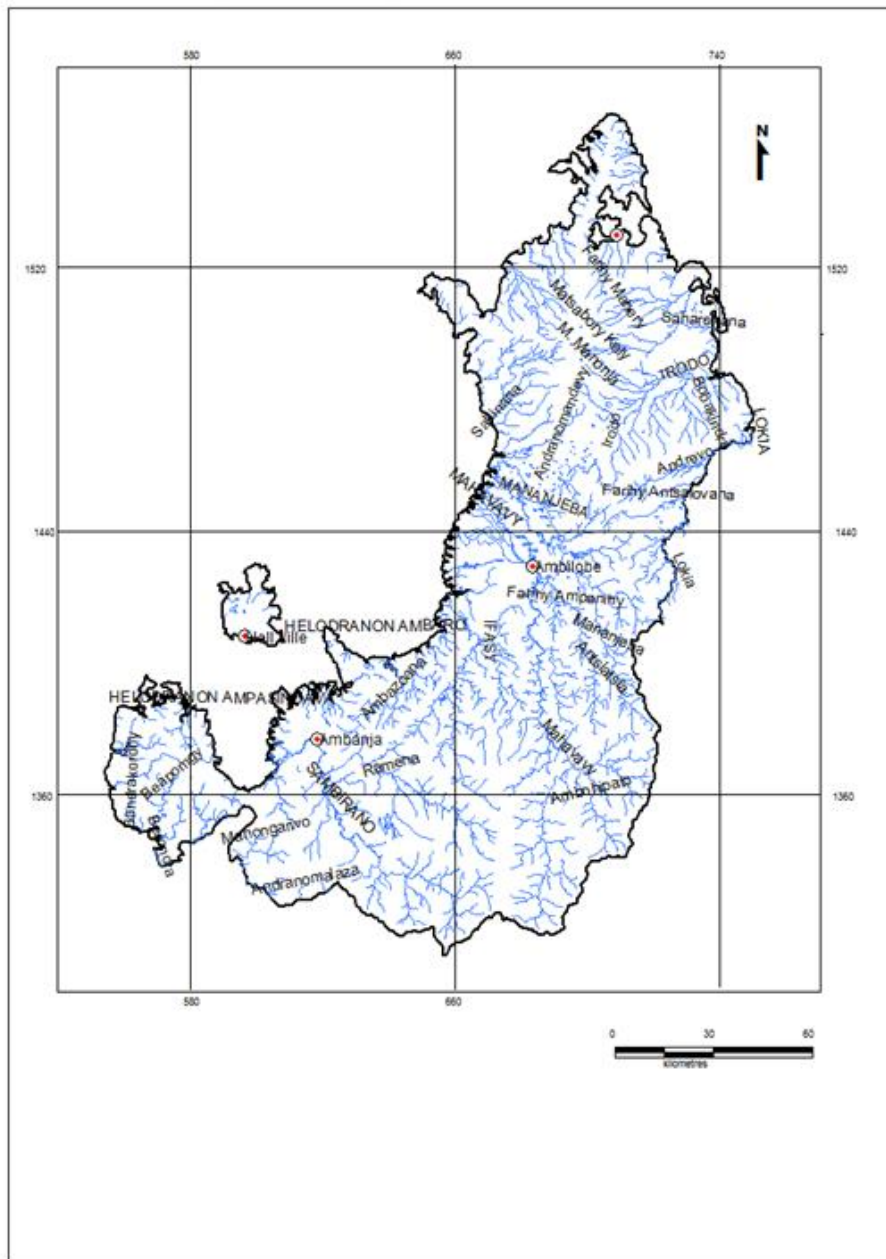
Carte 2 : Carte topographique de la Région Diana (Source : BD 500 FTM et arrangement de l'auteur)



Carte3 : Carte pluviométrique de la Région de Diana (Source BD 500 FTM/MAEP/SAGE)

Sur 13 226 389 ha de terres cultivables, seules les 112 490 ha (1999) sont cultivées (cultures vivrières, cultures de rente, cultures industrielles) selon la Direction Régional de l’Agriculture d’Antsiranana, soit 8.5% de la superficie cultivable. Les restes 1 220 149 ha non exploitées constituent une potentialité de la Région. Parmi les terres disponibles, 40% sont faciles à exploiter et 60% ont subi une dégradation due aux feux de brousse et à l’érosion. Par rapport à la population on a le tableau n°4

Carte hydrographique de la Région Diana



Source: BD 500 FTM

Carte 4 : Carte hydrographique de la Région de Diana (Source : BD 500 FTM et arrangement de l’auteur)

Tableau 4 : Principaux secteurs de communes (Source : INSTAT /Recensement au niveau des communes 2003)

Secteur	Proportion par rapport aux communes en %
Agriculture	90.3
Industrie et manufacture	1.6
Pêche	4.8
Service	3.2
Total	100.0

D'après ce tableau, on constate que 90.3 % des communes sont concernées par l'activité de l'agriculture, cette proportion est colossale.

Tableau 5 : Principales production agricoles des commune (Source : INSTAT/Recensement au niveau des communes 2003)

Produit	Rendement moyen (Kg/ha)	Superficie cultivée (en ha)	Production moyenne
Riz	3 841	121 380	466 220 580
Maïs	2 750	102	280 500
Canne à sucre	3 500	7 200	25 200 000
Arachide	3 250	60	195 000
Haricot	800	50	40 000
Avocat	1 150	1 000	1 150 000
Café	14 281	10 305	147 165 705
Mahabibo (Anacarde)	5 045	10 474	52 841 330
Coton	3 000	210	630 000
Cacao	6 581	13 695	90 126 795
Autre produits de rente	80	3 800	304 000
Tomates	2 080	250	520 000
Raphia	100	2 200	220 000

I.5 TOURISME [10], [11], [9]

La croissance de la branche tourisme a été de 10,5% en 2007. Les touristes étrangers ayant choisi la destination Madagascar se sont élevés à 344 348. Le rythme d'augmentation est de 10% par rapport à la situation en 2006. Ces flux touristiques ont généré des recettes en devise estimées à 210,3 millions de DTS, soit une hausse de 33,4% par rapport à celles de 2006. Les investissements réalisés dans le secteur ont été à l'origine de l'installation de nouvelles infrastructures (166 hôtels et 1468 chambres) et de la création de nouveaux emplois (au total 1 828, dont 1 590 dans les agences de voyage).

Tableau 6 : Evolution des recettes en devises au titre du tourisme, (Source : Banque central de la République de Madagascar-Direction des Etudes)

Années	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Recettes						
Millions de DTS	50,0	104,3	124,5	157,7	210,3	302,6
Taux moyen de DTS/Fmg (1999-2004)	8 675	13 828	2 898,9	3 150,7	2 789	2 840
Milliards FMG (1999-2004)	468,45	1 442,2	343	496,7	586,7	858

La courbe relatant cette situation (jusqu'à l'année 2008), en terme de recette, nous confirme une tendance très prometteuse de ce secteur à Madagascar.

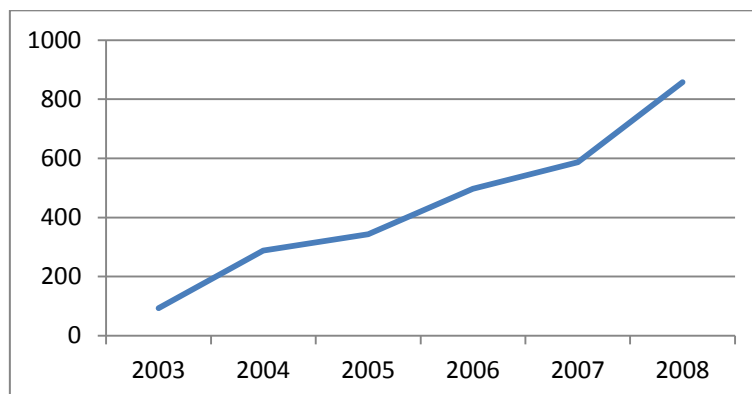


Fig. 2 : Courbe d'évolution de recette liée au tourisme (Source : tableau 6)

Les sites les plus fréquentés sont donnés par le tableau suivant

Tableau 7 : Sites les plus fréquentés (Source : Ministère de l'Environnement, des Forêts et du Tourisme ; 2008)

	SUD	NORD	EST	OUEST	HAUTES TERRES
TAUX	38,40%	21,10%	19,30%	13,90%	7,30%

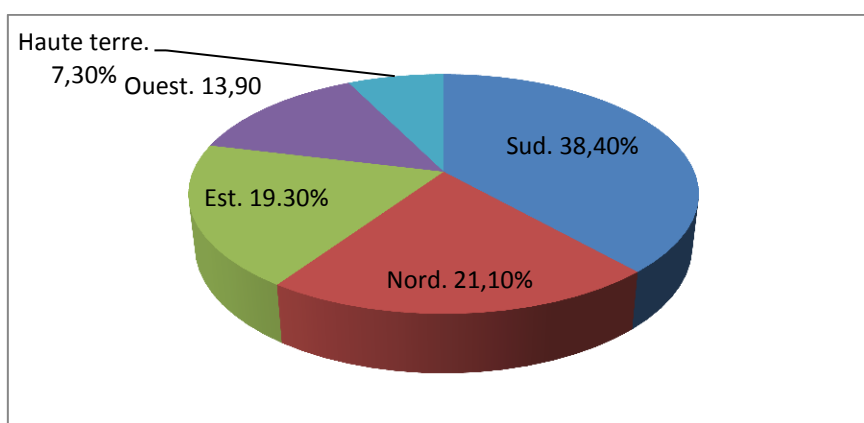


Fig. 3 : Pourcentage de fréquentation des touristes à Madagascar (Source : Ministère de l'Environnement, des forêts et du tourisme ; 2008)

Si l'activité des touristes est largement liée à l'écotourisme (55% selon toujours le Ministère tutelle), la destination nord n'est pas en reste. Cette importante fréquentation vers l'extrême nord-est, vraisemblablement, due aux différents vols internationaux qui desservent cette partie de l'île et aussi la venue fréquente des croisières et des navigations de plaisances. On cite parmi les grandes compagnies comme : Air Italie, Néos, Corsair, Air Austral, Air Madagascar.

Pour mieux appréhender la part de la Région de Diana, la descente sur terrain nous a permis d'avoir de plus amples informations.

D'après la figure n° 4, le nombre des touristes est de plus en plus important à la file des années. Cette constatation est un bon indicateur dans le développement de ce secteur qui est très fragile et dépend de plusieurs facteurs (stabilité politique, infrastructures d'accueil, accessibilité des sites, sécurité des touristes, mesure de promotion au niveau des pays de départ et autres). Les touristes

sont des clients potentiels pour les produits de la gemmologie et de lapidairerie à Madagascar. Ainsi, la Région de Diana ne manquera pas de débouché pour écouler des pierres travaillées une fois que ces dernières sont manufacturées comme il se doit et suivent les normes.

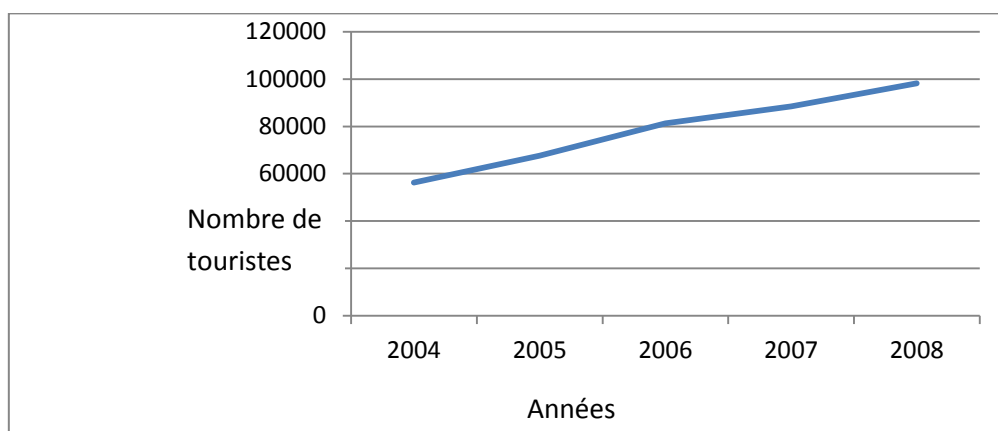


Fig. 4 : Graphique de l'évolution de nombre des touristes dans la Région de Diana (Source : Direction Régionale de Tourisme et de l'Environnement Diana, 2009)

Tableau 8 : Tableau d'évolution de nombre de touristes et recette dans la Région de Diana (Source : Direction Régional de Tourisme et de l'Environnement Diana, 2009)

Année/DISTRICT	DIEGO I ET II	AMBILOBE ET AMBANJA	NOSY BE	TOTAL	RECETTE (en Ariary)
2004	15 148	5 000	36 148	56 296	15 368 808 000
2005	18 813	8 000	40 875	67 688	18 478 824 000
2006	21 018	8 012	52 315	81 345	22 207 185 000
2007	23 710	9 158	55 580	88 448	24 146 304 000
2008	26 858	13 451	57 933	98 242	26 820 066 000

I.6 SECTEUR INDUSTRIEL [9]

I.6.1 Construction navale : la SECREN

La SECREN est devenue la société d'Etat à partir de 1975, qui représentait l'arsenal de réparation navale de l'armée française d'Antsiranana. Depuis, cette société a orienté son activité vers trois directions :

- des travaux de réparation de bateaux (plus particulièrement les thoniers) : réalisation de 80 bateaux par an ;
- de la construction navale des bateaux neufs : réalisation de 8 bateaux par an ;
- des travaux industriels de diversification (des coques nues, standards, des travaux pour les armées en fonction des besoins du client).

Son capital est de 400 000 000 d'Ariary et elle emploie actuellement 1150 personnes (cadres, ouvriers et employés).

Avant, la productivité était handicapée par la vétusté des matériels, l'absence d'une culture d'entreprise et l'existence d'une main d'œuvre assez vieille.

Environ 10% du personnel occupe « des postes doux ». Ils continuent à percevoir leurs salaires et avantages sans effectivement travailler.

Des solutions ont été préconisées. Il s'agit du recyclage, de l'incitation à la retraite anticipée et du rajeunissement du personnel.

En 1997, la SECREN négocie la réouverture de son centre de formation qui a fermé ses portes en 1986 grâce à l'appui de la Banque Mondiale et du Conseil National de la Formation Technique et Professionnelle (CNFTP).

En 1998, elle a investi dans la réorganisation technique, l'amélioration de la vente, l'achat de matériels de sécurité.

La société dispose actuellement d'un potentiel technologique élevé, lui permettant non seulement de résister à la concurrence en matière de construction et de réparation de bateaux, mais surtout d'envisager une ouverture technologique en matière d'usinage de pièces au profit des entreprises individuelles malgaches.

La SECREN est une des plus importantes unités industrielles d'Antsiranana. Elle vient d'obtenir le « prix Etoile de Platine International » pour la qualité et l'excellence dont elle a su faire preuve par la prestation de service. Pour l'année 1999, son chiffre d'affaires atteignait 9,2 milliard d'ariary.

En 2009, La société connaît la plus grande difficulté de son histoire et risque de fermer ses portes si aucune mesure ne serait pas entreprise à l'avenir.

I.6.2 Pêche et Froid de l'Océan Indien (PFOI)

Madagascar est le 8^{ième} exportateur mondial de conserve de thon grâce à PFOI, filiale de Pêche et Froid de Boulogne sur Mer dans le Pas de Calais sur la Manche, l'unique complexe thonier intégré de Madagascar qui exporte plus de 98% de la production vers l'Union Européenne.

Elle a été créée en 1991. C'est une société anonyme à responsabilité limitée (SARL), au capital de 1 648 620 000 Ariary. Elle emploie 1176 personnes. Elle a un complexe frigorifique de ravitaillement, une conserverie de poisson et une unité de fabrique de farine de poisson.

La campagne thonière dure tout le long du mois de mars à juillet et la PFOI exporte, à elle seule, 30 000 à 40 000 tonnes de thons par an, ceci lui permettant un grand apport de devises.

I.6.3 Compagnie Salinière de Madagascar(CSM)

La CSM a été créée en 1895 et se trouve sur la Saline d' Antsahampano dans le cul de sac gallois. Elle est entourée de mangroves avec des forêts de palétuviers à racines échasses. La CSM s'étend sur 550 ha et emploie 280 personnes dans ses marais salants ; son capital est de 262 500 000 Ariary.

L'eau de mer est introduite par gravité sur des surfaces où elle s'évaporerait et se concentrerait sous l'effet de la chaleur. L'eau dont le débit est continue durant la campagne de production d'avril en décembre, doit atteindre 25° baumé (densité 1,215) pour être saturée en sel. Le sel récolté sera lavé, égoutté et essoré puis stocké en tas appelé « camelle ». Depuis le mois d'octobre 1995, le sel de la CSM est iodé afin de faire face à diverses maladies (goitre, retard mental, stérilité...)

Le sel est exporté à la Réunion et aux Seychelles. Le prix à l'exportation n'a pas été augmenté en raison de la forte concurrence de l'Afrique du Sud qui approvisionne aussi la Réunion et l'île Maurice.

La CSM ravitaille également en sel les bateaux de passage pour la conservation de produit de mer. Elle s'oriente de plus en plus vers la mutuelle et la formation afin de développer l'humain et le culturel si auparavant, la compagnie était fermée au public, elle est maintenant tout à fait ouverte aux visiteurs.

I.6.4 SIRAMA Ambilobe et Nosy-Be

Les activités du Centre Malgache de la Canne et du Sucre (CMCS) ont été axées sur la « redynamisation de la filière par des actions de restructuration ».

Pour permettre le centre de jouer son rôle, l'Arrêté ministériel n°11 508/99 du 03/11/99 a relevé le taux de prélèvement forfaitaire à verser au profit du CMCS à 6 Ariary par kilo de sucre écoulé à l'intérieur du territoire national.

De même, dans le cadre de la restructuration de la filière, un comité ad hoc, chargé de la mise en place de la réglementation sucrière à Madagascar, a été créé et dont le Centre en fait partie et joue un rôle de banque de données.

La campagne de 1999 a été aussi marquée par :

- le changement de mode de calcul de la détermination du prix de la canne à payer aux planteurs suivant la formule de QUEENSLAND ;
- l'introduction de nouvelles variétés de canne auprès de CIRAD-CA-Montpellier.

I.6.4.1 Production de canne à sucre

Voici la Répartition de production de canne à sucre par catégorie de planteurs

Unité : Tonnes

Tableau 9 : Production de canne à sucre (Source : CMCS Rapport d'activités 1999-2000)

Catégorie de planteurs	Centre de production		Total
	Ambilobe	Nosy-Be	
Domaine usine	290 631	59 445	350 076
Gros planteurs	25 156		25 156
Moyens planteurs	31 711	2 593	34 304
Petits planteurs	33 623*	1 354	34 977
Total	381 121	63 392	444 513

(*) : Secteur Mananjeba : 30 396 T Secteur Antenina : 3 227 T

I.6.4.2 Production de sucre

Voici la production par catégorie de sucre selon les centres de productions.

Unité en tonnes

Tableau 10 : Production de sucre (Source : CMCS Rapport d'activité 1999-2000)

Catégorie de sucre	SIRAMA		Total
	Ambilobe	Nosy-Be	
Blanc export	-	-	-
Blanc	3 205	-	3 205
Blond	-	5 165	5 165
Roux	34 873	-	34 873
Total	38 078	5 165	43 243

Le sucre roux est le plus produit.

I.6.4.3 Production de mélasse et d'alcool

Tableau 11 : Production de mélasse et alcool (Source : CMCS Rapport d'activité 1999-2000)

Localités Produits	SIRAMA		Total
	Ambilobe	Nosy-Be	
Mélasse produite(TM)	25 110	2 320	27 490
Mélasse distillée(TM)	18 091	2 610	20 701
Production alcool (HL)	53 106	5 526	58 632
Rhum	50 711	5 405	56 116
Alcool	2 395	121	2 516

Il y a une baisse de production pour la campagne 1999. Cela est dû aux arrêts de l'usine d'Ambilobe, à une panne grave de l'usine de Nosy-be et à la baisse de production de canne des planteurs indépendants qui ont eu des difficultés financières.

I.6.4.4 Ecoulement de production

Pour toutes productions confondues, on les présente selon leur destination :

- marché intérieur : en 1999/2000 : 85 000 tonnes ;
- exportation : Europe, USA, Autre : 1999/2000 : 63 594 tonnes (production avec les autres centres).

On remarque que les données concernant cette société ne sont pas disponibles pour le grand public même après plusieurs tentatives de notre part une raison pour laquelle les tableaux ne sont pas mis à jour.

Les grandes sociétés qui étaient jadis les fleurons de la Région sont de nos jours en difficulté (plus particulièrement les sociétés d'Etat), la Sirama par exemple a dû licencier des ouvriers et l'Etat compte les privatiser.

Bref, la Région de Diana est très active et cela presque dans tous les domaines. Cependant, fort de sa capacité liée aux divers sites, le tourisme et l'industrie occupent une part non négligeable dans cette Région au profit de la population. Malgré ces atouts, ils sont mal exploités et les 485 800 d'habitants recensés en 2004 restent en grand nombre démunis.

Le manque de travail incite la population à se consacrer dans l'exploitation anarchique de sous-sol généralement généreux en espérant en tirer de profit facilement.

CHAPITRE II : CONTEXTE GEOLOGIQUE ET SECTEUR MINIER DE LA REGION DIANA

II.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [8]

Le socle ancien, formé de terrains cristallins et cristallophylliens, peut constituer des reliefs importants, tels que le massif du Tsaratanana (2 876 m), point culminant de l'île.

Les terrains sédimentaires forment, le long de la côte ouest, une bande de largeur variable. En effet, en certains points, des bombements du socle ramènent les terrains cristallins au voisinage du canal du Mozambique. Cette couverture sédimentaire forme un système de cuesta dont la plus importante est celle des grès de l'Isalo qui, dans la région, porte le nom de chaîne de Galoka. La seconde et troisième cuesta, constituées par des calcaires jurassiques et des grès crétacés, apparaissent surtout dans le Nord-Est de l'île. Entre ces reliefs et la côte s'étendent les plaines alluviales de la Mahavavy, de l'Ifasy et du Sambirano, dont la largeur varie de 10 à 30 km.

La carte n° 5 montre une aperçue géologique de la Région concernée.

II.1.1 Socle cristallin

L'étude stratigraphique des schistes cristallins de Madagascar s'est heurtée et se heurte encore à des difficultés considérables ; la principale raison réside dans l'absence de discordance entre les diverses unités reconnues dans certaines régions (et surtout dans le sud, zone privilégiée par l'absence de couverture latéritique). La seule discordance observée est à la base de la série paléozoïque des schistes et quartzites d'importance locale et ne concerne pas le socle précambrien proprement dit. Par ailleurs, la tentation de confondre faciès métamorphiques et unités stratigraphiques alimente volontiers quelques malentendus tout au long d'un socle s'étendant sur 1 450 km.

H. Besairie a donné un résumé qui est son interprétation du socle malgache. Du point de vue stratigraphique on peut en retenir les subdivisions suivantes :

- système de Vohibory ;
- système du graphite ;
- système Androyen.
 - Groupe d'Ampanradava ;
 - groupe de Tranomaro
 - groupe de Fort Dauphin

La Région de Diana est peu connue. En première approximation, on trouvera les unités stratigraphiques successives en déplaçant du Sambirano (base) vers la Mananjeba (sommet). Par ailleurs, on constate que l'on passe ainsi de faciès métamorphique profonds, assimilables au faciès granulite, à des faciès métamorphiques supérieurs, comme les séricitoschistes à graphite de la base Mananjeba.

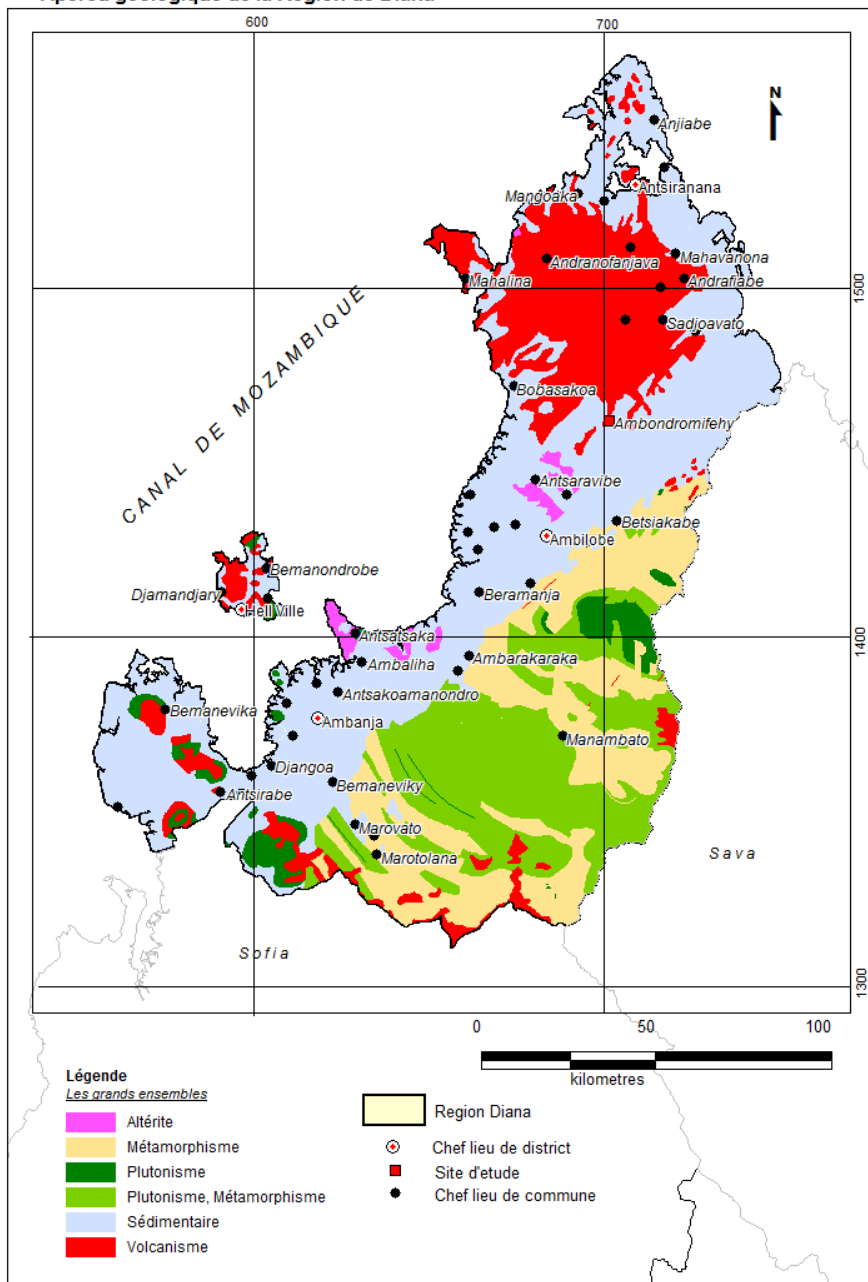
D'ailleurs, on a décrit des groupes locaux à définition géographique en tâchant de préciser les relations stratigraphiques entre eux et de leur attribuer une place dans la zoogéographie. Les corrélations avec le reste du socle malgache sont proposées in fine à l'état d'hypothèse.

On distingue :

- groupe de Mangily ;
- groupe Mamoro-Mananjeba ;
- groupe de l'Ifasy ;
- groupe de Sambirano

Le groupe de Mangily est vraisemblablement l'homologue latéral d'une partie du groupe Mamoro-Mananjeba.

Aperçu géologique de la Région de Diana



Source: SIGM -Direction de la géologie -Ampandrianomby

Carte 5 : Aperçu géologique de la Région Diana (Source : SIGM-Direction de la géologie-Ampandrianomby)

II.1.1.1 Groupe du Sambirano

Ce groupe est bien visible dans le bassin du Sambirano qui s'y écoule à peu près parallèlement à la direction des couches, mais dont les affluents donnent parfois une bonne coupe des formations dans leur bed-rock rocheux.

Les caractères généraux de ce groupe sont :

- une migmatisation générale ;
- la présence de facies calcaires importants, en particulier de calcaires dolomitiques ; cristallins, indiquant une origine au moins partiellement sédimentaire;

- l'existence de graphite confirmant la remarque précédente ;
- un faciès malgachite caractérisant comme nous le verrons la zone inférieure ;
- une tectonique presque partout régulière et monoclinale.

Des études pétrographiques ont révélé les quartzites, les cipolins, les malgachites, les gneiss migmatitiques et les roches éruptives récentes.

II.1.1.1.1 Quartzites

Les quartzites qui jouent un rôle important sous forme des lentilles bien allongées le long des directions tectoniques de la série, occupant principalement le fossé tectonique et son prolongement vers le Sud-est. Les directions et pendages de ces roches ne sont que très rarement observables, mais les contacts des lentilles apparaissent concordants sur les roches du groupe du Sambirano.

Ces roches contiennent quelques rares minéraux accessoires qui renseignent mal sur le faciès métamorphique. On a noté seulement les associations :

- quartz-sillimanite-biotite-magnétite ;
- quartz-biotite.

Dans les affluents de rive gauche de la Beamalona qui drainent d'importantes zones quartzitiques ont été récoltés de nombreux blocs et galets de quartz translucide, rose et violet.

II.1.1.1.2 Cipolins

Ils sont extrêmement fréquents dans le groupe où ils ne forment pas de masses considérables, mais des bancs de un mètre d'épaisseur en moyenne et ne dépassant pas 4 à 5 mètres au maximum. Ils ne sont jamais purs mais contiennent le plus souvent des minéraux en abondance. Ces cipolins dérivent de bancs de calcaires dolomitiques assez impurs. On peut y distinguer deux types principaux :

- un type très magnésien, pauvre en silice, presque sans alumine, caractérisé par la présence de la forstérite ou de la chondrodite ;
- un type magnésien faiblement alumineux, moins pauvre en silice, caractérisé par des wernérites (scapolites ou dipyre).

On trouve volontiers dans les deux types un diopside vert et toujours du sphène, souvent en quantité importante, ce qui laisse supposer la richesse en titane du sédiment primitif.

Les minéraux contenus dans les cipolins sont la calcite, la dolomite, le diopside ferrifère, le forstérite, le chondrodite, le scapolite-dipyre, l'antigorite, le phlogopite, le pargasite, le sphène, la micricline, le quartz, le spinelle et le grenat.

II.1.1.1.3 Malgachites

Ces malgachites existent essentiellement sur la bordure Sud-ouest du graben du Sambirano et on les observe très bien dans les lits des affluents de rive gauche du fleuve : Ambahatra, Andampy, Ambakoany, Marotolana, Beambatry, où des cipolins leur sont associés. Dans le haut Sambirano par contre, les Malgachites paraissent rares et on ne les a rencontrées que sur le cours du fleuve un peu en amont de Beangony. Enfin, les Malgachites réapparaissent plus au nord dans la région d'Ankazohely, entre Ramena et Sambirano.

Les traits caractéristiques de ces roches sont :

- la présence constante de l'hypersthène, et de biotite. Un pyroxène vert ayant des caractéristiques de diallage qui les accompagne souvent ;

- les feldspaths potassiques, souvent maclés, ne montrent en revanche jamais le quadrillage caractéristique du microcline. Ce sont des orthoses, difficilement mesurables en raison de la présence constante de microperthite ;
- les plagioclases normaux sont assez abondants ; il s'agit toujours d'oligoclases ou du passage oligoclase-andésine.

II.1.1.1.4 Les gneiss migmatitiques

Le groupe de Sambirano est constitué de gneiss à caractère migmatitique, dont les minéraux-types sont la biotite, le diopside, le grenat. La proportion des minéraux colorés est extrêmement variable ; on passe par exemple sur une faible distance, d'un gneiss pauvre en pyroxène à une pyroxénite feldspathique. La sillimanite est extrêmement fréquente, parfois associée à la cordiérite.

On a noté les associations minérales suivantes :

- quartz-microcline-diopside-scapolite-calcite-sphène;
- quartz-microcline-plagioclases-diopside-biotite;
- quartz-plagioclases-grenat-biotite
 - Quartz-orthose-plagioclases-grenat-phlogopite ;
 - biotite-sillimanite-grenat ;
 - quartz-hornblende verte-diopside-plagioclases acides-apatites.

Une des roches les plus intéressantes de ce groupe a été rencontrée en plusieurs points en bordure Nord-Est du graben, dans la rivière Ambalamiholona (st d'Anjiabory), dans la rivière Ambakirano, et retrouvée au Sud-Est sur la rive droite de Sambirano, en face de Marotolana. Il s'agit de lamboanite grenat, contenant de larges paillettes de graphite, avec biotite, sillimanite, peut être cordiérite. Les grenats peuvent atteindre 2 cm de diamètre; ils sont emballés dans des fibres très abondantes de sillimanite. Des plagioclases peu abondants et non mesurables complètent la paragenèse.

II.1.1.1.5 Roches éruptives récentes

De nombreux filons éruptifs, de composition généralement trachytique, traversent les roches du groupe. Leur direction est souvent Sud Ouest-Nord Est, soit perpendiculaire aux grandes failles du graben. Ce sont des types alcalins, contenant de l'aegyrine, qui paraissent devoir être rapportés au groupe des roches subvolcaniques d'Ampasindava. Des roches analogues se sont épanchées vers les sources du Sambirano mais n'ont été vues qu'en bas des pentes et en bloc alluviaux. Il est d'ailleurs admis que le centre si mal connu du massif de Tsaratanana est constitué de trachytes. Enfin, des basaltes récents existent un peu à l'Est d'Ampanompia.

II.1.1.2 Groupe de l'Ifasy

Bordant au Nord le groupe du Sambirano et reposant sur lui avec les mêmes directions, une masse puissante de schistes cristallins occupe les bassins de la Ramena et du haut Ifasy. On a donné à ce groupe le nom de cette dernière rivière. Le bassin de la Ramena a été étudié dans sa partie aval. Celui de l'Ifasy est surtout connu par les comptes rendus et les échantillons des prospecteurs, on est donc réduit à des données fragmentaires.

Les roches les plus abondantes sur la base Ramena sont des gneiss assez clairs, finement lités, à quartz et plagioclases, biotite, sillimanite et grenat, avec de très nombreuses petites paillettes de graphite. On note également des diopsidites à scapolite dans les gneiss et des leptynites à grenat. La direction de ces couches est sensiblement Nord 25° Ouest à Nord, 40° Ouest, pendage Est 45°, pouvant devenir plus faible. Certains niveaux ont subi une granitisation avancée, comme on le voit en particulier aux chutes de la Ramena.

Les roches de la Ramena ne sont pas sans analogies avec celles de la zone à grenat et sillimanite définie dans le groupe du Sambirano, au Nord du graben. Si l'on admet l'identité, le long d'une coupe schématique SW-NE en bordure du contact sédimentaire, on aura la succession :

- zone à malgachite ;
- zone à grenat, sillimanite et graphite ;
- zone à malgachite ;
- zone à grenat, sillimanite et graphite.

II.1.1.3 Groupe Mamoro-Mananjeba

On a donné ce nom à la partie la plus élevée, stratigraphiquement, du socle, qui affleure en bordure du sédimentaire dans le quart Sud-Est de la feuille Ambilobe et s'étend à l'Est sur la feuille Andavakoera voisine. La base en est migmatisée, la plus grande partie a échappé à la migmatisation. La stratigraphie interne du groupe est très difficile. D'une part la composition du groupe est monotone, c'est une séquence épaisse silico-alumineuse ses niveaux-repères. D'autre part, la tectonique est complexe : les directions demeurent principalement Nord Ouest-Sud Est, mais les pendages changent souvent de sens avec des valeurs également très variables décrivant de plis larges ou serrés.

Les études pétrographiques révèlent la présence d'une zone des gneiss à biotite, d'une zone des gneiss à mica et d'une zone des séricitoschistes à graphite.

II.1.1.3.1 Zone des gneiss à biotite

Les roches de cette zone forment principalement l'angle Sud-ouest de la feuille Andavakoera et le Sud de la feuille Ambilobe. Le type le plus fréquent est un gneiss assez leucocrate à biotite et amphibole. La hornblende verte y forme généralement d'assez grands cristaux à tendance automorphe, englobant de petits grains arrondis de quartz. L'Orthose, l'oligoclase ou l'andésine et le quartz composent le reste de la roche ; le sphène est relativement fréquent. La texture est lépidoblastique à granoblastique suivant la proportion de ferromagnésiens. Le microcline paraît n'exister qu'au voisinage des zones migmatisées. La biotite est parfois remplacée par un mica vert et l'épidote peut apparaître lorsqu'on passe à des gneiss à amphibole. On trouve également des gneiss banaux à biotite seule, contenant toujours plus ou moins de plagioclases.

Un des gneiss à biotite est migmatisé. La composition minéralogique n'est modifiée notablement que par le développement du microcline et quelque fois par la formation de grenat.

II.1.1.3.2 Zone des gneiss à deux micas

Les gneiss à deux micas qui définissent cette zone n'y sont pas les roches les plus communes. On observe, sur quelques kilomètres :

- quartzites fins à biotite et magnétite rares ;
- des amphiboloschistes à hornblende verte, zoïsite et épidote, avec un fin agrégat de quartz ;
- des alternances de quartzites pauvres en minéraux (parfois muscovite) et de micaschistes plus ou moins feldspathiques à muscovite parfois à très grandes lames de mica ;
- des gneiss à chlorite et amphibole ;
- des gneiss très fins, pauvres en ferro-magnésiens, à albite, muscovite et chlorite ;
- des gneiss à amphibole et grenat.

On voit localement dans ces roches riches en muscovite le mica remplacé par du disthène en grandes lames bleutées atteignant plusieurs centimètres, et de la sillimanite (montagne d'Antsoa, entre Antsiatsia et Mananjeba). Une élévation locale de la température et de la pression a favorisé selon toute vraisemblance la réaction :

Muscovite + Quartz = Orthose + Sillimanite.

Il est à noter que dans la même région la présence d'une épidotite paraissant formée essentiellement de minces lits alternés d'épidote et de quartz.

En définitive, on a dans cette zone les associations suivantes :

- quartz-Hornblende verte-Zoïsite-Epidote ;
- quartz-Albite-Muscovite-Chlorite ;
- quartz-Orthoclase –Muscovite ;
- hornblende vert-Andésine-Epidote.

II.1.1.3 Zone des séricitoschistes à graphite

La zone la plus élevée se rencontre en deux lambeaux, l'un est allongé entre l'Antsiatsia et la Mananjeba, avec un pendage Nord 60°. L'autre se trouve au contact du Permien, au Nord-Est d'Ankitokazo, avec un pendage également élevé, de 50 à 65° vers le Nord-Ouest.

Les micaschistes sont finement cristallisés et ne paraissent pas contenir de feldspaths en quantité notable. Ces roches claires, friables, renferment des intercalations graphiteuses ; les paillettes de mica deviennent extrêmement fines. On a appelé ces roches très tendres séricitoschistes à graphite. Aux micaschistes sont associés des quartzites fins, peu consolidés, sans minéraux accessoires visibles, autres qu'un peu de muscovite et de magnétite.

La composition du groupe est complexe : des roches comme les quartzites ont incontestablement une origine sédimentaire ; les roches à amphiboles auraient une origine double : le gneiss à amphibole dériveraient de formations calco-alumino-siliceuses, les amphibolites proprement dites proviendraient de la rétro-morphose de roche basique.

II.1.1.4 Groupe de Mangily

Ce groupe se trouve un peu à l'Est du précédent, il est à peu près séparé par une large bande de migmatites granitoïdes ; ses relations avec ce groupe sont de ce fait mal connues, ce qui a amené à en faire un groupe à part, malgré son extension géographique assez faible. Il est principalement représenté dans une zone déprimée allongée Nord-Sud en bordure occidentale du gros massif de granite migmatitique de l'Ambohitsitondroina, mais on en retrouve quelques lambeaux au Nord du massif.

Les caractères généraux de ce groupe sont : la finesse commune de la cristallisation, d'une part, l'abondance de l'amphibole et de l'épidote d'autre part. L'amphibole est une espèce particulière ; c'est une hornblende bleu-vert, d'angle d'extinction maximum élevé (voisin de 35°).

II.1.2 COUVERTURE SEDIMENTAIRE

Bien développée dans l'extrême nord où elle s'étend sur 25 à 120 kilomètre de large, la série sédimentaire débute au permien supérieur et se poursuit avec de nombreuses lacunes jusqu'au quaternaire. Le Karroo (ensemble des dépôts continentaux qui se sont déposés du carbonifère au Jurassique moyen) malgache, qui a une certaine individualité propre, due en particulier à de nombreuses intercalations marines, a été divisé dans le Sud-ouest de Madagascar par H.BESAIRIE en trois groupes : Sakoa, Sakamena, Isalo, séparés par des discordances.

Dans l'extrême Nord, le groupe de la Sakoa n'est pas représenté en affleurement, mais il est possible qu'il existe en profondeur au large du socle car dans le Sud de Madagascar.

II.1.2.1 Sakamena (permien supérieur et Trias inférieur) (cf. Annexe 1, planche 13)

Ces niveaux ont un développement important dans l'extrême nord où ils affleurent de façon discontinue sur près de 200 kilomètres de longueur, depuis le voisinage de l'Océan Indien jusqu'au sud de Sambirano.

Les reliefs du socle existant ont compartimenté la zone de sédimentation permo-triasique en trois bassins :

- bassin d'Ambarabanja au Nord Est;

- bassin d'Andavakoera-Ankitokazo ;
- bassin de l'Ambahatra.

II.1.2.1.1 Bassin d'Ambarabanja au Nord-Est

Ce bassin se trouve au voisinage de l'Océan indien, à l'Est du môle cristallin du Tsaramborona qui le sépare du bassin d'Ankitokazo.

La stratigraphie s'établit de façon suivante :

- gneiss ;
- grès fins tendres, argileux, panachés rouge-jaune, sans stratification visible ;
- schistes blancs à jaunes, contenant une phase détritique souvent abondante ;
- marnes feuilletées bleues avec lits gréseux ferrugineux ;
- marnes noduleuses, gris-bleu ou brunâtres à la base ;
- quelques mètres d'argiles panachées gréseuses.

II.1.2.1.2 Bassin d'Andavakoera-Ankitokazo

Il s'étend de la Loky jusqu'un peu au sud d'Anaborano-sur-Ifasy, soit une centaine de kilomètres. H.BESAIRIE(1952) en a donné la coupe générale suivante :

- grès de l'Isalo transgressifs ;
- schistes d'Iraro non fossilifères ;
- schistes à poissons et Ammonites ;
- schistes à claraia ;
- schistes et argiles à cyclolobus ;
- grès argileux à productus et spirifer ;
- schistes cristallins.

II.1.2.1.3 Bassin de l'Ambahatra (Cf. Annexe 2, planche 14)

Lors de la prospection systématique du bassin de la rivière Ambahatra, affluent de rive gauche du Sambirano, par J.de Saint Ours (1954), une découverte des formations sédimentaires anté-isaliennes a marqué l'attention. En bordure Ouest de fossé du Sambirano, les grès grossiers à galets de quartz de l'Isalo viennent buter contre les migmatites le long d'une faille Sud-Sud Ouest. Entre les grès de l'Isalo et les migmatites, des formations phylliteuses de caractère original sont aperçues :

- la série grise : elle est constituée de schistes tendres, très fissiles et très fins, gris à noirs, sans fossiles, mais contenant par place des traces charbonneuses granulaires ;
- la série rouge : elle est constituée d'argilites rouges peu schisteuses, très homogènes, ayant apparemment perdu leur caractère argileux primitif.

II.1.2.2 Isalo et ses équivalents marins

Le groupe de l'Isalo, le plus élevé du Karroo malgache, succède au groupe de la Sakamena dont il est séparé dans le Sud-ouest par une discordance majeure. Sa durée est considérable. Il est largement représenté tout au long du bassin sédimentaire de l'Ouest, de la région de Tuléar jusqu'à l'Océan Indien, au Sud d'Antsiranana.

Les trois niveaux de subdivision proposés par H.BESAIRIE paraissent non applicables dans l'extrême nord selon J.de Saint Ours. En effet, on a trouvé dans la région d'Ambilobe le niveau des calcaires de Jangoa. Ainsi, il est préférable d'utiliser la subdivision suivante (par J.de Saint Ours) :

- niveau à macrocephalites triangularis ;
- base du jurassique supérieur ;
- Isalo supérieur mixte (région d'Ampasindava) = Jurassique moyen marin (Ambilobe) ;
- niveau calcaire de Jangoa (lias supérieur) ;

- Isalo inférieur continental ;
- permo-trias(Sakamena).

II.1.2.2.1 L'Isalo inferieur

Du Nord-Est vers le Sud-Ouest, on distingue la région de Loky, la région de l'Andrafiarena-Mahanoro, la région d'Ambilobe et la région de Sambirano.

II.1.2.2.1.1 Région de la Loky

De bas en haut la coupe suivante est observée :

- marnes à Flemingites du bassin permo-triasique d'Ambarabanja ;
- grès fins, blancs à la base, puis jaunes et ferrugineux ;
- grès conglomératiques aux éléments très grossiers constitués surtout de galets de quartz ;
- même formation que la dernière couche ci-dessus, mais de granulométrie moins grossière, avec argilites gréseuses vertes et rouges ;
- alternance de grès grossiers ou moyens, blancs ou jaunâtres, assez bien lités ;
- disparition complète des argilites et des colorations rouges. Grès fins, jaunâtres, à stratification entrecroisée dit grès d'Ankarabo ;
- calcaire gris gréseux et cristallin avec quelques oolites.

II.1.2.2.1.2 Région de l'Andrafiarena-Mahanoro

Les observations de R.Dormois (1949) montrent dans la région de ces deux sommets au nord du bassin de l'Andavakoera une coupe assez analogue à la précédente pour le faciès continental franc mais avec une réduction d'importance des argilites. R.Dormois indique pour l'ensemble de l'Isalo inférieur une puissance de 1500m. Il sépare, au-dessus de l'Isalo normal, « des couches de transition » qui présentent un faciès mixte, alternativement marin et continental avec très peu de fossiles dont aucun stratigraphiquement n'est utilisable. C'est ainsi qu'entre les monts Mahanoro et Lakandaribe on a une alternance de bancs calcaires, marneux, d'argiles et de grès dont l'épaisseur totale dépasse 400 mètres.

II.1.2.2.1.3 Région d'Ambilobe

On a dans cette région la succession suivante :

- calcaire de Jangoa 25m ;
- série oolitique qui révèle la coupe suivante :
 - base des calcaires de Jangoa ;
 - grès tendres finement lités ;
 - grès durs à stratification entrecroisée ;
 - banc de calcaire oolitique ;
 - calcaire gris à cassure conchoïdale ;
 - grès en dalles ;
 - banc calcaire oolotique à tiges de crinoïdes ;
 - grès jaunes massifs type Isalo ;
 - calcaire craquelé brun à rose à rares entroques ;
 - grès grossiers à stratification entrecroisée ;
 - substratum non visible
- grès continentaux type Isalo : La lithologie reste toujours à peu près la même que la région de Loky, avec d'incessantes variations de détails autour d'un type moyen de grès continental généralement grossier. Les intercalations d'argilites sont plus rares mais toujours présentes ;
- schistes d'Iraro.

II.1.2.2.1.4 Région du Sambirano

Au sud du Sambirano, sur la haute Ambahatra, on a une excellente coupe de la base de l'Isalo, montrant que la sédimentation commence par des grès fins qui passeront à des grès grossiers à galets 100 à 200 mètres seulement au-dessus de la base de la série. Il n'y a pas là de discordance visible. Les grès de l'Isalo inférieur constituent tout ce qui n'est pas éruptif dans le massif de Manongarivo.

Il est à noter, entre Ramena et Sambirano, à la base de l'Isalo, la présence de dépôts assez étendus de manganèse qui peut être interprétée comme provenant d'un lessivage de formation latéritique sur le socle voisin.

II.1.2.2.2 Calcaires de Jangoa

Ces calcaires sont définis au voisinage du village de Jangoa où ils ont été découverts par VUILLAUME lors de ses prospections dans la presqu'île d'Ampasindava.

Par ailleurs, dans toute la région de Maromandia on observe, au sommet des grès de l'Isalo inférieur et reposant sur eux, une couche calcaire puissante de 10 à 20 mètres. Cette couche est discontinue de Maromandia à l'Andranomalaza.

Il a été relevé les deux coupes suivantes :

Au nord de Positra :

- grès puissants de la base de l'Isalo supérieur ;
- grès calcaires très fins, avec mince délits argileux et traces de lignite ;
- calcaire compacts gris, oolitiques, légèrement géodiques vers la base ;
- calcaire sublithographique ;
- grès calcaire brun à stratification entrecroisée ;
- sill trachytique ;
- grès de l'Isalo inférieur devenant calcaire au sommet.

A Antafiabe :

- fine oolite blanche ;
- calcaires gris compacts sublithographiques ;
- calcaire gréseux à traces de fossiles.

Dans la région au Nord d'Ambilobe la série oolitique se termine par un niveau calcaire plus puissant. Ce niveau affleure en particulier juste au-dessous du village d'Ambilomagodra une magnifique lapiez (les lapiez sont des fissures superficielles du relief et résultent de l'érosion des roches calcaires par le ruissellement des eaux qui les dissout, les rongent) où se succède sur 25 à 30 mètres d'épaisseur :

- calcaire oolitique jaune ;
- calcaire cristallin grumeleux ;
- calcaire oolitique ;
- calcaire gréseux à stratification entrecroisée ;
- calcaire oolitique ;
- grès tendres.

II.1.2.2.3 Isalo Supérieur

Les formations décrites ici sont situées entre les calcaires de Jangoa (Lias supérieur) et niveau à macrocephalites (base du Callovien).

Au sud, dans la région d'Ampasindava, on a une sédimentation toute différente, à faciès mixte : faciès Ankarana-Analamera et faciès et série d'Ampasindava.

On attribue à l'Isalo supérieur les argilites et les grès de faciès probablement continental qui forment une bonne partie de la presqu'île d'Ambato, où ils sont d'ailleurs très mal visibles. Il est difficile de le confirmer nettement en l'absence des calcaires de Jangoa (disparus par faille).

II.1.2.3 Jurassique supérieur

Le Jurassique supérieur est incomplètement représenté dans la série sédimentaire du nord ; il est probable qu'il y eut une sédimentation marine continue pendant toute cette période comme dans d'autres régions de Madagascar mais les conditions d'affleurement sont très mauvaises. Quelques niveaux connus tels que la vallée du Rodo, série d'Andranomantsy, la côte Ouest et la région de Maromandia.

II.1.2.3.1 Vallée du Rodo, série d'Andranomantsy

En bordure Sud de la petite vallée du Rodo, dont le fond est couvert de coulées basaltiques récentes et d'alluvions, affleurent les calcaires jurassiques moyens de l'Analamera.

Les affleurements sont discontinus entre des placages de carapace sableuse hachés de failles, et ce n'est qu'avec l'aide de la paléontologie que l'on a pu établir de façon certaine la succession des assises comme suit :

- carapace sablo-argileuse ;
- marnes à Reineckeia et Hubertoceras (base du callovien moyen) ;
- marne à Pleurocephalites et Indocephalites (callovien inférieur) ;
- marnes à macrocephalite (base du callovien) ;
- marnes et lumachelles à epistrenoceras (bathonien supérieur) ;
- calcaire à clydoniceras (batonien moyen-supérieur) ;
- Substratum inconnu.

II.1.2.3.2 Côte ouest

En bordure Sud-ouest et Ouest de la montagne d'Ambre, les coulées basaltiques laissent apercevoir par place le substratum sédimentaire. Ces fenêtres montrent l'existence d'une série marneuse avec quelques lits calcaires, très épaisse, s'étendant du pied du mur de l'Ankarana jusque dans la région d'Ampombiantambo, soit sur 25 kilomètres.

II.1.2.3.3 Région de Maromandia

Au sud de la presqu'île d'Ampasindava, en bordure de mer, dans la région de Maromandia sont signalées depuis par P. Lemoine, des marnes fossilifères.

La coupe au niveau de l'Andohalambo donne :

- grès jaune non stratifiés ;
- mudstones, sable argileux sans fossiles 30 mètres ;
- grès fins, kaoliniques, stratifiés 15 mètres ;
- marne et argiles à fins délit calcaires et nodules de sanguine et de limonite, avec un niveau fossilifères à macrocéphalies 50 mètres

II.1.2.4 Le crétacé inférieur

Le crétacé affleure largement sur le pourtour Nord et Est de la Montagne d'Ambre. Vers l'Ouest, des affleurements discontinus s'observent sous les coulées en bordure de mer. Le crétacé supérieur n'est guère représenté que dans la montagne de français, au Sud-est d'Antsiranana.

II.1.2.4.1 Côte Est

Les assises de base sont bien exposées sur la côte Est au flanc Nord de la vallée de Rodo dont les alluvions cachent cependant les horizons inférieurs.

Au pied des pentes qui bordent le massif de l'Analatamby, Ankarongana à Irodo affleure de façon irrégulière une série marneuse plus ou moins masquée par des éboulis sableux. Au sommet, elle est recouverte en discordance par la formation des grès de Sahareny, de faciès continental.

II.1.2.4.2 Côte Ouest

Entre Ampombiantanpo et la presqu'île d'Anorotany sur la côte à l'ouest du massif d'Ambre affleure dans les basses vallées une série marneuse dont une partie est d'âge Néocomien.

Une coupe au niveau d'Ambatobe Ouest a révélé :

- marnes bleues très phyliteuses à nodules de sanguine ;
- marnes blanches ;
- calcaires en plaquettes ;
- marne bleues ;
- calcaire gréseux blanc très fin.

II.1.2.5 Le crétacé moyen

Une transgression se produit vraisemblablement vers l'Albien moyen, et une sédimentation marine presque continue se poursuivra jusqu'au Campanien. Le crétacé moyen affleure largement au mont Raynaud dans la vallée de Betaitra au sud Est d'Antsiranana et autour de la baie d'Antsiranana.

II.1.2.5.1 Albien

Du point de vue lithologique, Albien présente une alternance de marnes d'aspect varié, glauconieuses (qui contient de la glauconite) vers la base (ce qui témoigne d'une époque transgressive), puis des alternances de lits calcaires marneux et de marnes grises.

II.1.2.5.2 Cénomaniens

Le sommet de la coupe du Mont Raynaud montre la base du céno-maniens. Immédiatement au nord, les coulées basaltiques interrompent les affleurements et au-delà, au mont carré, le céno-maniens ne paraît pas affleuré; pour le retrouver, il faut aller sur le pourtour sud de la baie d'Antsiranana et dans la vallée de la Betaitra.

On distingue les niveaux suivants dans le céno-maniens :

- céno-maniens supérieur (Haute Betaitra, Anosiravo) marneux à la base et gréseux au sommet, fossiles très rares ;
- céno-maniens moyen (champ de tir) marneux à intercalations gréseuses et calcaires, avec une partie de la faune pyriteuse ;
- céno-maniens inférieur (abattoir d'Antsiranana, basse Betaitra), essentiellement marneux ;
- céno-maniens basal du mont Raynaud, marneux, à scaphites *aequalis* obliques.

II.1.2.6 Crétacé Supérieur

Il n'est représenté que dans la montagne des français et le massif de Windsor Castle, dans l'Isthme du courrier. Un excellent repère dans la série de la montagne des français est formé par les couches à *Lampadaster* du Campanien. Le faciès lithologique le plus fréquent correspond à des calcaires feuilletés marno-gréseux qui, vers le Nord, passent à la base à des marnes gréseuses.

II.1.2.7 Tertiaire et quaternaire

Les dépôts marins de cet âge sont peu importants dans l'extrême nord. Une transgression lutétienne dépose des calcaires assez épais, puis la mer se retire jusqu'à oligocène supérieur où elle s'avance sur

la presqu'île du Bobaomby. Elle laissera enfin des terrasses de calcaires coralliens à la suite des migrations pléistocènes des lignes de rivage.

II.1.3 VOLCANISME

Le volcanisme de l'extrême nord a pris sa plus grande ampleur au massif d'Ambre (ou Montagne d'Ambre), assez élevé (1475m), il occupe une surface de 2840 Km². Si les coulées extérieures sont minces (quelque dizaines de mètres d'épaisseur), toute la zone centrale est certainement très épaisse, mais il n'y a aucune possibilité de connaître l'altitude du substratum dans la région centrale du massif. Sur toute sa périphérie, le massif repose sur des terrains sédimentaires.

Au massif d'ambre proprement dit, il faut vraisemblablement rattacher des formations volcaniques de la côte Nord-Ouest : presqu'île du Bobaomby, îles de Nosy-Mitsio, petits épanchements de Siranana, Nosy-Faly et presqu'île d'Ambato, Nosy-Be. Le volcanisme d'Ambre se rattache là au domaine des roches subvolcanique d'Ampasindava.

La carte n° 6 résume la géologie de la Région de Diana.

La Région Diana, par sa géologie très diverse, abrite la plupart des contextes et événements géologiques qu'on peut trouver à Madagascar. Dominée par les terrains sédimentaires quelque fois façonnés par une tectonique cassante, cette partie dévoile aussi des roches du socle cristallin et du volcanisme très partiel. Toutes ces différentes formes de géologie offrent des variétés inestimables des minéralisations qui méritent d'être exploiter avec des méthodes et législations appropriées pour promouvoir au développement de la Région voire la grande île.

II.2 SECTEUR MINIER DE LA REGION DIANA [9], [10]

II.2.1 Généralité

En 2007 à Madagascar, 1 423 permis ont été octroyés incluant 62,19% des permis de recherche au petits exploitants individuels et 1,69% des permis d'exploitation directe.

Les exportations des produits miniers (tous confondus) allant des pierres précieuses brutes et taillées, en passant par les pierres industrielles travaillées ou non jusqu'aux métaux précieux, ont connu une baisse de l'ordre de 9,4% en 2007. En effet, une valeur de plus de 77 milliards d'Ariary d'exportation a été enregistrée au cours de cette année, contre une valeur de plus de 85 milliard l'année précédente, selon les statistiques du Ministère chargé des Mines.

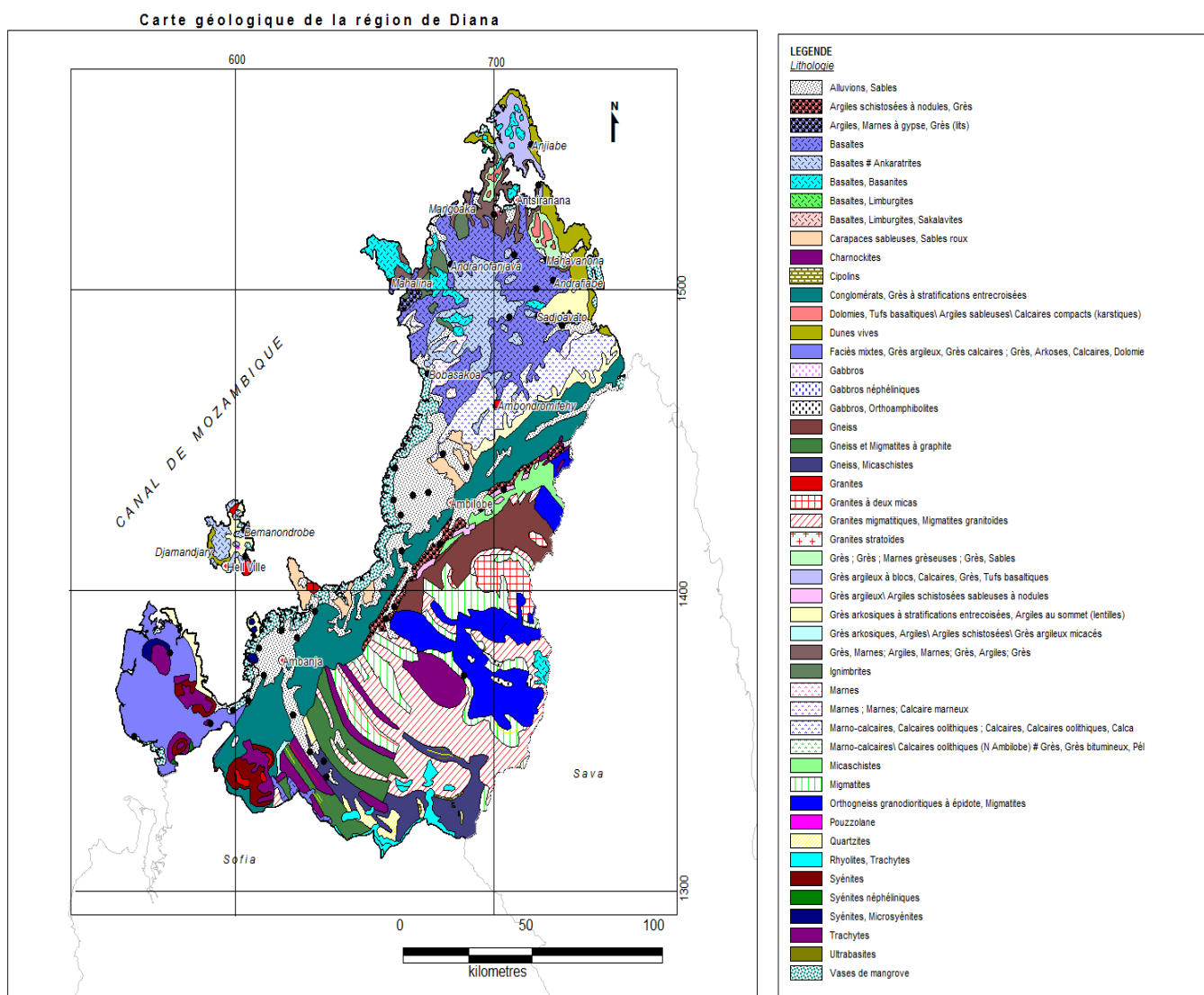
Selon la même source, 158 operateurs dont 122 résident à Antananarivo, 15 à Fianarantsoa, 11 à Toliara et 10 non classés ailleurs ont assuré en 2007 l'exportation de : 136 273,01 tonnes de chromite et 5 241,28 tonnes de graphite ; 78065,54 grammes de rubis, 5 124 416,39 grammes de saphir et 137 065,86 grammes d'Emeraude et 8 494 698,77 kilogrammes de pierres industrielles.

Durant l'année 2008, la valeur des exportations des produits nationaux ont connu une très grande chute due au décret n° 2008 – 320 portant suspension à titre provisoire de toute exportation des pierres précieuses du 28 février 2008 par le conseil du Gouvernement.

1usd =1 734 Ariary (situation en 2008)

Tableau 12: Evolution d'exportation des produits miniers et recette (Source : Rapport annuel du service des mines (SMI) année : 2008)

ANNEE	Nombre d'envois	Quantités en tonnes	Valeurs en milliard Ariary
2004	580	70,75	13,32
2005	620	95,08	25,28
2006	731	116,52	31,35
2007	713	177,64	20,59
2008	147	14,53	4,78



Carte 6 : Carte géologique de la Région Diana (Source : Service des mines Ampandrianomby et arrangement de l'auteur)

La chute brusque d'exportation des produits miniers est due vraisemblablement à la suspension d'exportation des pierres précieuses depuis Madagascar (cf. figure n° 5).

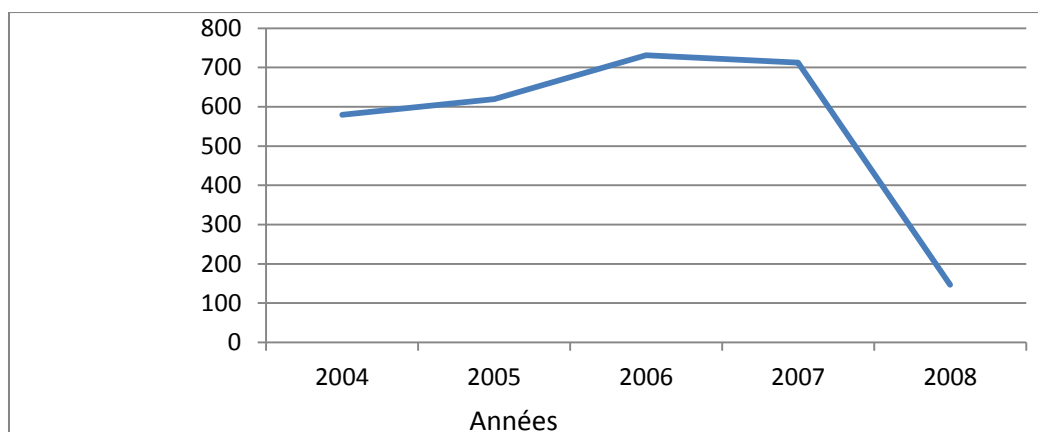


Fig. 5 : Courbe d'évolution de nombre d'envois annuelle des produits miniers (Source : Tableau 12)

Voici le tableau statistique pour les pierres précieuses en provenance des ruées de Madagascar

Tableau 13: Recette au niveau des ruées de Madagascar (Source : Ministère des Mines)

PROVENANCE	DESIGNATION	2005 (en millier)	2006 (en millier)	2007 (en millier)	2008 (en millier)
ANDILAMENA	QTE (g)	1 983,305	3 876,854	908,422	
	VAL (\$)	84,997	186,085	20,033	
	VAL (Ar)	159 625,084	349 466,144	43 256,175	
ILAKAKA	QTE (g)	487,350	329,164	105,042	2,373
	VAL (\$)	1 362,459	694,769	284,439	18,192
	VAL (Ar)	2 558 685,439	1 304 770, 834	534 175,362	31 544,928
SAKARAHA	QTE (g)	55,587	7, 679	41,530	14,907
	VAL (\$)	173,452	134,940	125,291	46,217
	VAL (Ar)	325 741,986	253 417,402	235 296,090	80 140,364
VATOMANDRY	QTE (g)		2 ,309	17,441	
	VAL (\$)		11,335	13,967	
	VAL (Ar)		21 288,104	26 231,463	
TOTAL	QTE (g)	2 526,242	4 216,007	1 072,436	17,280
	VAL (\$)	1 620,909	1 027, 131	446,732	64,409
	VAL (Ar)	3 044 052,510	1 928 942,486	838 959,092	111 685,292

AR : Ariary ; VAL : Valeur ; QTE : quantité

On remarque que la partie sud est la plus représentée, bien que les autres parties de Madagascar présentent aussi des potentialités. Quant à la Région de la Diana, les exploitations régulières n'existent presque pas, d'où cette absence remarquable.

Les pays importateurs de nos produits miniers sont nombreux, entre autre l'Allemagne, les Etats-Unis, le Royaume-Uni, la France, l'Espagne et l'Israël. Par ailleurs, la Thaïlande, la Corée du Sud, l'Inde et la Chine sont les destinations des pierres précieuses.

Pour 2007, la redevance minière collectée est d'Ar 252,5 millions, contre Ar 289,1 millions en 2006 et Ar 339,8 millions en 2005 soit une diminution respective de 12,7% en 2006-2007 et de 25,7% en 2005-2006. Ceci s'explique, d'une part par le retard de collecte des données de redevance à la base, et d'autre part, par la baisse des prix des pierres précieuses comme le saphir ou encore le rubis sur le marché international depuis 2006. En effet, il faut noter la carence actuelle au niveau des dispositifs organisationnels du système pour améliorer la gouvernance du secteur.

L'intégration des activités minières dans le développement communautaire constitue la principale piste de croissance en relation avec le développement rural. Elle reposera sur l'établissement d'un partenariat entre les communautés de base, les administrations minières et environnementales déconcentrées et décentralisées, de l'importance de leur participation au développement local, à travers le financement direct de certaines actions du Plan Communal de Développement (PCD) ou la contribution volontaire au financement du PCD, la promotion de l'emploi de la main d'œuvre locale par une politique de formation, et l'organisation des transferts de technologie pour une qualification de la main d'œuvre en milieu rural.

Il est à remarquer que la contribution du secteur minier à la croissance reste encore faible. La stratégie globale est de promouvoir les grands investissements miniers sans délaisser les activités de petites mines.

Cependant, un des principaux obstacles à la bonne gouvernance de ressources minières est le caractère artisanal et anarchique de l'exploitation. La sensibilisation et l'information sur le code minier est nécessaire au même titre que la législation régissant la situation des artisans.

L'intégration des activités minières artisanales dans le secteur formel permet d'augmenter les revenus des mineurs et la part de redevance versée à l'Etat.

Les pierres précieuses de Madagascar présentent une part importante dans le développement économique du pays si ces dernières sont manufacturées et taillées sur place car non seulement il y aura des créations d'emploi mais aussi leur valeur marchande augmente considérablement, d'où le rôle crucial de la gemmologie et de la lapidairerie.

II.2.2 Secteur minier dans la Région de Diana

De l'ensemble des caractères géologiques de l'extrême Nord, il faut retenir deux traits qui sont essentiels du point de vue des gîtes minéraux :

- l'existence de zone de faiblesse tectonique : le contact Sédimentaire-cristallin, le graben (fossé tectonique) du Sambirano ;
- la présence des intrusions de la province d'Ampasindava, avec des faciès alcalins ou hyperalcalins, auxquels sont souvent liées des minéralisations intéressantes.

La minéralisation de la région la plus étudiée est sans conteste la minéralisation en galène, qui présente la caractéristique d'être d'âge récent, avec des filons épithermaux encore assez peu érodés (selon J.de SAINT OURS). A côté du plomb, il faut retenir la barytine dont de gros tonnages aisément exploitables sont disponibles à ciel ouvert, et la monazite.

On trouvera dans l'annexe n°5 une carte de localisation des divers indices miniers établis par J.de Saint Ours en 1960.

II.2.2.1 Potentialité de la Région

Malgré les quelques timides recherches et prospections entreprises dans la Région, Diana renferme des ressources non négligeables. En effet, les découvertes des substances sont malheureusement révélées par purs hasards par des simples paysans ou des pasteurs ce qui favorise par la suite des ruées incontrôlables (Cas d'Ambondromifehy et Tetezambato Ambanja depuis l'année 2009).

Le tableau n°15 suivant montre la répartition de la potentialité de la Région

C'est dans la sous-préfecture d'Ambilobe que se trouve la majeure partie des exploitations minières :

- l'or : Betsiaka (Andavakoera) ;
- le saphir : Ambilobe (Ambondromifehy) ;
- la Barytine : Ambilobe (Beriziky, Andrafia, ambodimanga, Ambilo Nord...).

Cependant, le District d'Ambanja a connu une importante ruée depuis l'année 2009 avec des exploitations à caractère artisanale et anarchique. Des milliers des gens sont attirés par la découverte récente de grenat et de démantoïde dans cette partie. Par ailleurs, aucune information n'est encore disponible sur la lithologie de ces produits.

II.2.2.2 Statistique de permis minier de la Région Diana

Selon le tableau n° 14, partout dans la Région de Diana, l'octroi de Permis Réserve au petit Exploitant (PRE) est le plus important durant l'année 2005 et 2006 (soit respectivement 15 et 26 octrois). Une situation morose car la Région compte déjà des milliers des petites exploitants durant ces années. Cet octroi ne cesse de diminuer ces deux dernières années (seul 2 en 2009).

Quant au permis E, en cinq ans, l'octroi est insignifiant, ce qui laisse à croire que les secteurs miniers et les sous sols de la Région sont encore peu exploités, alors qu'elle regorge des gîtes non négligeables.

Enfin, le permis R occupe une place importante ces dernières années. Une situation inquiétante car ces permis servent uniquement à écouler facilement et vendre les produits dans les marchés noirs selon le BCMM de la Direction Régionale d'Antsiranana.

Tableau 14 : Tableau d'évolution de permis octroyés des districts de la Région Diana (Source : BCMM Direction Régionale d'Antsiranana, Février 2010)

District	Années														
	2005			2006			2007			2008			2009		
	E	PRE	R	E	PRE	R	E	PRE	R	E	PRE	R	E	PRE	R
Antsiranana I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Antsiranana II	0	3	2	1	6	0	0	1	0	0	0	34	0	1	7
Ambilobe	0	9	0	1	10	4	0	4	20	1	6	48	0	0	5
Ambanja	0	1	0	0	0	4	0	0	1	0	0	6	0	0	9
Sous total	0	13	2	2	16	8	0	5	21	1	6	92	0	1	21
TOTAL	15			26			26			99			22		

E : Permis d'exploitation

PRE : Permis réservé au petit exploitant

R : Permis de recherche

Tableau 15: Répartition de la potentialité régionale par District (Source : Service de la Géologie de la Ministère de Mines-Septembre 2000)

District	Nom du Site	Coordonnées Laborde		Substances	Minéraux caractéristique	Données économique	
		X	Y			Tonnage	Teneur
Antsiranana	Joffre ville			Pouzzolane			Classe II
	Sakaramy	707,565	1511,77	Pouzzolane			Classe II
	Anjavinihavana	705,979	1501,37	Pouzzolane			Classe II
	Mahavanona	720,018	1510,31	Pouzzolane			Classe II
	Betahitra	712,893	1523,47	Pierre à chaux			Indice
	Andranomambo			Pierre à chaux			Indice
	Ivovona	721,612	1526,15	Pierre à chaux			Indice
	Antanamintarana	711,764	1520,19	Pierre à chaux Pyrite			Indice Indice
	Bedarabe	710,206	1554,66	Argile			
Ambilobe (Betsiaka)	Andavakoera	675-720	1409-	Au, Pb, Zn, Ba	Galène, blende, barytine, or		
Ambanja	Ambahatra	620	1355	Pb, Zn	Galène, oxydés		
	Ampasindava	570-588	1322-1365	Pb, Zn	Galène, blende		
	Ampasibitika (Ampasindava)	519,8	1364,1	SnO ₂ , Nb ₂ O ₅ , Cu ₂ O ₃	Cassitérite, pyrochlore		1580-3170 [g / m ³]
	Ambobaka	624,900	1367,95		Manganèse, Graphite		
	Morafeno	619,804	1357,87		Plomb		
	Migioky	624,628	1348,98		Plomb		
	Antseva	630,716	1373,11		Manganèse		
	Ambatomanga				Pierre à chaux		
	Beraty	596,233	1337,56		Pyrochlore		Indice
	Antsahabe				Graphite		
Befitina (Ampasindava)	583,8	1359,5	SnO ₂ , Nb ₂ O ₅	Cassitérite, galène, blende		288 [g / m ³]	
Nosy-Be	Kalapombe	601,3	1426,7	Plomb			
	Mahatsinjo	598,811	1407,68	Pouzzolane			
	Dzamandzar	590,486	1413,11	Pouzzolane			
	Ankalampokely			Plomb			
	Ambanoro			Etain+ilménite			
	Nosy Komba	606,831	1402,81	Etain+ilménite			
	Lokobe	605	1408	SnO ₂	Cassitérite		

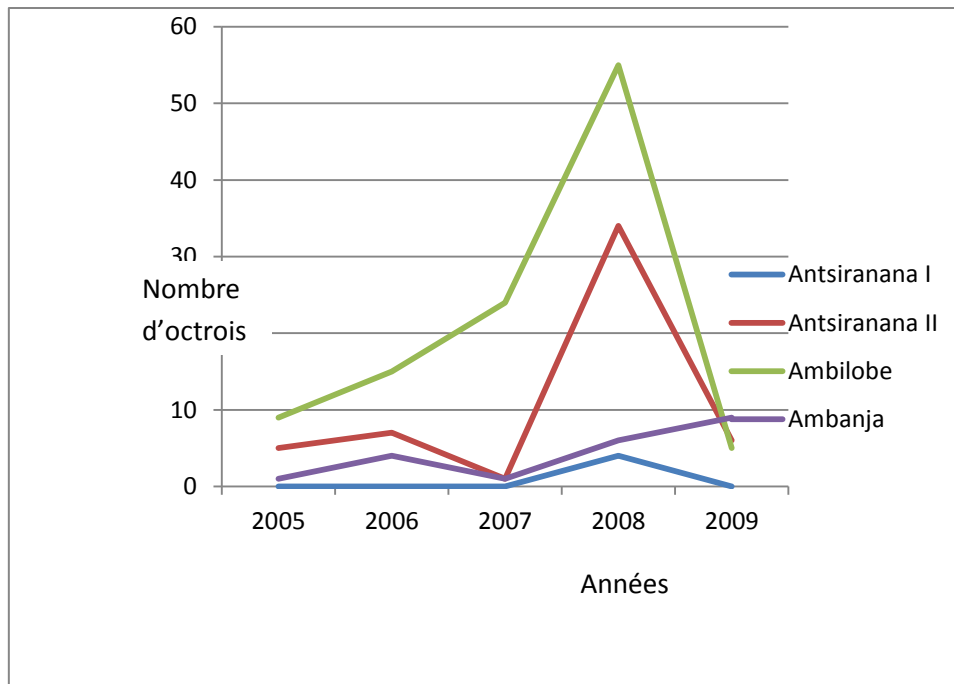


Fig. 6 : Evolution de nombre d'octrois de permis des Districts de la Région Diana (Source : Tableau n°15)

Cette figure montre et confirme la suprématie du District d'Ambilobe en termes de richesse du sous-sol.

Il faut aussi remarquer l'octroi de permis est interrompu vers le début de l'année 2009 à cause de la crise politique dans le pays (une mesure prise dans tout l'ensemble de l'île).

La carte n° 7 ci-dessous révèle que la Région de Diana est couverte à plus de tiers de sa superficie par des permis essentiellement de recherche. Ce qui laisse à dire que la potentialité de cette partie de l'île n'est pas encore exploitée et se trouve encore au stade de la recherche. D'ailleurs, d'après le service concentré de la BCMM d'Antsiranana, ces genres de permis sont dans la plupart de cas utilisés à tort par les détenteurs pour écouler des produits dans le marché noir.

II.2.2.3 Productions

Tableau 16 : Productions de produit minier dans la Région de Diana (Source : Direction Régionale des Mines Antsiranana, décembre 2009)

Substance	Quantité (gramme)					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Pierre Précieux	4 751 215	1 799 916	61 770			
Pierres Fines			30			
Pierre industriel (essentiellement du quartz)		638 000		15 553 000		
Métaux précieux (Or) en gramme	250	43			10 870	45 662

La production est désordonnée dans cette région. Si nous avons essayé de comprendre la raison de ce malaise, le premier responsable nous a divulgué que le manque de matériels et moyens sont les sources de ce problème. La statistique de l'année 2007 et 2008 sont acquis grâce à des descentes poussées dans le cadre de projet Rapid Result Initiative(RRI).

II.2.2.4 Exportation

Les principaux produits d'exportation sont les pierres fines et on les exporte en Italie.

Voici l'évolution des quantités des produits exportés :

Tableau 17 : Evolution de produit d'exportation (Source : DIRME Antsiranana 1999)

Année	Désignation des produits	Produits (Kg)	Pays destinataire
1997	Pierres fines travaillées	1675	Italie
1998	Pierres fines travaillées	1010	Italie
1999	Pierres fines travaillées	101	Italie

Cette vieille statistique nous permet de constater que la Région avait une potentialité et que de nos jours elle n'exporte plus ses produits finis d'autant plus que l'autorisation d'exportation des pierres précieuses est délivrée par la Direction des Mines à Antananarivo. Il est difficile de savoir la quantité exacte de pierres précieuse sortie de la Région (quantité et destination).

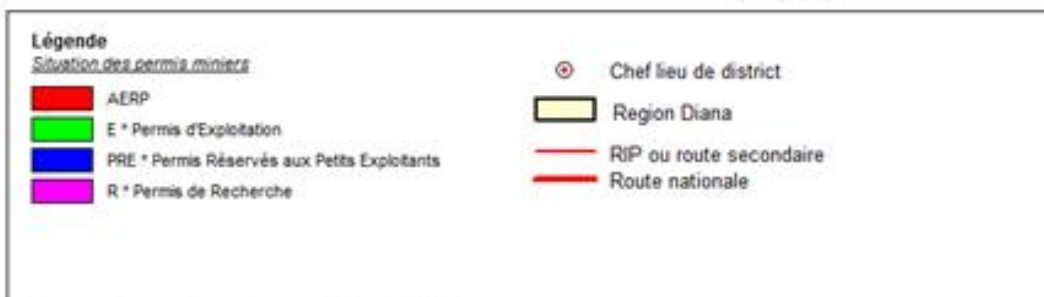
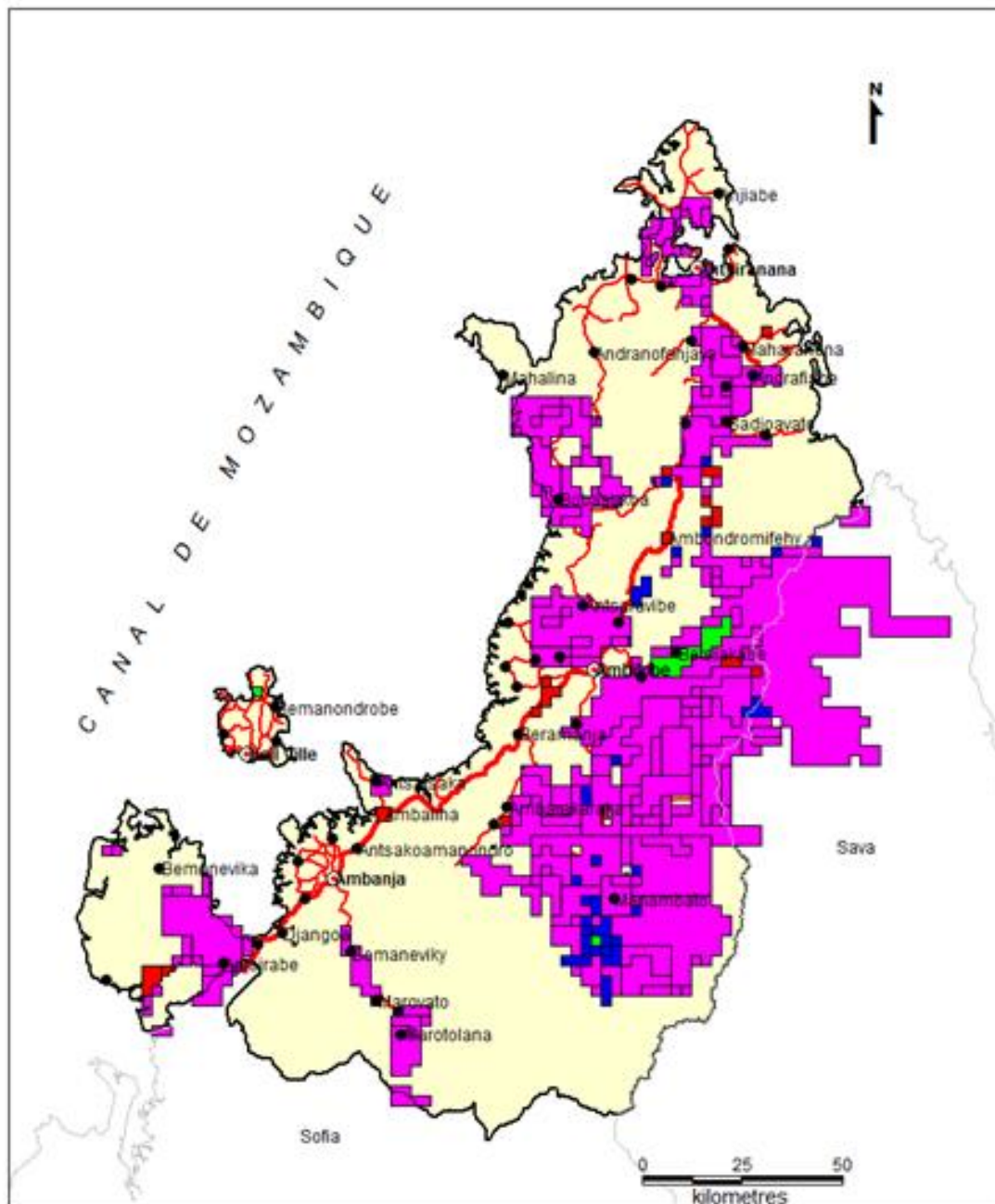
II.2.2.5 Création des établissements liés à la gemmologie et la lapidairerie

Tableau 18: Evolution de la création des établissements liée aux activités de gemmologie et lapidairerie pour la Région Diana (Source : INSTAT 2009)

	1998	1999	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
Bijouterie	1	1	0	1	2	0	6	2	1	14
Lapidairerie	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

On remarque une timide évolution dans ces domaines. Nous verrons dans la troisième partie de cet ouvrage les raisons de ce constat.

La Région de Diana possède des sous sols généreux malgré la part dérisoire des recherches et de prospection pour cette partie de la grande île. Des manques de moyens déployés pour cette activité est aussi à déplorer.



Source: Bureau du cadastre minier de Madagascar

Carte 7 : Situation de permis dans la Région de Diana, Décembre 2009 (Source : BCMM de Madagascar)

**PARTIE II: NOTION DE LA
GEMMOLOGIE ET DE LA LAPIDAIRERIE**

CHAPITRE I : NOTIONS DE LA GEMMOLOGIE

I.1 GENERALITES [16]

La gemmologie concerne une catégorie de minéraux appelés gemmes (du latin gemmus) avec comme objectif principal la détermination de leur identité.

On écartera les appellations catégorielles couramment utilisées, telles que « pierres précieuses », « pierres semi-précieuses ». Ces qualifications qui ont fait leur apparition dans le langage commercial au cours des temps, déclassent d'emblée la très grande majorité des gemmes par rapport à quelques-unes d'entre elles qui sont les plus connues, sans suffisamment prendre en considération le mérite de chacune des autres, lorsqu'on se réfère aux facteurs essentiels qui caractérisent ces merveilles de la nature et que l'on trouve dans les termes : beauté, rareté et durabilité.

Ces éléments de critère bien que vagues, ont cependant le mérite d'avoir permis d'introduire dans le domaine des gemmes, un nombre limité d'espèces minérales dont une vingtaine sont considérées comme étant les plus importantes.

Une série de matières, telles que les perles, le corail, l'ambre, les défenses de certains animaux terrestres ou aquatiques, quoiqu'elles aient une origine principalement organique, sont étudiées au même titre que les gemmes du monde minéral.

Après avoir repéré les cristaux bruts de qualité gemme, c'est-à-dire ceux qui mériteraient d'être transformés par la taille, le gemmologue est particulièrement attentif aux résultats obtenus après l'accomplissement du travail du lapidaire et tient compte des paramètres qui influent sur la beauté des pierres finies.

I.2 PETITES FOURNITURES DES NEGOCIANTS

I.2.1 Boîtes, sachets, plis et scellées

Pour le transport et la protection des gemmes, les professionnels utilisent des boîtes, des sachets et des plis de tailles diverses. Il n'est pas recommandé de conserver plusieurs gemmes dans un même sachet ou plis parce qu'il y a un risque qu'elles se rayent au contact l'une de l'autre. Elles perdent ainsi leur poli. On peut le faire si l'on prend soin de protéger les gemmes individuellement dans un petit morceau de papier.

En général, on glisse une gemme dans un pli de papier doublé de papier cristal. Ainsi, doublé l'emballage assure une meilleure protection. Ces plis sont faits de manière telle que si l'on tombait, la gemme resterait bloquée à l'intérieur et d'autre part, lorsqu'on l'ouvre, on peut voir la gemme dans son écrin de papier.

Les sachets plastiques offrent l'avantage de pouvoir inscrire des informations. Des sociétés spécialisées proposent des boîtes en plastique dans lesquelles il est possible de ranger plusieurs pierres sans qu'elles ne se touchent ou qu'elles ne se glissent parce qu'elles sont directement posées sur un matelas de mousse ou de coton. Lorsque l'on va dans un pays producteur de pierres, l'artisanat local propose de petites boîtes réalisées avec du carton et décorées de lamelle de paille par exemple. C'est notamment le cas à Madagascar.

En ce qui concerne les scellées, il est contraire aux directives de Confédération Internationale de la Bijouterie, Joaillerie et Orfèvrerie (CIBJO) de placer une pierre dans un pli scellé comportant une close selon laquelle la nature et la classification de la pierre cesse d'être garantie lorsqu'on ouvre les scellés.

I.2.2 Brucelles

Lorsque l'on retire une gemme de son pli ou de sa boîte, on le fait à l'aide de brucelles qui ressemblent à une très longue pince à épilé.

Si cet instrument a une telle importance, c'est qu'il permet d'observer une gemme sur toutes ces facettes sans avoir à la retourner avec les doigts. En effet les doigts impriment sur la pierre un film très fin et léger de graisse et d'humidité, les empreintes digitales, et peuvent y déposer des poussières que le débutant confond avec des inclusions. En fait, la première chose à faire lorsque l'on veut observer une gemme est de la nettoyer avec un chiffon très doux.

Il existe des pinces avec ou sans cran d'arrêt. C'est un système de blocage des pinces. On observe la gemme sans avoir à exercer de pression continue de doigt pour la maintenir.



Fig. 7 : Exemples des brucelles de gemmologue (Source : www.geminterest.com)

I.2.3 Pelles et autres fournitures

Les négociants qui manipulent de grandes quantités de pierres utilisent de petites pelles pour les transvaser dans des sachets par exemples. On utilise des plateaux très pratiques, blancs ou noirs en fonction de la couleur des pierres à observer, dans lesquels on verse le contenu d'un sachet ou de plusieurs plis. Certains sont rainurés pour y disposer des perles à enfiler.

D'autres professionnels apprécient les blocs de feuilles blanches au format d'un sous-main, sur lesquels il verse le contenu d'une boîte et observe ainsi sur fond blanc les gemmes à la loupe.

I.2.4 Unités de masse

On parle de masse et non de poids. Le poids est une force qui s'exprime en Newton. C'est le produit de la masse d'un corps par l'accélération de la pesanteur en un point du globe.

Les masses des gemmes étaient comparées autrefois à celles des grains (riz, blé) aux valeurs variables. C'est le grain de carat (caroubier, arbuste méditerranéen) introduit en Europe par les marchands arabes au XVI^{ème} siècle qui a rapidement été adopté. Sa masse relativement constante, a cependant engendré des étalons variant d'une région à une autre, et même d'un bijoutier à l'autre dans une même ville. A Florence, le carat était de 197,2mg, à Livourne de 215,99mg (B.P. Larousse des Pierres précieuses). Pour mettre fin à ce désordre, la Conférence des poids et mesures de 1907 définit le carat métrique (ct) comme le cinquième de gramme. B.F Kunz, minéralogiste, l'avait suggéré dès 1893.

Ainsi, 1ct = 0,20g. Il y a 5 carats dans un gramme. Un carat se divise en 100 centièmes de carats appelées points. Par exemple un diamant de 0,43 ct est un diamant de 43 points.

La masse d'une gemme se donne avec deux chiffres après la virgule. Exemple : une émeraude de 2,34 ct, un spinelle de 6,78ct.

I.2.5 Unités de mesures

L'instrument le plus utilisé pour mesurer la dimension des gemmes est le Leveridge ou le Presidium Dial Gauge. Avec les graduations de 0,1 mm et une précision de 0,05 mm, les mesures s'expriment avec deux chiffres après la virgule. On donnera toujours les dimensions dans l'ordre suivant : longueurs x largeur x épaisseur. Pour les pierres rondes, on mesure le diamètre en plusieurs endroits. On retient le plus court et le plus long : 2,45-2,47 x 1,44 mm.

Ces instruments sont fournis avec des tables donnant le poids approximatif pour évaluer la masse des pierres serties.

I.3 CRITERES DE DURABILITE

La durabilité d'une gemme est un terme qui fait référence à sa dureté, sa ténacité et sa stabilité. Bien qu'elles affectent la durabilité d'une gemme, la dureté et la ténacité ne sont pas liées.

I.3.1 Dureté

Une pierre précieuse ayant une bonne dureté est capable de conserver un bon poli et, portée au quotidien de rester intacte. Cela sous-entend qu'elle ne se rayera, ni même qu'elle ne se brisera, au moindre choc avec d'autres minéraux.

La dureté est la capacité d'un matériau de résister à l'abrasion lorsqu'on tente de la rayer avec la pointe d'une autre substance sans développer de clivage.

I.3.1.1 Echelle de Mohs

Réaumur, en 1722, a été le premier à décrire et à utiliser une méthode pour mesurer la dureté : il frottait entre elles les arêtes de deux prismes de matériaux différents pour comparer leur dureté relative.

Le résultat, classé de 1 à 10, servent encore aujourd'hui d'échelle de comparaison. On parle d'ailleurs de l'échelle de Mohs.

Ainsi, classé du moins dur au plus dur, apparaissent les minéraux suivants : 1-talc, 2-gypse, 3-calcite, 4-fluorine, 5-apatite, 6-orthose, 7- quartz, 8- topaze, 9-corindon et 10-diamant

I.3.1.2 Tests de dureté

Tout test de dureté fait sur un matériau gemme est potentiellement destructif. Ces tests sont très rarement pratiqués en gemmologie. Cependant quelques cas les imposent, lorsque, par exemple, on ne peut pas avoir accès à la densité ou aux indices de réfraction d'un minéral. Il existe dans le commerce des crayons spéciaux que l'on appelle des touchaux. A la place des mines, sont fixés des fragments pointus des minéraux testeurs.

I.3.1.3 Couleur des traits

Lorsque l'on tente de rayer une plaque de porcelaine dépolie avec certains minéraux, on se rend compte qu'ils laissent des dépôts colorés, des traits de couleurs. On le pratique parfois sur la matière brute. C'est un test destructif et des précautions s'imposent si on tente de le réaliser sur des objets sculptés.

Donnons quelques exemples :

Tableau 19 : Quelques exemples des couleurs des traits

Matériaux	Couleur des matériaux	Couleur des traits
Hématite	Gris/noir aux reflets métalliques	Rouge à rouge-brun
Or	Or aux reflets métalliques	Or aux reflets métalliques
Pyrite	Or aux reflets métalliques	Noir verdâtre
Malachite	Vert structure en bandes	Vert pâle
Lapis lazuli	Bleu profond	Bleu
Sodalite	Bleu foncé	Blanc
Jais	Noir	Marron foncé

I.3.2 Ténacité

La ténacité est la capacité d'un corps de résister à la propagation d'une fracture, d'une fêlure à l'intérieur même de ce corps.

I.3.3 Stabilité

La stabilité est définie comme étant la capacité d'une gemme de résister à des altérations chimiques ou physiques causées par la lumière, la chaleur ou des produits chimiques.

Si la plupart des gemmes se portent sans soucis, certaines d'entre elles, que nous allons étudier, méritent une attention particulière. Elles sont peu nombreuses mais il est du devoir de professionnel d'en avertir sa cliente et de lui donner toute information utile sur les précautions à prendre.

I.3.3.1 Résistance aux produits chimiques

Le poli, le lustre d'un péridot se voit abîmé par certains acides lors d'un nettoyage après une réparation.

D'autres matériaux comme la malachite, la turquoise et les perles sont sensibles à la transpiration et aux effets cosmétiques. Elles perdent leur éclat.

Les liqueurs denses utilisées pour avoir une idée de la densité des gemmes et même l'eau peuvent endommager certaines pierres, connues pour leur porosité. Il s'agit de la turquoise et de l'opale. Des eaux chargées de produits chimiques peuvent les altérer.

I.3.3.2 Résistance à la chaleur

Le chauffage est très souvent utilisé dans le traitement des gemmes qui se comportent de manière très variée :

En fonction de la température appliquée, certaines changeront de couleur : l'améthyste jaunit, la tanzanite doit sa couleur bleue au chauffage justement, la topaze jaune devient rose. Les corindons verront leur transparence ou leur couleur s'améliorer.

Certaines gemmes sont très sensibles aux brusques changements de température, d'autant plus si elles contiennent des inclusions fluides qui les fragilisent. Ce sont par exemple les émeraudes, les tourmalines. Si l'Ambre se ramollit à 100°C, le diamant chauffé à la flamme et immédiatement trempé dans un bain d'azote liquide reste intact.

Certaines opales se déstabilisent lorsque exposées à la chaleur d'une vitrine. La cause de craquellements n'est pas encore expliquée.

La chaleur du chalumeau lors d'une réparation et certains instruments de nettoyage chez le bijoutier (machine à jet de vapeur) peuvent provoquer des chocs thermiques.

I.3.3.3 Résistance aux rayonnements

La couleur de certaines gemmes (spodumène rose, béryls bleus foncés appelés Maxixe) se fane lorsqu'elles sont exposées à la lumière. Les zircons bleus peuvent retrouver leur couleur brune originelle sous l'effet d'une lampe à incandescence (dans une vitrine).

Les ultrasons sont des ondes qui vibrent à haute fréquence et sont utilisées chez le bijoutier pour le nettoyage des bijoux. Ces ondes émises se propagent dans un petit bac contenant une solution. Ce type de nettoyage peut faire vibrer les pierres dans leur monture. Il est à éviter pour certaines gemmes traitées.

I.4 OUTILS DE LA DETERMINATION [9], [11]

I.4.1 Appareils de grossissements

I.4.1.1 Loupes

De tous les instruments de gemmologie pouvant aider le lapidaire dans l'expertise d'une pierre, la loupe est de loin l'instrument le plus utile à condition que celui-ci sache faire un bon usage. Pratique par sa petite taille, elle aide aussi le gemmologue dans son travail d'expertise.

Pour une bonne utilisation, il en est en premier lieu de bien nettoyer les 2 objets en présence, c'est-à-dire, la loupe et la pierre afin de les débarrasser de toutes poussières. Durant l'observation de la pierre, il faut prendre garde que la main utilisant la loupe soit bien calée de façon à éviter tous tremblements qui empêcheraient une bonne vision.

Ce petit appareil est très utile pour déterminer si la pierre est composée, c'est-à-dire si nous nous trouvons en présence d'un doublet, triplet, en observant directement la rondiste¹. La loupe permet également de détecter la biréfringence grâce au doublage des arêtes des pierres telles que le zircon, le péridot, ou la tourmaline.

L'expert gemmologue, c'est-à-dire l'homme ayant une grande expérience en la matière pourra grâce à ce petit appareil, non seulement vous dire si vous vous trouvez en présence d'un synthétique ou non, mais aussi la provenance de la pierre, et même parfois la mine d'où été extraite la pierre expertisée. La figure n°8 ci-dessous montre une illustration d'une loupe 10x.

I.4.1.2 Microscope

Cet autre appareil réclamant de très grande connaissances se révèle être un des instruments le plus indispensable pour le gemmologue. En effet, grâce à l'étude des inclusions, il est permis de différencier le synthétique du naturelles, car même si les premiers nommés possèdent les mêmes propriétés physiques que naturels, le génie de l'homme ne peut encore imiter les inclusions naturelles qui demeurent les preuves incontestables de l'origine de la pierre.

Pour l'étude des inclusions concernant les pierres de couleur, Il est utile de se servir d'un microscope dans lequel la pierre à examiner est plongée dans un liquide ayant un indice de réfraction plus ou moins proche de celui de la pierre examinée, cela permettant d'éliminer la réflexion à l'intérieur provoquant un éblouissement et donc une gêne certaine pour l'observateur. Une autre solution à ce problème est appliquée au microscope – HRD qui est muni d'une illumination à champ foncé.

¹ Bande résultant du débrutage de la ceinture brute d'un diamant afin de l'arrondir pour la taille en brillant. Il doit être régulier, ni trop mince, ni trop large. Parfois, il est facetté.



Fig. 8 : Illustration d'une loupe 10X (Source : www.geminterest.com)

I.4.2 Polariscope [18]

Le polariscope est un autre instrument très utile car non seulement il permet de déterminer si la pierre est isotrope ou anisotrope, mais il sert également à renseigner si la pierre possède une tension, si elle a des irisations, et qui nous permet de déterminer la direction de l'axe optique de la pierre.

I.4.2.1 Isotropie

Les pierres cristallisant dans le système cubique (ainsi que les minéraux amorphes tels que les verres, ambre, etc.) ne possèdent qu'un indice de réfraction indépendant de l'orientation du cristal et sont classées dans le groupe des isotropes, c'est-à-dire quand les rayons lumineux traversent, il en ressort seul.

I.4.2.2 Anisotropie

Les pierres cristallisant dans les six autres systèmes cristallins transmettent la lumière avec des vitesses qui varient suivant la direction cristallographique choisie, elles possèdent la particularité de diviser en deux les rayons lumineux pénétrant dans la pierre. Les deux rayons sortant de la pierre ayant deux directions propres, et étant polarisés en angle droit.

I.4.2.3 Polarisation

Il est important de savoir que la lumière est formée de plusieurs rayons lumineux. Et selon la théorie ondulatoire de la lumière, un rayon lumineux se propage par des vibrations qui prennent place dans un plan perpendiculaire à la direction de la propagation de la lumière, mais la direction de la vibration de ce plan change constamment.

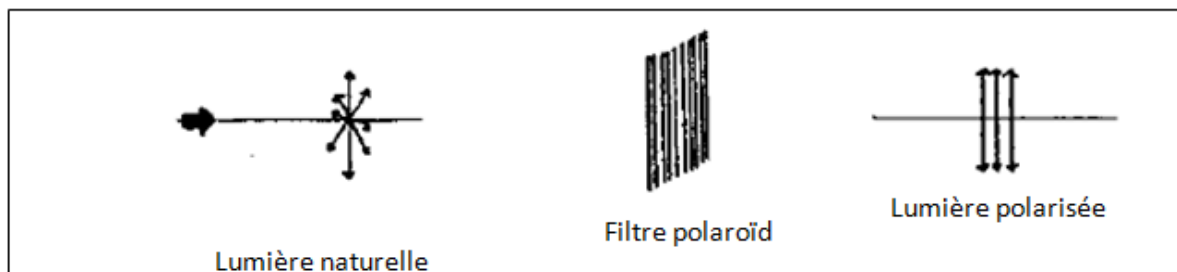


Fig. 9: Principe de fonctionnement de polariscope (source : cours de gemmologie cinquième année)

Si les rayons lumineux passent par un filtre appelé polaroïd, le rayon se propagera uniquement par des vibrations qui prendront place seulement dans un seul plan (un très bon exemple peut être pris avec le cas des lunettes de soleil qui filtrent les rayons et les font vibrer dans une seule direction empêchant donc l'éblouissement).

Le polariscope est donc un appareil formé par deux plaques polaroïds montées parallèlement l'une par rapport à l'autre d'une distance de ± 10 cm dont l'une pouvant tourner (dénommée analyseur) tandis que l'autre ne peut pas (appelée polarisateur).

La pierre à expertiser est placée entre ces deux plaques. On tourne alors l'analyseur de manière à ce qu'un minimum de lumière puisse pénétrer l'appareil, et si la pierre s'éteint et s'allume quatre fois durant une complète rotation, il y aura alors phénomène d'anisotropie, mais si elle reste éteinte, il y aura alors phénomène d'isotropie.

Il est à noter qu'il existe deux types de polariscopes (cf. annexe 3)



Fig. 10 : Illustration d'un polariscope (Source : www.geminterest.com)

I.4.3 Dichroscope

Si les cristaux étaient classés en 7 systèmes cristallins et 6 de ces systèmes permettent à un rayon lumineux (traversant un cristal) d'être divisé en deux rayons réfractés et polarisés en angle droit. Etant donné que ces rayons suivent un chemin différent car ayant une vitesse différente, ils ressortent du minéral avec une coloration différente, suivant la direction dans laquelle on regarde la pierre. (Ce phénomène est appelé dichroïsme ou pléochroïsme ou encore polychroïsme).

Les pierres cristallisant dans les systèmes hexagonal, trigonal et tétragonal, présentent deux couleurs différentes qui suivent les angles de vue, tandis que les pierres cristallisant dans les systèmes orthorhombique, monoclinique et triclinique peuvent présenter 3 couleurs différentes (trichroïsme); ce phénomène ne peut être observé à l'œil nu, et donc nécessite l'emploi d'un petit appareil dénommé dichroscope.

Cet appareil est constitué d'un tube en métal possédant 2 ouvertures aux extrémités, l'une étant un simple orifice, permettant à la lumière de pénétrer dans l'appareil tandis que l'autre extrémité possède une loupe de faible grossissement. L'intérieur de l'appareil se décompose tel qu'un morceau de calcite taillé spécialement aux extrémités desquelles sont adjoints 2 prismes en verre. Cet ensemble étant maintenu contre les parois du tube par des lamelles de liège.

Le dichroscope peut être construit également à l'aide de plaques de polaroïd.

Ainsi en regardant à travers le dichroscope, il sera possible de voir deux images l'une à côté de l'autre, la pierre anisotrope examinée présentera 2 carrés de couleurs différentes, tandis que la pierre isotrope présentera les 2 carrés de la même couleur.

Une illustration de fonctionnement d'un dichroscope est présentée sur la figure n° 11 ci-dessous.

I.4.4 Réfractomètre [19], [20]

Cet appareil basé sur le principe de la réflexion totale permet de mesurer l'indice de réflexion. Sachant qu'un rayon lumineux pénétrant une substance se trouvera freiné et donc plus ou moins dévié selon les substances traversées, il est permis d'obtenir une mesure constante pour chaque type de milieu différent.

L'indice de réfraction se définit comme étant le rapport qui existe entre la vitesse de la lumière dans l'air et sa vitesse dans le second lieu traversé ($\frac{\sin i}{\sin i'}$)

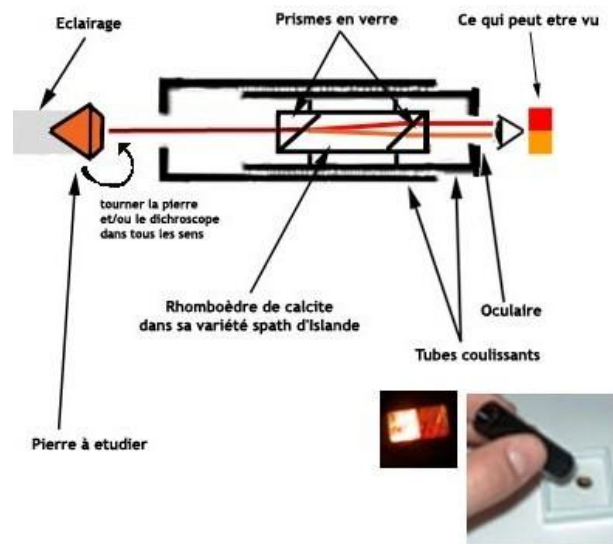


Fig.11 : Illustration d'un dichroscope (Source : www.geminterst.com)

Quand un rayon lumineux passe par un milieu dense (milieu cristalline), pour ressortir dans un milieu moins dense (l'air), il arrive un certain moment où le rayon lumineux ne puisse plus pénétrer le milieu moins dense et par conséquent se retrouvera donc réfléchi à l'intérieur de la pierre, et tous les rayons lumineux supérieurs à cet angle subiront le même sort.

Le réfractomètre est composé d'un demi-cylindre de verre à indice de réfraction élevé, ayant une face plane sur laquelle on pose la gemme à examiner.

En fonction de la valeur de l'angle critique entre le verre et la pierre, une partie de l'image visible dans l'oculaire se trouvera dans la zone sombre et la partie restante dans la zone éclairée. La ligne de séparation entre ces deux zones passe sur une échelle graduée afin de permettre une lecture directe de l'indice de réfraction du minéral.

Il est toujours nécessaire de placer un liquide d'un indice de réfraction élevé afin de permettre un contact optique entre la pierre et le verre du réfractomètre pour éviter qu'une couche d'air ne s'interpose entre ces deux parties, ce qui gênerait considérablement dans l'analyse de la pierre. Il est préférable d'utiliser comme source lumineuse une lampe de sodium qui possède la particularité de

ne posséder qu'une longueur d'onde permettant ainsi une lecture précise de l'indice de réfraction de la pierre observée.

- Nous avons vu dans le paragraphe concernant le dichroscope que les minéraux appartenant au système cubique étaient isotropes ce qui se réduit sur le réfractomètre par l'apparition d'une ligne unique.
- Dans les pierres appartenant aux autres systèmes, le phénomène d'anisotropie se produit et se traduit dans l'objectif de l'appareil par deux lignes plus ou moins distinctes.

En maintenant la pierre sur le verre et en la faisant tourner, nous pouvons apercevoir que ces deux lignes s'écartent plus ou moins. La différence de valeur entre la première et la deuxième se nomme la biréfringence.

Signes optiques

- Dans les pierres appartenant aux systèmes hexagonal, tétragonal et trigonal ; c'est-à-dire des pierres uniaxes, il suffit de noter laquelle des deux lignes reste stationnaire quand la pierre est tournée sur l'instrument, si la ligne la plus basse bouge, la pierre sera négative et vice versa.
- Dans les pierres appartenant aux trois derniers systèmes, nous pouvons voir que les deux lignes bougent, il suffira ici de voir laquelle des deux lignes fait le plus grand écart pour déterminer le signe optique de la pierre.



Fig. 12 : Illustration d'un réfractomètre (source : www.geminterest.com)

I.4.4.1 Limite de l'appareil

La surface de contact doit être polie et liée à l'appareil par un liquide de contact.

Les indices de réfraction du prisme de l'appareil et du liquide de contact ne pourront être dépassés (de 1,79 à 1,81 suivant le liquide employé).

La lumière sera filtrée jaune ou obtenue avec une ampoule (lampe au sodium ou à quartz)

I.4.4.2 Dispersion

La dispersion est la séparation par réfraction des couleurs contenues dans une lumière blanche.

La mesure de la dispersion est basée sur la différence des indices de réfraction du violet et du rouge, le violet étant plus réfracté que le rouge. Cette mesure est effectuée en laboratoire.

$$D = n_v - n_r$$

Si la dispersion est forte et la pierre incolore, les couleurs sont séparées en une juxtaposition de taches colorées ; ce sont les feux du diamant par exemple qui a une dispersion de 0,044. A l'échelle d'une pierre taillée, avec une dispersion de 0,014 comme dans le cristal de roche, il n'y a pas de feux colorés. Par contre, le rutile synthétique avec une dispersion de 280 millièmes va exhiber des tâches colorées.

Dans un réfractomètre, pour avoir une séparation nette entre les zones claire et sombre, on utilise une lumière jaune très dispersée, située au milieu du spectre à 589 nanomètres. Cette lumière peut être obtenue avec un filtre ou des lampes spéciales.

I.4.5 Spectroscopie [21]

I.4.5.1 Appareils

Le spectroscopie sert à décomposer la lumière qui se retrouve étalée sur un spectre. Il existe deux types d'appareils ; le spectroscopie à prisme et le spectroscopie à réseau.

Avec un prisme la séparation des couleurs s'effectue par dispersion. Chaque couleur a une réfraction ; le violet est plus réfracté que le rouge.

Le réseau est constitué de traits fins et parallèles, la séparation des couleurs se fait par diffraction. Les radiations les plus énergétiques sont les moins déviées. Les rayons lumineux de même longueur d'onde vont se combiner par interférences.

I.4.5.2 Spectres

Le spectre regroupe les teintes visibles avec l'appareil, à chaque couleur correspond une longueur d'onde exprimée en unité de longueur ; de 400 à 700 microns. Les ultraviolets et les infrarouges ne sont pas visibles tout en faisant partie de la lumière.

Avec un prisme le spectre sera déformé ; le violet sera plus étalé que le rouge. Le réseau ne déforme pas l'échelle du spectre qui reste donc régulière.

Si la lumière analysée provient d'un rubis, il y a d'une part les teintes qui réussissent à passer et d'autre part celles qui ont été retenues par la pierre. La partie retenue par la pierre est mise en évidence par des zones ou des traits sombres, la lumière colorée passe ; une grande fenêtre dans le rouge et une autre plus petite dans le bleu, leur mélange donne le rouge du rubis.

Comparaison entre deux spectres du chrome : le rubis et l'émeraude doivent leur coloration au chrome. Le champ cristallin de l'émeraude est plus faible que celui du rubis ; à un certain niveau on passe de 2,25 électronvolts à 2 électronvolts.

I.4.5.3 Centres chromogènes

La mise en couleur d'une gemme est le plus souvent provoquée par une absorption de lumière au niveau de centres chromogènes tels que le chrome, le vanadium, le fer ou le titane. Le plus souvent la structure de base du minéral est incolore, l'émeraude par exemple est chimiquement construite avec du silicate d'aluminium et de béryllium incolore. C'est le chrome présent en très petite quantité qui va être responsable de la couleur.

I.4.5.4 Pierres à observer au spectroscopie

Toutes les pierres rouges sont observables avec un spectroscopie alors que les pierres orange ne donnent pas de spectre en général. Les pierres vertes à observer sont l'émeraude, le saphir, le péridot, la tourmaline, l'apatite, le zircon et jadéite. Les bleues sont les saphir, le spinelle et le zircon. Les pierres jaunes sont le zircon, le diamant, l'orthose, l'apatite et le chrysobéryl. Les zircons incolores ont un spectre observable.

La figure 13 ci-dessous montre une illustration d'un spectroscope.

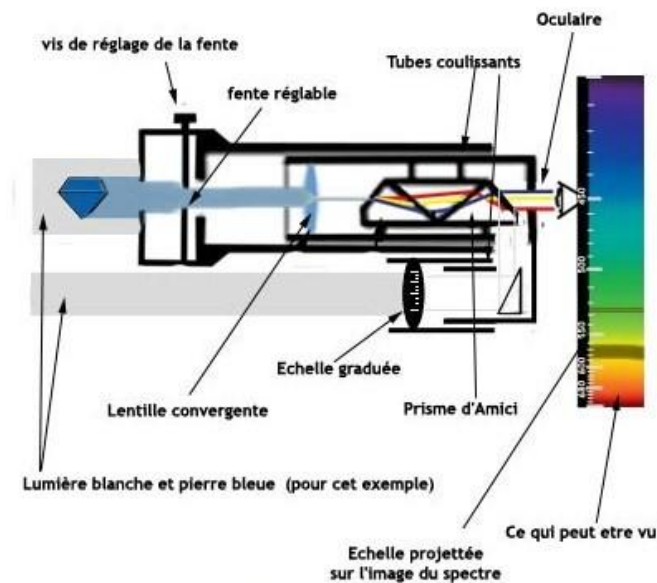


Fig. 13: Schémas d'un spectroscope (source : www.geminterest.com)

I.4.6 Filtre Chelsea [15]

I.4.6.1 Principe

Ce filtre ne laisse passer que le rouge extrême et un vert-jaune. C'est la couleur dominante qui est vue et l'œil est incapable de discerner les éléments du mélange, un simple filtre pourra révéler la présence de rouge dans une pierre verte ou bleue.

I.4.6.2 Quelques exemples

On dit aussi un filtre à émeraude car le chrome laisse passer un rouge qui sera vu gris, rose ou rouge au filtre. Si la pierre est une synthèse, le rouge pourra être très prononcé et s'il s'agit d'un verre, d'un péridot ou d'un béryl vert, la pierre ne rougit pas.

Voici quelques exemples :

- Entre une aigue-marine et un spinelle synthétique bleu, ce dernier sera vu rose au filtre ;
- entre une chrysoprase et une agate verte sera colorée avec du chrome ;
- une pierre qui va rester vert dans un lot de grenats tsavorites.

I.4.6.3 Limites de l'appareil

Il s'agit essentiellement d'une alarme et non d'une preuve. Dans un béryl, la présence ou l'absence de chrome pour émeraude/béryl vert se repère plutôt avec un spectroscope.

Le filtre de Chelsea est présenté pas la figure 14 ci-dessous.

I.4.7 Ultraviolets

Un autre test également utile est le passage des minéraux sous la lampe ultra-violet. En effet, certains cristaux sont capables d'émettre de la lumière visible lorsqu'ils sont excités par la lumière ultra-violet.

I.4.7.1 Luminescence

Il s'agit d'une émission de lumière sans incandescence. L'origine peut être entre autres thermique (thermoluminescence) ou lumineuse (photoluminescence).

Du fait de la perte d'énergie, la longueur d'onde de la lumière émise est supérieure à celle de la lumière incidente, une lumière bleue pourra provoquer une luminescence rouge dans certains rubis. Certains métaux sont responsables de la couleur de la luminescence, par contre le fer atténue ou empêche toute luminescence.

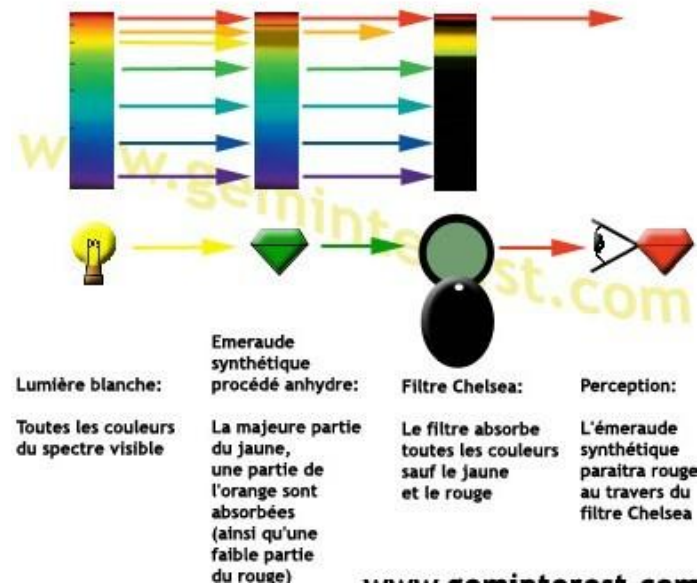


Figure 14: Schéma de filtre de Chelsea (Source : www.geminterest.com)

Ce phénomène est nommé fluorescence si la luminescence cesse avec l'excitation, si elle se prolonge après suppression de l'excitation, on parle de phosphorescence.

Le tube fluorescent ou le néon est rempli d'un gaz rare et de vapeur de mercure, il se produit une décharge électrique entre deux électrodes, la vapeur de mercure émet des ultraviolets qui sont absorbés par un pigment phosphorescent appliqué sur l'enveloppe du tube. Pour les tubes lumière du jour il s'agit de tungstate de magnésium.

I.4.7.2 Chambre à ultraviolets

Pour observer la réaction d'une pierre soumise aux rayonnements ultraviolets situés en dehors de la lumière visible, il faut la placer dans un environnement le plus sombre possible et sur un support neutre le plus près possible des tubes. Pour augmenter la vision nocturne, il est conseillé de prolonger l'observation.

Les rayons ultraviolets peuvent être produits par une lampe à mercure dont la lumière est filtrée pour laisser passer une raie spectrale à 365 nanomètres; les ultraviolets longs (UVL) qui pigmentent la peau. Un autre filtre (du type chance OX7) laissera passer les ultraviolets courts (UVC) à 254 nanomètres qui sont dangereux pour la peau et les yeux.

L'intérêt de ce type d'examen est multiple en ce sens qu'il permet de voir: lot, particularité minérale, synthèse, gisement, pierre composite, traitement...

Les limites sont liées aux conditions d'observation et à la capacité de l'œil de l'observateur.

I.4.7.3 Filtres croisés

Une lumière puissante est filtrée par un ballon rempli d'eau colorée du sulfate de cuivre. Dans une ambiance très sombre une pierre sera à la fois éclairée avec cette lumière bleue et regardée à travers un filtre Chelsea. La lumière bleue est stoppée par le filtre Chelsea. Si la pierre émet dans une longueur d'onde plus importante, il y a une luminescence perceptible avec le filtre Chelsea.

Les spectromètres donnent un graphique séparant les parties émises et absorbées. La luminescence est également observable dans les infrarouges. D'autres types de luminescence sont utilisés, par exemple la cathodoluminescence.

I.4.8 Poids spécifique [4]

On passe maintenant du chapitre des propriétés optiques à celui des propriétés physique des pierres. Parmi ces propriétés, l'une est primordiale dans la gemmologie, c'est celle du poids spécifique d'une pierre qui peut être ainsi définie :

Le poids spécifique d'un corps est le rapport entre le poids de celui-ci et le poids d'un volume égal d'eau à 4 °C (PS = 1g/cm³).

$$\text{Poids spécifique} = \frac{\text{poids de la pierre}}{\text{poids d'un égal volume d'eau à 4°C}}$$

Pour mesurer le poids spécifique d'une gemme, il est nécessaire de déterminer son poids dans l'air par le moyen classique d'une balance et le volume d'eau qu'il déplace. Pour ceci, il est plus facile d'appliquer le principe d'Archimède.

La densité peut donc ainsi s'établir :

$$\text{Poids spécifique} = \frac{\text{poids de la pierre dans l'air}}{\text{poids de la pierre pesé dans l'eau}}$$

Perte de poids dans l'eau = poids de la pierre dans l'air – le poids de la pierre dans l'eau à 4°C

Exemple : le poids d'une pierre dans l'air est de 12,89 g ; son poids dans l'eau est de 9,67 g

$$\text{Densité de cette pierre} = \frac{12,89 \text{ g}}{12,89 \text{ g} - 9,67 \text{ g}} = 4,00$$

Cette méthode pour déterminer le poids spécifique d'une pierre est appelée la méthode hydrostatique et peut être utilisée sur n'importe quelle balance sous condition de petits arrangements. Il est cependant recommandé d'utiliser l'emploi de la balance électronique qui permet une très grande précision dans la lecture du chiffre obtenu.

Signalons également l'existence d'une deuxième méthode pour déterminer le poids spécifique des pierres connue sous le nom de méthode des liquides denses qui est basée sur le principe suivant :

- une pierre flottera dans un liquide de plus grand poids spécifique ;
- une pierre s'enfoncera légèrement dans un liquide de même densité ;
- et une pierre coulera dans un liquide de moindre densité.

On ne cite ici que les plus connus tels que le bromoforme (PS= 2,89), le méthylène iodide (PS= 3,32) et la solution de Clerici (PS= 4,20). Ces liquides doivent être conservés à l'abri de l'air et de la lumière

car certains changent de couleur, et à la longue leur densité peut varier. Ils doivent être manipulés avec précaution car certains comme la solution de clerici, sont très corrosifs.

Ces deux méthodes présentent chacune des avantages et inconvénients. La méthode hydrostatique permet de donner des mesures très précises mais elle est beaucoup moins pratique que la méthode des liquides denses qui permet, elle, de différencier rapidement un lot de pierres de même couleur, mais elle ne donnera pas de mesures aussi précises que la précédente.

Citons pour référence également qu'il existe encore d'autres méthodes pour déterminer la densité des matériaux, mais qu'elles sont plus rarement employées.

I.4.9 Testeur de diamant

La conductibilité thermique est la propriété des substances permettant de transférer plus ou moins rapide la chaleur. Dans un bon conducteur de chaleur l'onde thermique se propage très rapidement et ne reste pas à la surface qui paraît froide au toucher.

Une résistance chauffe une aiguille à 65°C, cette aiguille entre en contact avec une substance qui va plus ou moins refroidir sa pointe. La différence de température à chaque extrémité de l'aiguille entraîne une circulation d'électrons donc un courant électrique, c'est l'effet Pelletier Thermocouple.

Les matériaux qui conduisent le mieux la chaleur sont le diamant, la moissanite, la phénacite et le diamant synthétique. Ensuite viennent les corindons puis un lot de pierres fines. Les oxydes de zirconium et les verres sont très moins conducteurs.

I.4.10 Réflectomètre [15]

I.4.10.1 Appareils

Le pouvoir réflecteur d'un minéral est le rapport de la lumière perçue sur la lumière envoyée

Le duotesteur indique un chiffre qui varie approximativement de 100 pour le diamant à 70 pour l'oxyde de zirconium et 36 pour le saphir. Le Gemeter Digital 90 traduit le pouvoir réflecteur en indice de réfraction, pour les matériaux transparents la réflexion et la réfraction sont proportionnels. Le testeur de moissanite fonctionnerait avec ce principe en « tout ou rien », les deux appareils présents sur le marché sont à utiliser après le testeur de diamant.

Les mesures ne sont pas reproductibles et les testeurs de moissanite avec leur réponse « tout ou rien » manquent de fiabilité.

I.4.10.2 Eclat

La capacité d'un minéral à réfléchir la lumière est liée à l'indice de réfraction et au polissage, par commodité on distingue l'éclat à l'extérieur de la pierre et qui va dépendre du polissage, de l'indice de réfraction, des proportions, de la propreté et de la qualité de couleur de la pierre. Une pierre taillée à facettes peut avoir un éclat adamantin en surface et une brillance faible due à sa taille plate et à ses nombreuses inclusions.

Voici quelques exemples :

- l'éclat métallique est le plus important, la majeure partie de la lumière est réfléchi;
- l'éclat adamantin est le plus fort éclat des minéraux transparents et translucides;
- l'éclat vif est celui des corindons ;
- l'éclat vitreux des quartzs et des béryls rappelle celui du verre ;
- l'éclat gras pour le jade ;
- l'éclat résineux pour l'ambre.

Bref, tous ces procédés et matériels sont très utiles pour bien identifier et discerner les pierres et aussi pour ne pas détériorer la qualité de ces pierres. Toutefois, chaque produit ne s'identifie pas de la même façon, il est en effet très important d'apprendre à les manier et les choisir convenablement et conformément aux indications, ce qui nécessite une notion en gemmologie.

Notre descente sur terrain lors de nos travaux d'enquête à révéler des constatations très déplorables vis-à-vis des manipulations des pierres depuis l'extraction jusqu'à la main des petits collecteurs sur place. En effet, les règles de maniement et le prétraitement des produits sont presque laissés de côté. On a rencontré par exemple un collecteur nettoyé sa pierre avec une étrange mixture à base de produits dérivés des hydrocarbures. Ces produits peuvent nuire à la clarté et à la disposition atomique et cristallographique de la pierre. Les incapacités de détermination et le mauvais maniement réduisent fortement la valeur marchande de la pierre et facilitent la mystification du commerce des pierres in situ.



Fig. 15 : illustration des collecteurs des pierres à Tetezambato munis de leur matériels (source : auteur)

CHAPITRE II : NOTIONS DE LA LAPIDAIRES [4], [22]

Un **lapidaire** (du latin lapis, "pierre") est le nom d'une technique et d'un métier qui consiste à façonner et à tailler des pierres, précieuses ou non, de façon à les rendre dignes d'orner des bijoux ou des objets d'art.

II.1 POLISSEUSES DE BRUT

II.1.1 Tonneau polisseur

Le polissage au tonneau est l'application pratique d'un phénomène naturel : l'usure des pierres et du gravier dans le lit des rivières ou au bord de la mer, ce qui émousse considérablement les angles ou les transforme en galets aux formes très arrondies.

Le polissage au tonneau est une technique très simple qui ne nécessite aucune connaissance ou habileté particulière, mais un minimum d'attention et de soin. Une opération de polissage peut durer de deux à huit semaines, parfois plus, suivant la dureté des pierres.

Cette durée dépend de plusieurs facteurs :

- de la dureté du brut ;
- de la forme du brut ;
- de la grandeur des pierres.

Généralement, le polissage au tonneau se fait en 6 étapes :

- étape du dégrossissage à l'aide d'un gros abrasif (carborandum n°80) à raison de 50 grammes par kilo de pierres, pendant 8 à 15 jours, nuits comprises ;
- étape de l'usure moyenne avec un abrasif n° 200 à 400 pendant le même laps de temps ;
- 3^{ème} étape : usure fine avec un abrasif n° 400 pendant 4 à 9 jours ;
- usure finale avec un abrasif n° 800 pendant 2 jours environ ;
- 5^{ème} étape : polissage avec une poudre adéquate selon les pierres ;
- dernière étape : lavage avec un détergent (savon, lessive) pendant 1 heure puis essuyage et séchage des pierres polies.

Actuellement, le système du tonneau polisseur n'est guère plus employé que par des amateurs ou pour donner un aspect de « brut naturel » à des pierres synthétiques.



Fig.16 : Illustration d'un tonneau polisseur (Source : www.gemmes-info.com)

II.1.2 Plateau vibrateur

En plus de ce qui précède, les pierres peuvent être polies en utilisant une polisseuse plate à vibrations ou plateau vibrateur. Son grand avantage est qu'elle permet d'obtenir des surfaces rigoureusement planes au poli remarquable avec une finition miroir.

Cette machine est constituée par un plateau rond de 40 à 150 cm de diamètre, aux bords relevés et recouverts d'une bande de protection en caoutchouc, afin que les pierres ne s'abîment pas en cognant contre les bords.

Un moteur électrique robuste permet de faire vibrer horizontalement le plateau à une vitesse moyenne de 300 tours/minute. L'ensemble est monté dans une carcasse dont les pieds sont ajustables en hauteur, ce qui permet de régler au niveau à bulle la parfaite horizontalité du plateau proprement dit.

II.2 SCIAGE

Le sciage permet de découper les roches brutes en tranches ou en lamelles, de partager en deux parties une géode afin d'en dévoiler la richesse intérieure, ou de donner à la pierre de couleur choisie l'ébauche de la forme finale qu'on souhaite obtenir, ce qui facilitera ainsi les étapes ultérieures de son façonnage.

La machine comprend le disque de sciage et son axe, le système moteur, le bâti avec le bac devant contenir le liquide de refroidissement, le support ou table de travail et, éventuellement, une glissière (voir figure suivante).

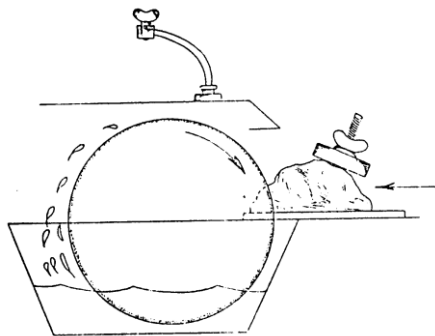


Fig.17 : schéma d'une scie

II.2.1 Disque de sciage

Dans le commerce spécialisé, il existe un grand choix de disques offrant une grande variété de types et de diamètres. Les disques de sciage sont habituellement en acier, en cuivre ou en bronze, mais on en trouve également en aluminium ou en matière plastique.

Le point le plus important est qu'ils soient parfaitement usinés. En particulier, ils ne doivent pas être voilés ; le trou central destiné au passage de l'axe d'entraînement doit être rigoureusement centré et du même diamètre que celui de l'axe afin d'éviter toute vibration qui endommagerait gravement le disque lui-même et la pierre en cours de façonnage.

II.2.2.1 Disque de sciage diamanté

Malgré un prix de revient plus élevé que celui des disques traditionnels, le disque diamanté présente de grands avantages et tout spécialement il permet d'avoir des vitesses de rotation plus élevées, qui sont comprises entre 2.000 et 5.000 tours par minute. De plus, le disque diamanté étant plus mince,

son trait de coupe enlève moins de matière brute pendant le sciage, ce qui est appréciable en présence de gemmes de haut de gamme : rubis, saphirs, émeraudes etc.

Actuellement, les fabricants offrent un grand choix de scies diamantées, dont la périphérie est imprégnée de poudre fixée par un liant. Pour les disques de sciage devant tourner à très grande vitesse, la concentration en diamant, sertie dans ce cas-là, doit être plus grande.

Pour donner un rendement maximum, l'achat d'un disque de sciage doit correspondre à certaines normes : but, vitesse de rotation, entretien ...

II.2.2 Axe de la scie

Il est en acier et maintenu par des coussinets entre lesquels il doit tourner librement. En son milieu est fixée une première flasque, solidaire de l'axe lui-même, contre laquelle vient se visser la seconde flasque. Entre les deux se place le disque de sciage.

L'axe est entraîné par un moteur électrique avec lequel il peut être en prise directe ou bien auquel il est relié par une poulie ou par un jeu de poulies permettant de produire avec une vitesse de rotation variées.

II.2.3 Force motrice

L'entraînement du disque de sciage se fait par un moteur électrique qui peut être à vitesse constante ou avec une vitesse variable.

Pour les scies de petit diamètre, tournant entre 1000 et 1500 t/m, il est préférable de disposer un moteur de 1/3 de cheval.

Les roches ou minéraux de grande taille nécessitent un moteur plus puissant, de l'ordre de 1CV, ce qui permet de les scier à une vitesse comprise entre 500 et 800 t/m.

II.2.4 Bac et liquide de refroidissement

Pendant le sciage, le disque doit tourner dans un liquide de refroidissement, immergé du ¼ environ de son diamètre. Les proportions du mélange d'eau et du liquide de refroidissement sont généralement indiquées par le fabricant.

Par le simple fait de plonger au quart de son diamètre dans le liquide et par sa rotation, le disque reçoit un bon refroidissement et une bonne lubrification, mais aussi la pierre à scier, ce qui évite le recours à une pompe envoyant le liquide sous pression. Ce système permet de travailler à des vitesses de rotation pouvant aller jusqu'à 2.500 t/m.



Fig. 18 : illustration d'une scie (Source : www.gemmes-info.com)

II.3 Taille

II.3.1 Taille des cabochons

La taille des cabochons, vieille de plusieurs siècles, est la plus ancienne des tailles. Les formes en étaient très variées et fort bien polies. Malachite, turquoise, cornaline, onyx, grenat et surtout lapis-lazuli furent largement utilisés pour cette taille, tout comme le jade, l'émeraude et plus tard en Inde, le rubis.

La taille des cabochons est surtout réservée aux pierres dures opaques ou translucides, mais aussi aux certaines pierres transparentes, et seulement dans le cas où elles ne sont pas assez pures pour être facettées : rubis, saphirs, émeraudes etc.

La forme la plus répandue du cabochon est la forme ovale, la partie inférieure étant plane et le dessus bombé.

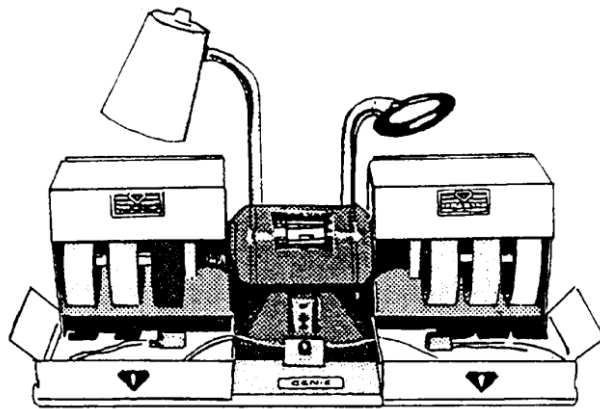


Fig.19 : Illustration d'une cabochonneuse

II.3.1.1 Technique de la taille du cabochon

II.3.1.1.1 Taille de la face inférieure

La surface inférieure est rendue plane par abrasion sur une meule au carborandum d'un diamètre de 150 à 220 mm, d'un grain 50/70, avec une vitesse d'environ 300 t/m, sous une pression légère et arrivée d'eau régulière. On continue ensuite avec une meule à grain moyen (220) puis on donne un pré-polissage au grain 400 à 600.

II.3.1.1.2 Fixation sur dop

Bien qu'un lapidaire expérimenté puisse tailler la forme de base (l'ébauche) du cabochon en tenant la pierre entre le pouce et l'index, il est cependant préférable de la fixer sur un support pour réaliser cette opération. Classiquement, ce support, le « dop », est une tige de bois de plus ou moins 10 à 15 cm de longueur, mais il peut être aussi en cuivre ou en aluminium.

Différents liants peuvent servir pour fixer la pierre au bout de la tige. Habituellement, le liant est composé de cire, de shellac et de verre et se présente en tiges carrées de 15 cm de long et de 1,5 cm de section.

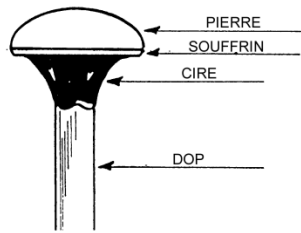


Fig.20 : Schéma d'une pierre sur un dop

II.3.1.1.3 Taille sur la meule et ébauche

Des différents types de meules et de disques abrasifs sont à la disposition du lapidaire :

- Les meules de carborandum, de grain variable, sur lesquelles on taille soit sur le tranchant, soit sur la surface plane.
- Les disques de caoutchouc sur lesquels on colle des feuilles de papier ou de toile émeri de différents grains.
- La courroie de toile émeri courant entre deux poulies offre aussi une certaine souplesse de travail.
- La roue en caoutchouc gonflable autour de laquelle on place une bande de toile émeri. Sous la pression de gonflage, on obtient une meule dure ou une meule souple.



Fig. 21: Schéma d'une meule creuse pour cabochon

II.3.1.1.4 Pré-polissage

Le pré-polissage ou sablage suit la phase qui a consisté, dans un premier temps, à donner à la pierre une forme proche de sa forme finale. Il s'agit maintenant d'éliminer les traces de meulage et de préparer le polissage qui est la troisième et dernière phase de la taille du cabochon.

Pour cela, on utilise un abrasif à base de carborandum, de poudre de diamant ou, tout simplement, de papier de verre ou de la toile émeri de différentes granulations.

L'élimination des défauts se fera en évitant de donner une trop forte pression à la pierre contre l'abrasif. Les meilleurs résultats sont obtenus par une pression légère et constante.

Le geste se fait en donnant à la pierre un lent mouvement de va-et-vient et de rotation en portant son attention sur l'égalisation des surfaces plutôt que sur la forme, étant donné que celle-ci doit déjà être parfaite.

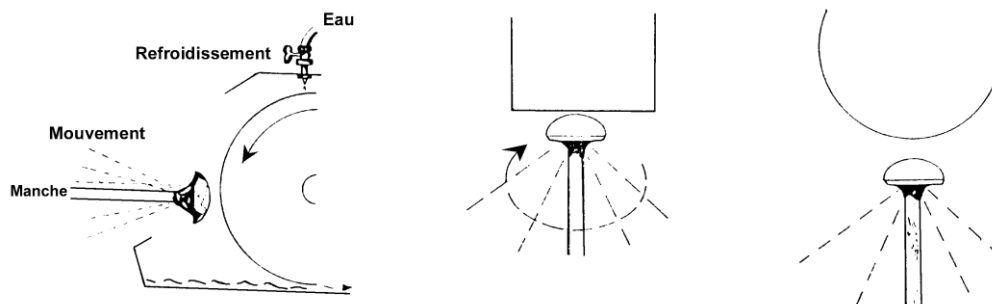


Fig. 22 : Positions du dop sur la meule

II.3.1.1.5. Polissage

Le polissage est la phase finale de la taille du cabochon et le couronnement de tous les efforts précédents, mais aussi c'est le verdict impitoyable qui montre tous les défauts du travail du lapidaire.

Le matériel consiste en une meule de feutre compressé ou de cuir qu'on enduit de poudre adéquate car chaque catégorie de pierre exige une poudre de polissage bien précise.

La rotation de ces meules est relativement lente : de 500 à 1.000 t/m pour un diamètre de 30 cm. Elles n'exigent pas de refroidissement par eau, ce qui en simplifie l'installation.

Enfin, il faut savoir que plus dure est la matière, plus grande sera sa brillance finale.

II.3.1.1.6 Technique du polissage

Cette technique ressemble aux opérations précédentes mais elle ne demande plus autant de précision. On passe simplement contre la meule toute la surface de la pierre enduite uniformément d'une pâte faite de poudre de polissage et d'eau. Cette phase finale est rapide : le lustre vient en quelques minutes. Mais il ne faut pas imaginer qu'à ce stade on peut éliminer les traces de tailles qui subsisteraient ; c'est peine perdue et dans ce cas, il faudrait revenir à la phase 2 de l'opération.

II.3.2 Taille à facettes

Le facetage est l'opération qui consiste à tailler sur une gemme de petites surfaces planes, les facettes. Elle est bien plus complexe que la taille du cabochon et exige une technique faite de précision et d'expérience.

On réserve cette taille principalement aux pierres transparentes ou translucides, mais sans exclure qu'on puisse aussi tailler à facettes des pierres fines opaques ou d'autres minéraux.

La taille à facettes des pierres se fait d'habitude dans l'ordre suivant :

- taille de la table au moyen d'une meule de granulations 100 et 220 ;
- fixation à la cire de la pierre sur une tige ou « dop » ;
- taille du rondiste avec une meule diamantée 600 ;
- taille de la forme de base de la culasse ;
- pré polissage de la culasse au grain 3 000/8 000 ;
- polissage de toutes les facettes de culasse ;
- dessertissage de la table fixation de la culasse sur « dop » ;
- ponçage et polissage de la table ;
- taille des facettes de couronne ;

- polissage des facettes de couronne.

II.3.2.1 Appareil à facetter (ou facetteuse)

Il est constitué de deux parties principales : le disque ou plateau de taille et le support de la tige de taille. On distingue deux types principaux de machines :

- la facetteuse avec bras de taille
- la facetteuse avec pince de taille

On peut toutefois dire que les résultats obtenus avec l'un ou l'autre dépendent plutôt de la dextérité du lapidaire que du système employé. De toute manière, le facettage est un art difficile car il exige une meilleure connaissance de la matière (position de l'axe optique, zones de couleurs, localisation des défauts etc.) et plus de dextérité et de patience.



Fig. 23 : Illustration d'une facetteuse (Source : <http://www.les-pierres-precieuses.com/Facetteuse-Lapidart>)

Les deux types de facetteuse ont en commun une colonne métallique verticale, placée à côté du plateau de taille, le long de laquelle on peut monter ou descendre le bras de taille, dont la position sera fixée par une butée réglable et qui, de plus, peut aller et venir horizontalement sur le plateau. Le bras de taille dispose d'une couronne dentée à cliquet comportant 32 à 64 divisions. Le bras peut ainsi pivoter sur lui-même selon le nombre de divisions choisies. De plus, il est inclinable par rapport au plateau et l'inclinaison se lit sur un écran. Tous les mouvements du bras de taille : rotation sur lui-même et inclinaison, sont bloqués par vis.

II.3.2.2 Plateaux de taille

II.3.2.2.1 Plateaux au carborandum

Les anciens lapidaires utilisaient couramment la poudre de carborandum pour leurs plateaux de taille mais elle tend à disparaître au profit de la poudre diamantée qui est moins polluante et offre une grande gamme de granulats appropriés aux travaux à exécuter.

II.3.2.2 Plateaux diamantés

Ils sont en cuivre ou en alliage d'aluminium, d'un diamètre de 15 à 20 cm. Leur granulation peut aller de 100 (grain très abrasif pour l'ébauche) à 14 000 (pour le polissage), en passant par 1 200 à 3 000 pour le facettage selon le goût du lapidaire.

Entretien : théoriquement, les plateaux diamantés ne demandent aucun entretien. Après chaque usage, on doit les rincer à grande eau. On peut aussi les nettoyer avec une brosse à ongles douce. On prendra soin de les ranger séparément dans des emboîtages en carton pour éviter qu'ils se détériorent sous l'effet de frottements ou qu'ils se « contaminent », c'est à dire qu'ils se chargent d'une poudre d'autre calibre provenant d'un autre disque.

Bref, Les travaux d'un lapidaire est complémentaire à celle d'un gemmologue car celui-ci est une étape ultime avant la commercialisation du produit pour être apprécié ou contemplé par des clients.

Une pierre taillée révèle sa magnificence et sa brillance, ainsi sa valeur marchande est de ce fait plus importante. Une pierre bien taillée peut se vendre jusqu'à 100 fois de sa valeur quand elle est encore brute.

Les pierres, si elles sont bien taillées peuvent générer beaucoup plus d'argent. Voilà la raison pour laquelle cette étape de valorisation est très importante. D'après nos données statistiques, la Région de Diana ne possède que deux lapidaires réglementaires : une situation déplorable pour une Région à forte potentialité touristique. Lors de notre descente sur terrain, nous avons rencontré des réticences pour ne pas dire des refus de la part de certains lapidaires pour diverses raisons, entre autres : leur situation vis-à-vis de l'administration compétente et le secret de fabrication. Par contre, au niveau de lapidaires que nous avons pu rencontrer, nous avons non seulement pu prendre librement de photos de leurs équipements mais nous avons aussi obtenu des informations sur leurs activités. Nous avons constaté que certains d'entre eux ont des équipements et outillages performants.



Fig. 24 : Outils de préformage des pierres et de façonnage de l'or chez un lapidaire informel à Nosy-Be hell ville (source : Auteur)

PARTIE III : TRAVAUX D'ENQUETE

CHAPITRE I : QUELQUES DEFINITIONS [1], [7]

I.1 UNIVERS

Le domaine étudié est souvent qualifié d'univers ou de population. Il s'agit d'une population au sens statistique du terme, c'est-à-dire qu'on parlera de population d'individus, mais aussi de population de villages, de champs ou d'événements (naissances, décès, migrations,...).

L'univers étudié doit être défini de manière précise, que ce soit du point de vue des unités élémentaires le composant ou du point de vue de ses limites : si, par exemple, on étudie le domaine de l'agriculture, décide-t-on d'inclure ou non les jardins familiaux dans l'univers ? Cette définition des limites de celui-ci conditionne la portée des résultats qu'on tirera du sondage.

I.2 UNITES STATISTIQUES

Les unités statistiques sont les éléments composant l'univers. Elles peuvent être de différents types : individus au sens courant du terme, villages, hameaux, quartiers, îlots, etc., ménages, parcelles cultivées,-etc.

Un même univers peut être décomposé selon les différents types d'unités élémentaires (par exemple en ménages ou en individus).

On peut aussi être amené à considérer une décomposition de l'univers en unité à plusieurs degrés, chaque unité d'un degré donné étant elle-même composée d'unité du degré suivant. Par exemple, du point démographique, une zone rurale peut être décomposée en villages, unité premier degré (unités primaires) composées :

- de ménages, unités du second degré (unités secondaires), elles-mêmes composés :
- d'individus, unités du troisième degré (unités tertiaires).

I.3 ECHANTILLON

On appelle échantillon un sous-ensemble d'unités statistiques prélevé dans l'univers dont on veut connaître certaines caractéristiques. C'est à partir de résultats observés sur l'échantillon qu'on va « extrapoler » pour produire des estimations sur cet univers.

La figure ci-dessous montre une approche générale de la méthode de sondage.

I.4 VARIABLE

Les études statistiques portent sur les valeurs prises par certaines variables (caractères) pour chacune des unités statistiques. Ces variables peuvent être quantitatives continues (taille, revenu), discontinues (nombre d'enfants) ou qualitatives (situation matrimoniale, nationalité).

Parmi les variables qualitatives, on distingue les variables dichotomiques qui ne présentent que deux modalités, par exemple le sexe ou le fait d'être en vie ou décéder.

Les variables quantitatives peuvent se compter ou se mesurer, mais les variables qualitatives ne peuvent en principe qu'être « qualifiées ». Toutefois, dans le cas des variables dichotomiques, on attribue la valeur 0 à l'une des modalités, et l'une à l'autre (de sexe masculin ou de sexe féminin)

Ainsi codée, cette variable permet d'obtenir la proportion de femmes dans la population en calculant la moyenne des valeurs observées. On se trouve alors dans une situation comparable à celle des variables quantitatives discontinues.

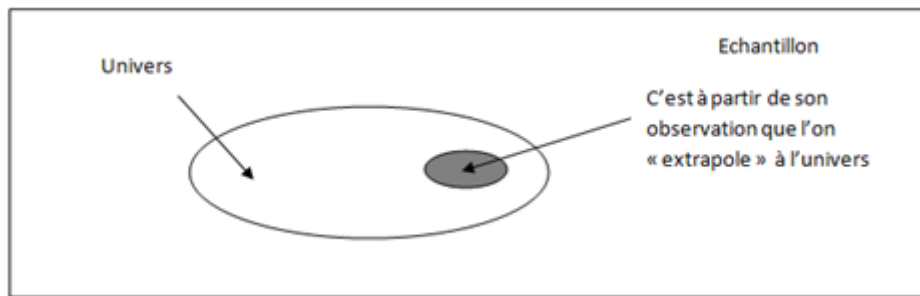


Fig. 25 : Principe de la méthode des sondages

I.5 ESTIMATEUR

Ayant utilisé un procédé de sondage déterminé (on reviendra tout au long des chapitres suivants sur la manière de faire), on va chercher à produire des estimations pour une ou plusieurs variables dites d'intérêt. Un estimateur associé à un procédé de sondage utilisé est une « formule mathématique » qui permet de calculer l'estimation d'une grandeur à partir des données observées sur l'échantillon tiré. On voit que, pour un procédé de sondage déterminé, le « hasard » peut conduire aux différents échantillons, donc aux différentes estimations (calculées à partir de l'estimation).

En outre, pour une méthode de sondage déterminée, on aura souvent, en fait, un choix d'estimateurs.

I.6 VARIABLE ALEATOIRE

Une variable aléatoire est une variable qui peut prendre « un certain nombre de valeur » et chaque valeur a une probabilité correspondante : on a donc une « distribution » de la variable aléatoire.

Si on s'intéresse au domaine des sondages, on a vu qu'un échantillon fournit une estimation de la grandeur qu'on cherche à estimer ; mais si l'on tire un autre échantillon selon les mêmes règles de sélection, on aura sans doute un autre résultat pour l'estimation de la grandeur étudiée. L'estimateur est donc une variable aléatoire.

La distribution de l'estimateur est fournie par l'ensemble des résultats obtenus à partir de l'ensemble des échantillons possibles (selon le procédé de sondage qu'on s'est fixé) ; le caractère aléatoire provient du « tirage au sort » de l'échantillon.

I.7 MOYENNE, VARIANCE

La variance d'une variable Y donne une idée de la dispersion de Y autour de sa moyenne. Elle vaut :

$$V(Y) = \frac{1}{N} \sum_{\alpha=1}^N Y_{\alpha} - Y^2$$

Où \bar{Y} est la moyenne de Y sur l'univers : $\bar{Y} = \frac{1}{N}$

Y_{α} Est la valeur de Y pour l'unité statique α , et N le nombre d'unités statiques de l'univers.

On définit aussi la covariance de deux variables sur l'univers, qui fournit une mesure de la manière dont deux variables Y et Z varient simultanément :

$$Cov(Y, Z) = \frac{1}{N} \sum_{\alpha=1}^N Y_{\alpha} - \bar{Y} (Z_{\alpha} - \bar{Z})$$

Le coefficient de corrélation linéaire entre Y et Z, mesure la « solidité » de la relation linéaire entre Y et Z :

$$\rho = \frac{\text{cov}(Y,Z)}{\sqrt{V(Y)} \sqrt{V(Z)}}$$

Cette grandeur est comprise entre -1 et +1.

Pour une variable aléatoire A, on parle d'espérance et de variance. L'espérance est définie par : $E(A) = \sum_i P_i Y_i$

Où les Y_i sont tous les résultats possibles, et où P_i , pour i donné, est la probabilité que A prenne la valeur Y_i .

De manière intuitive, l'espérance est la valeur que prend « en moyenne » la variable aléatoire A.

Quant à la variance, elle se définit comme suit : $V(A) = \sum_i P_i (Y_i - E(A))^2$

On voit qu'on utilise, dans le cadre des enquêtes par sondage, le terme de variance, cela est à la fois pour les variables dans l'univers étudié (donc mesurables sur chaque unité statistique) et pour la variable aléatoire « estimateur résultant du plan de sondage ».

Cette double utilisation du terme variance peut conduire à certaines confusions. Il sera toujours nécessaire de préciser de quelle variance il s'agit quand on traite de problèmes de sondages.

I.8 ECART-TYPE, COEFFICIENT DE VARIATION

L'écart-type d'une variable Y est la racine carrée de la variance :

$$\sigma_Y = \sqrt{V(Y)}$$

Cette notion s'applique aussi bien à la variance d'une variable qu'à la variance d'une variable aléatoire. Par ailleurs, l'écart-type s'exprime dans la même unité que le variable, alors que la variance s'exprime en cette unité « au carré ».

Le coefficient de variation est :

$$C.V = \frac{\sigma_Y}{Y} \text{ pour une variable } Y$$

$$C.V = \frac{\sigma_Y}{E(A)} \text{ pour une variable aléatoire } A.$$

L'intérêt de cette grandeur est qu'on trouve au numérateur et au dénominateur des valeurs exprimées dans les mêmes unités ; elle est donc « sans unité » et donne une idée de l'importance de l'écart-type par rapport à la moyenne (ou l'espérance), donc une idée de la plus ou moins grande dispersion de la distribution.

I.9 BIAIS

On dit qu'un estimateur A d'une grandeur G est sans biais si $E(A) = G$, c'est-à-dire si « en moyenne » les résultats fournis par cet estimateur sont égaux à la grandeur qu'on cherche à estimer. Dans le cas contraire, on a un estimateur biaisé, qui peut néanmoins dans certaines conditions être acceptable.

Il est à noter que ces termes sont très utiles et constitue un facteur nécessaire pour la détermination des échantillons et aussi pour l'interprétation des résultats dans les paragraphes qui suivront cet ouvrage.

CHAPITRE II : DETERMINATION DE L'ECHANTILLON [17]

La détermination de l'échantillon est un problème auquel il faut attacher l'importance particulier, car elle conditionne la précision des résultats obtenus.

II.1 DEFINITION DE L'OBJET DE L'ENQUETE

L'enquête, en tant qu'un instrument de connaissance relève de la démarche quantitative qui apparait comme l'une des caractéristiques privilégiées de la sociologie ou de l'économie de « courant majoritaire », celle qui a longtemps correspondu à ce que Thomas Kuhn appelle « une science normale ». Elle contribue à l'élaboration de l'objet de recherche, à sa description rigoureuse et « objective », au dégagement de schéma explicatif qui en rend compte.

On n'envisagera pas ici la question principale et fondamentale de la « problématisation » de la situation qui est sensée appeler la réalisation d'une enquête par questionnaire. Il s'agit là d'un thème d'épistémologie générale. Soulignons cependant combien il est essentiel que cette problématisation soit menée avec soin et avec compétence. Le rapport à la totalité d'une configuration sociale est indispensable, tout comme il est d'une manière générale indispensable d'accorder une attention extrême à tous les problèmes qui se passent, épistémologiquement et méthodiquement, en amont d'une recherche, alors que trop souvent, ce sont les aspects techniques de l'aval de la problématisation qui bénéficie d'un privilège exagéré.

On partira d'une formulation provisoire de l'objet, dont il importera de dresser la représentation conceptuelle, en prenant en considération les différentes dimensions qui le concernent. Il importe de considérer que l'objet de l'enquête peut n'être que l'un des aspects de l'objet général de la recherche. Celui-ci peut également être conçu selon les diverses modalités. Pratiquement, cependant, on veillera à lancer l'enquête par une définition préalable la plus satisfaisante possible de cet objet, au sujet duquel des questions vont être posées à des groupes spécialement sélectionnés (l'échantillon) de personnes.

Il convient donc de limiter l'extension des diverses notions entrant dans l'énoncé de la recherche. Cette tâche ne s'effectuera pas nécessairement en fonction de l'un ou de l'autre a priori. L'état de connaissance dans le domaine envisagé, la qualité des sources disponibles, la plus ou moins grande latitude d'exécution, etc. peuvent imposer de manière plus ou moins contraignante le cadre de l'enquête.

Il est bon de se rappeler que chaque terme du problème (chaque mot de l'énoncé) doit être pesé sérieusement. Il est possible de décrire ici une démarche valable dans tout le cas.

Exemple pour notre cas : Enquête sur les opportunités de la gemmologie et de la Lapidairerie.

II.2 CHOIX DE LA POPULATION PARENT

L'échantillon, c'est-à-dire l'ensemble des populations à interroger, est extrait d'une population plus large, appelée « population parent », « population de référence », « population mère », ou tout simplement « population ». Le choix de celle-ci pose plus de problèmes qui ne paraissent à la première vue.

La définition de population est donc tributaire :

- de l'objet même de l'enquête ;
- des hypothèses des travaux choisis : le contenu même du ou des problèmes à traiter implique telle ou telle définition de la population ;
- du type d'échantillonnage adopté : suivant la nature des documents disponibles pour construire l'échantillon, on sera éventuellement contraint de restreindre la définition de la population ;

- des contraintes matérielles imposées.

Quelque soit les causes qui influent sur la définition de la population, on voit bien que ce problème ne peut être réglé à priori.

II.3 FIXATION DE LA POPULATION

Il ne suffit pas de dire « nous allons faire une enquête auprès des petits exploitants des mines, des collecteurs de pierre, des autorités locaux ou encore des bijoutiers ». Une telle façon de faire risque d'être trop étroite ou trop large. Elle sera trop étroite par exemple si voulant faire une étude sur l'utilité de la gemmologie et de la lapidairerie dans une circonscription donnée, on se limitait à interviewer les acteurs principaux comme les gemmologues et les lapidaires. Mais il faut aussi impliquer tous ceux qui peuvent être liés à ces activités. Ceci montre l'intérêt des études documentaires car elles pourront donner des indications préalables sur les travaux d'enquêtes.

II.4 CHOIX DE LA METHODE DE SONDAGE

Désormais, on dispose de plusieurs méthodes de sondage dont nous allons analyser ceux qui semble adéquat pour nos études.

II.4.1 Sondages aléatoires ou probabilistes

On dénomme ainsi un sondage dans lequel tous les éléments de la population ont la même chance de faire partie de l'échantillon, cela se fait donc essentiellement un tirage au sort. Ce procédé est le plus scientifique et permet dans les meilleures conditions de déterminer l'erreur que l'on peut commettre. Il offre par contre l'inconvénient de disperser les enquêtes à effectuer et il exige la constitution préalable d'une base de sondage dans laquelle seront effectués les tirages au sort.

II.4.2 Sondages au semi hasard

Dans ces procédés on essaie de reconstituer les hasards au moyen des consignes précises données aux enquêteurs pour éviter qu'ils ne soient consciemment ou inconsciemment tentés de choisir la personne à interviewer.

II.4.3 Les sondages par quotas

Ils consistent à tenter de constituer un échantillon représentatif de la population en donnant encore des consignes à suivre aux enquêteurs qui doivent trouver tant d'enquêtés. Ce ne sont donc pas des échantillons aléatoires que l'on obtient par ce procédé, mais on considère souvent que la précision de résultats est meilleure que celle des échantillons aléatoires, encore que le choix fait par l'enquêteur des personnes à enquêter risque d'introduire un biais. On prend donc pour limite d'erreur celle que l'on commettrait avec un échantillon aléatoire. Ce procédé n'exige pas au préalable la constitution d'une base d'échantillonnage ; il reporte en fait sur l'enquêteur les difficultés qu'il a à créer un échantillon, et il exige de celui-ci la connaissance préalable des caractéristiques des personnes à interviewer.

Pour notre cas, nous avons opté sur les sondages par quotas, tout en tenant compte de la représentativité de l'échantillon c'est-à-dire que nous avons essayé de soigner le plus sur la qualité de nos échantillons. Par exemple, il semble peut être que c'est un superflu ou des dépenses inutiles de partir à Nosy-Be pour enquêter cette partie de population cible, vue que les nombres d'échantillons sis à Antsiranana, Ambilobe et Ambanja suffisent amplement. Toutefois ce voyage nous a permis d'avoir un sondage aléatoire donc plus représentatif.

II.5 DETERMINATION DE LA TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

II.5.1 Sondage non exhaustif

On dit que le sondage est non exhaustif quand la taille de l'échantillon est petite par rapport à la question à étudier (de l'ordre de sept fois plus petite). Dans ce cas quelque soit la taille de la population, on adopte la même taille d'échantillon car cette taille est déterminée par trois facteurs.

II.5.1.1 Précision que l'on désire obtenir

Plus la précision demandée est grande, plus la taille de l'échantillon l'est aussi, mais elle augmente comme le carré de la précision cherchée. Ainsi si au lieu d'une erreur acceptée de 2%, on désire seulement une erreur de 1% la taille de l'échantillon quadruplera.

II.5.1.2 Homogénéité de la population

On conçoit en effet que si toute la population est de même avis, il suffit de consulter une seule personne pour connaître cet avis. Par contre si la population se partage moitié-moitié, il faudra un échantillon plus grand.

C'est donc cette hypothèse défavorable que l'on adopte en général, lorsque l'on n'a pas d'information préalable sur l'homogénéité de la population, et ceci montre à nouveau l'intérêt des études documentaires préalables, car elles permettent parfois d'évaluer l'homogénéité de la population et par conséquent d'utiliser des échantillons plus petits.

II.5.1.3 Sécurité sur la représentativité de la population

Si en effet on tire plusieurs échantillons d'une même population, ils risquent de n'être pas complètement identiques.

II.5.1.4 Détermination de la taille de l'échantillon pour calculer un pourcentage

Dans le cas du sondage non exhaustif, le calcul de la taille de l'échantillon se détermine facilement en fonction de l'erreur que l'on accepte de commettre sur la proportion de la population qui présente une caractéristique.

- **Si on ne connaît rien sur la population**

On suppose qu'on ait dans le cas le plus favorable où la population se répartit par moitié : la proportion $p=0,50$. La taille de l'échantillon dépend dans ce cas uniquement de l'erreur absolue que l'on accepte de commettre sur la mesure de la proportion p .

Soit ϵ_a cette erreur. ϵ_a^2

La taille n de l'échantillon est donnée au seuil de confiance de 95% par

$$n \geq \frac{1}{\epsilon_a^2}$$

Si l'erreur acceptée est de 2%, soit $\epsilon_a=0,02$ on trouve

$$n \geq \frac{1}{0,02 * 0,02} = 2500$$

Ce qui est la taille habituelle des sondages auprès du grand public. Les résultats seront compris entre $50 + 2\% = 52\%$ et $50 - 2\% = 48\%$

Et il ne faudra pas oublier le seuil de confiance.

La formulation exacte que l'on omet trop facilement est donc la suivante :

« Si l'on prenait 100 échantillons de 2 500 personnes, il n'y en aurait que 5 au plus dont les résultats se situeraient en dehors de la fourchette 48% - 52% ».

- **Si on a une idée de la proportion p dans la population**

Dans ce cas la formule à appliquer est avec les mêmes notations que ci-dessus et toujours dans l'hypothèse d'un seuil de confiance de 95%

$$n \geq \frac{4p(1-p)}{\epsilon_a^2}$$

Supposons que nous savons que la proportion de la population qui possède la caractéristique est d'environ 80%, soit $p = 0,8$ et que nous désirions évaluer cette proportion à $\pm 3,2\%$ près, soit

$$\epsilon_a = 3,2.$$

En remplaçant les lettres par les chiffres dans la formule, on trouve

$$n \geq \frac{4 * 0,8 * (1 - 0,8)}{0,032 * 0,032}$$

Soit

$$n \geq 625$$

Et la formulation sera analogue à celle ci-dessus : « si l'on prenait 100 échantillons de 625 personnes il n'y en aurait que 5 au plus dont les résultats se situeraient en dehors de la fourchette $80 \pm 3,2$ donc en dehors de l'intervalle de confiance 76,8% - 83,2%.

- **Emploi d'abaques**

Pour une appréciation rapide et approximativement des échantillons on utilise des abaques comme celui de la figure 1 qui au seuil de probabilité de 95% permet de calculer la taille de l'échantillon en fonction de la proportion p en % et de l'erreur absolue acceptée ϵ_a sur la proportion p exprimée en %.

Il suffit de choisir sur les échelles correspondantes la valeur de p , celle de ϵ_a et de joindre les deux points par une droite. Cette droite coupe l'échelle n de la taille de l'échantillon à la valeur recherchée.

En reprenant le premier exemple ci-dessus on voit que si le pourcentage est de 50% et que l'erreur absolue que l'on accepte pour ce 50% sur l'échelle p et 2% sur l'échelle ϵ_a , on trouve pour effectif de l'échantillon sur échelle n , la valeur 2 500.

Autres seuils de confiance que 95%. L'abaque (annexe 4) s'utilise de la même façon, mais donne la taille de l'échantillon pour un seuil de confiance de 99%.

Mais dans la plupart de cas, la taille approximative de l'échantillon est fixée par les considérations du budget.

Dans ce cas, ayant déterminé la taille de l'échantillon au seuil de 95%, il est intéressant de savoir ce que deviendrait l'erreur, si au lieu d'un seuil de 95% on adoptait un autre seuil.

On utilisera alors les facteurs de correction F suivants qui servent à multiplier l'erreur obtenue avec un seuil pour connaître celle que l'on aurait avec un autre seuil.

Tableau 20: Facteur de correction correspondent aux quelques seuils pour le sondage non exhaustif (source : [17] page 47)

Seuil	F (Facteur de correction)	1/F (Inverse du facteur de correction)
99%	1,30	0,71
95%	1	1
90%	0,84	1,19
80%	0,65	1,53

II.5.2 Sondage exhaustif

C'est un sondage dans une population dont la taille est grande par rapport à celle de l'échantillon (moins de 7 fois plus grande) ; ainsi plus de 1/7 de la population intéressée a été interrogée. Dans ce cas, le prélèvement de l'échantillon épuise en quelque sorte la population.

Les mêmes règles générales qui ont été indiquées ci-dessus sont applicables, mais les calculs deviennent plus compliqués.

On calcule d'abord l'échantillon, comme dans le cas du sondage non exhaustif. Soit n' la taille de cet échantillon et N la taille de population. La taille de l'échantillon définitif est alors

$$n = \frac{N * n'}{N + n'}$$

En reprenant l'un des exemples ci-dessus où nous avons trouvé un échantillon de 2 500 personnes (soit $n' = 2500$) et en supposant que la taille de la population à étudier ne soit que de 2500 on trouve

$$n = \frac{2500 * 2500}{2500 + 2500} = 1250$$

La taille de l'échantillon est donc réduite de moitié.

Afin de donner un ordre de grandeur de divers échantillons, on indique ci-dessous la taille de l'échantillon dans un sondage non exhaustif (Calculé dans le cas de population de 999999 personnes) pour diverses valeurs de l'erreur en valeur absolue dans le cas de seuil de confiance de 95%, 99% et 97% et pour deux types d'homogénéité de population 50-50 et 80-20.

On y voit très nettement qu'à condition de ne pas exiger un seuil de confiance supérieur à 95% et de se limiter à des taux d'erreur de 5% on aboutit à une taille tout à fait raisonnable. Si l'on se contente d'une erreur de 10% ce qui est parfois très suffisant, les échantillons sont relativement petits.

Tableau 21: Facteurs de correction correspondent aux quelques seuils pour le sondage exhaustif (source : [17])

Seuil de confiance	Répartition 50%-50%			Répartition 80%-20%		
	Erreur en + ou -			Erreur en + ou -		
	1%	5%	10%	1%	5%	10%
95%	9 513	384	96	6109	246	61
97%	16 306	663	166	10498	424	106
99%	21 576	881	220	13917	564	141

CHAPITRE III : METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DU QUESTIONNAIRE [7]

III.1 RECHERCHE PREALABLE

Le rassemblement de la documentation, la consultation des personnalités compétentes, la collecte des données énumératives utiles, ces diverses recherches peuvent révéler de la plus haute nécessité pour le bon déroulement de l'enquête.

La documentation rassemblée permet de fixer un cadre conceptuel à l'enquête que l'on désire entreprendre. Elle servira notamment à :

- circonscrire avec précision le champ de l'enquête : il faut tenir compte, le cas échéant, des recherches déjà menées sur le même objet ;
- contribuer à l'élaboration des hypothèses de travail ;
- dresser la bibliographie du sujet, qui doit figurer dans le rapport d'enquête.

III.2 DETERMINATION DES OBJECTIFS ET DES HYPOTHESES DU TRAVAIL

On ne se livre pas à un travail d'enquête pour perdre le temps, ou pour meubler ses loisirs. L'enquête possède donc une série d'objectifs se rapportant aux aspects de la population choisie que l'on désire étudier. A côté d'objectifs directs, on peut concevoir l'existence d'objectifs indirects, dont la réalisation constituera, en fait, une manière de « sous-produit ».

Dans le cadre de l'enquête sur les opportunités de gemmologie et de la lapidairerie dans la Région de Diana, l'objectif direct consiste à mieux appréhender les questions relatives aux développements de la Région de Diana par la mise en valeur des opportunités de la gemmologie et de la lapidairerie.

III.3 INVENTAIRE DES MOYENS MATERIELE POUR L'ENQUETE

Le résultat de l'inventaire, peut exercer une certaine influence sur l'objet même de l'enquête. Il importe d'examiner successivement les disponibilités en :

- **argent** (le plus important), pour notre cas, toute notre dépense nous a couté environ 1.400.000 Ariary ;
- **temps** : on ne fait pas une enquête en quelques jours, même en obligeant un personnel nombreux à se consacrer à la tâche. La précipitation n'a jamais donné de bons résultats. Il importe de dresser un calendrier (planning) suffisamment précis des opérations. En effet sans compté les tests, notre terrain nous a accaparé presque deux mois ;
- **personnel** : il faut tenir compte le côté quantitatif et qualitatif du personnel. Il est à signaler qu'un ami étudiant à la polytechnique d'Antananarivo nous a prêté main forte lors de nos travaux sur terrain ;
- **sources documentaires annexes** : celles-ci peuvent être indispensables pour l'établissement de l'échantillon, pour la formulation des hypothèses de travail, etc.;
- **moyen matériel divers** : on rattachera à ce volet le problème des moyens matériels et administratifs nécessaires pour réaliser l'enquête.

III.4 REDACTION DU QUESTIONNAIRE

Les problèmes soulevés par la confection du questionnaire sont aussi nombreux que complexes. Nous nous efforcerons surtout de présenter de la manière plus la claire possible les définitions les plus utiles, ainsi que d'indiquer les manières de procéder les plus simples.

Ainsi il s'agit:

- des recherches préparatoires ont aboutis à la formulation d'hypothèses de travail assez précises pour envisager un travail d'investigation fructueux ;
- de la décision à été prise de mener la recherche à l'aide d'un questionnaire.

III.4.1 Principe de rédaction du questionnaire

Le principe qui nous a guidés à élaborer le questionnaire consiste à faciliter au maximum son remplissage par les interviewés ; autant que possible, par des réponses au choix multiple et c'est seulement vers la fin du questionnaire que les questions ouvertes sont posées.

III.4.1.1 Style de la rédaction

Le style de la rédaction doit être clair et précis de façon à éviter toute ambiguïté dans l'esprit de l'interviewé. En guise d'illustration, demander si l'interviewé est un gros importateur de pierres précieuses s'avère une question trop générales et trop vague. Une question se rapportant à une importation dont les quantités sont classées par tranches bien définies facilitera le remplissage du questionnaire, par le choix qui est approprié pour l'interviewé.

Par ailleurs la question doit être rédigée de façon objective, et ne pas pousser l'interviewé à répondre dans le sens où on le sollicite.

III.4.1.2 Ordre des questions

L'ordre des questions doit faciliter les réponses et les rappels des questions ayant déjà fait l'objet de réponses. A cet effet, on distingue les différents éléments de question ci-après :

- les questions de prise de contact: destinées à intéresser l'enquêté ;
- les questions de mise en situation destinées à préparer les questions ultérieures ;
- les questions de transition destinées à permettre d'estomper les souvenirs évoqués par une série de questions de façon à éviter qu'ils n'influencent d'une manière non objective sur les questions ultérieures ;
- les questions d'aide à la mémorisation, on a au contraire pour but d'aider à éveiller les souvenirs ;
- les questions pour briser les barrières conventionnelles, destinées à faire tomber certains préjugés qui risquent d'amener l'enquêté à ne pas répondre franchement ;
- les questions pièges, destinées à permettre de contrôler l'exactitude de certaine réponse : elles peuvent se poser sous forme recoupée ; par exemple après avoir demandé des informations sur les diplômés d'un bijoutier, on laissera passer quelque temps et on demandera dans quelle établissement il a acquis cette formation ;
- on réserve vers la fin du questionnaire, les questions auxquelles l'enquêté acceptera le plus difficilement de répondre.

En fin pour clore, le questionnaire ne doit pas laisser l'enquêté indifférent, ainsi une demande de question ouverte est indispensable. En effet, ces informations vont permettre à des résolutions éventuelles des problématiques, les questions ouvertes peuvent concerner, entre autre, les suggestions pour améliorer les activités de l'enquêté.

III.4.1.3 Forme des questions

III.4.1.3.1 Questions à réponse unique

Ces sont les plus simples aussi les plus rependues. En général, la question ne comporte qu'une case destinée à recevoir la réponse inscrite par l'enquêteur. Dans ce cas, la présentation matérielle constitue alors un point important et des consignes précises qui doivent être données pour le remplissage du questionnaire.

Si l'on donne pour consigne de barrer les réponses qui ne conviennent pas, le questionnaire doit être présenté de la forme ci-après :

Non	Ne sais pas
-----	-------------

Par contre si l'on donne pour consigne de cocher la réponse qui convient, c'est le cas que nous avons adopté dans le questionnaire, il vaut mieux de le présenter comme ci-dessous

Oui non ne sais pas

III.4.1.3.2 Question avec un choix entre plusieurs réponses

En fait, les réponses à « oui-non-ne sais pas » sont déjà des choix entre plusieurs réponses possibles. Mais le procédé est souvent utilisé quand on ne peut espérer que l'enquête apportera une réponse précise.

En guise d'illustration, pour savoir en quelle année l'enquêté a commencé à exercer le métier, il est préférable de lui demander une autre question qui consiste à savoir en combien de temps il a exercé le métier. Dans ce cas précis la réponse consiste à cocher en guise d'exemple une des cases ci-après

Moins de 5 ans	
5 à 10 ans	
10 à 15 ans	
Plus de 15 ans	

III.4.1.3.3 Classements

On peut demander à l'enquêté de faire un choix entre plusieurs réponses en classant les réponses possibles dans l'ordre de ses préférences. Ce classement peut être effectué en affectant un numéro d'ordre aux préférences exprimées.

Des précautions sont prises pour éviter lors de l'interview que l'ordre des facteurs intervient dans le choix. On présentera donc à l'interviewé un jeu de cartes portant chacun des facteurs, en les mélangeant à chaque interviewé, de façon à ce que l'ordre soit modifié à chaque fois et on demandera ensuite à l'interviewé quel est son classement.

Il est souvent difficile de classer les unes par rapport aux autres un grand nombre de caractéristiques, aussi utilise-t-on le procédé de comparaison par paire qui consistera à demander à l'enquêté, pour chaque pair de facteurs, quelle est sa préférence. Le nombre de réponse à faire augmente très vite du fait des combinaisons de facteurs deux à deux.

Pour effectuer des classements, on a alors tendance à demander aux enquêtés de donner une note aux facteurs sur lesquels on les consulte. Le choix d'une note en valeur absolue étant parfois difficile, on a introduit depuis un certain nombre d'années l'emploi d'échelles de notation.

Le tableau n°22 ci-dessous montre un exemple de classement des caractéristiques.

Sous la forme ci-dessus, l'interviewé n'est tenté de choisir qu'à l'intérieur de chaque case, et on est ramené au problème de choix entre réponses multiples.

Pour éviter le biais dû à la présentation des facteurs dans un ordre donné, certains acteurs ont utilisé une échelle circulaire dont ils ont prouvé par expérimentation qu'elle était supérieure aux échelles linéaires. Les choix des enquêtés sont repérés par leur abscisse sur l'échelle et correspondent donc à une notation.

III.4.1.3.4 Branchement

Pour obtenir des informations plus pertinentes au niveau de certaines questions afin de mieux répondre aux objectifs visés par les travaux d'enquête, il faut dans certains cas recourir au système de branchement dans le questionnaire. Le principe de branchement consiste à orienter (« brancher ») l'interviewé, selon la réponse donnée à une question, à d'autre question pour mieux appréhender les détails. L'exemple suivit du schéma ci-dessous, extrait du questionnaire, illustre le fonctionnement du branchement

Tableau 22 : Exemple de classement sur un nombre de caractéristiques

Classement \ Caractéristique	Très important	Important	Moyennement important	Pas Important	Pas Important du tout
Formation sur la gemmologie et Lapidairerie					
Equipement et appareil					
Avoir des appareillages compétitifs					
Avoir des travailleurs spécialisé					

- i) énoncé de la question i
 Oui (passer à la question ia) Non (passer à la question i+1)
- ia) énoncé de la question ia (choix entre plusieurs réponse ci dessous)
 (.....) (.....) (.....)
- ib) énoncé de la question ib (choix entre plusieurs réponses ci dessous)
 (.....) (.....) (.....) (.....)
- (i+1) énoncé de la question i+i

Pour une meilleure compréhension, ces séquences de questions peuvent être schématisées comme suit :

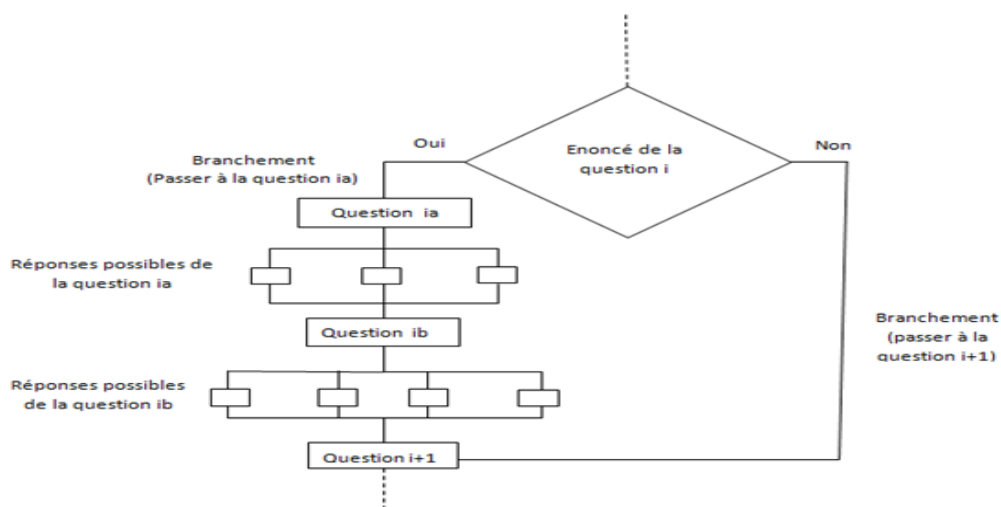


Fig. 26: Schéma du principe de questionnaire par branchement

III.4.1.4. Test du questionnaire

Le test du projet de questionnaire est une étape cruciale pour le bon déroulement des travaux d'enquête proprement dits. A cet effet, il a pour objectif d'évaluer dans son ensemble son efficacité à travers entre autres la facilité de compréhension, le degré d'acceptabilité; la facilité de compréhension, le degré d'acceptabilité ; la facilité d'interprétation et la cohérence globale de la séquence des questions.

Le questionnaire est soumis à un nombre restreint d'individus répondant aux caractéristiques exigées des membres de la population d'enquête. Leur nombre ne doit pas être très élevé : une dizaine de personnes environ. Il faut veiller cependant à ce que ce petit groupe ne soit pas trop homogène. Pour notre cas, par souci d'économie financière, le test a été effectué, pour les petits exploitants à Antsiranana lors de passage de ces derniers pour vendre leurs produits.

Compte tenu des niveaux d'instruction très disparates de la population d'enquête, pouvant aussi constituer un obstacle majeur dans la communication entre les personnes à interviewer et celle qui assurent l'enquête, nous avons délibérément rédigé en dialecte local les questionnaires destinés aux petits exploitants et aux collecteurs des produits miniers au niveau d'Ambondromifehy et de Tetezambato.

Au cours du test, il s'agit de vérifier notamment :

- si les termes utilisés sont facilement compréhensibles et dépourvus d'équivoques : c'est le test de la compréhension sémantique du questionnaire. La moindre difficulté de compréhension doit automatiquement entraîner une correction ;
- si l'ordre des questions ne suscite aucune réaction au niveau de la cohérence globale ;
- si la forme des questions utilisées permet bien de recueillir les informations souhaitées ;
- si le questionnaire n'est pas trop long, et ne provoque pas le désintérêt ou l'irritation des enquêtés ;
- s'il n'est pas nécessaire de démultiplier certaines questions, d'introduire des redondances pour être plus explicite ;
- si les textes d'introduction et de liaison sont suffisants et efficaces.

III.4.1.5 Rédaction du questionnaire définitif

Lors de la rédaction du questionnaire définitif, il faut s'efforcer de tenir compte au maximum des enseignements tirés du test. Rappelons que cette rédaction peut être la dernière d'une longue série de projets successifs. En matière de questionnaire, la précipitation ne peut être qu'une mauvaise conseillère. C'est pour cette raison qu'il faut toujours se donner des délais suffisants pour mener à bien les différentes étapes de la réalisation d'une enquête.

Les problèmes suivants doivent être résolus :

- rédaction définitive des questions, des textes d'introduction et de liaison ;
- détermination de l'ordre optimale de succession des questions, et au besoin, introduction des redondances nécessaires, etc. ;
- mise en page finale : typographie, présentation graphique, format, etc. ;
- détermination des moyens d'introduction du questionnaire auprès des répondants ;
- pré-codage : dans certain cas, on souhaite préparer l'exploitation future de questionnaire en indiquant un regard sur chaque possibilité de réponse l'élément du code dans lequel cette possibilité sera traduite lors du dépouillement.

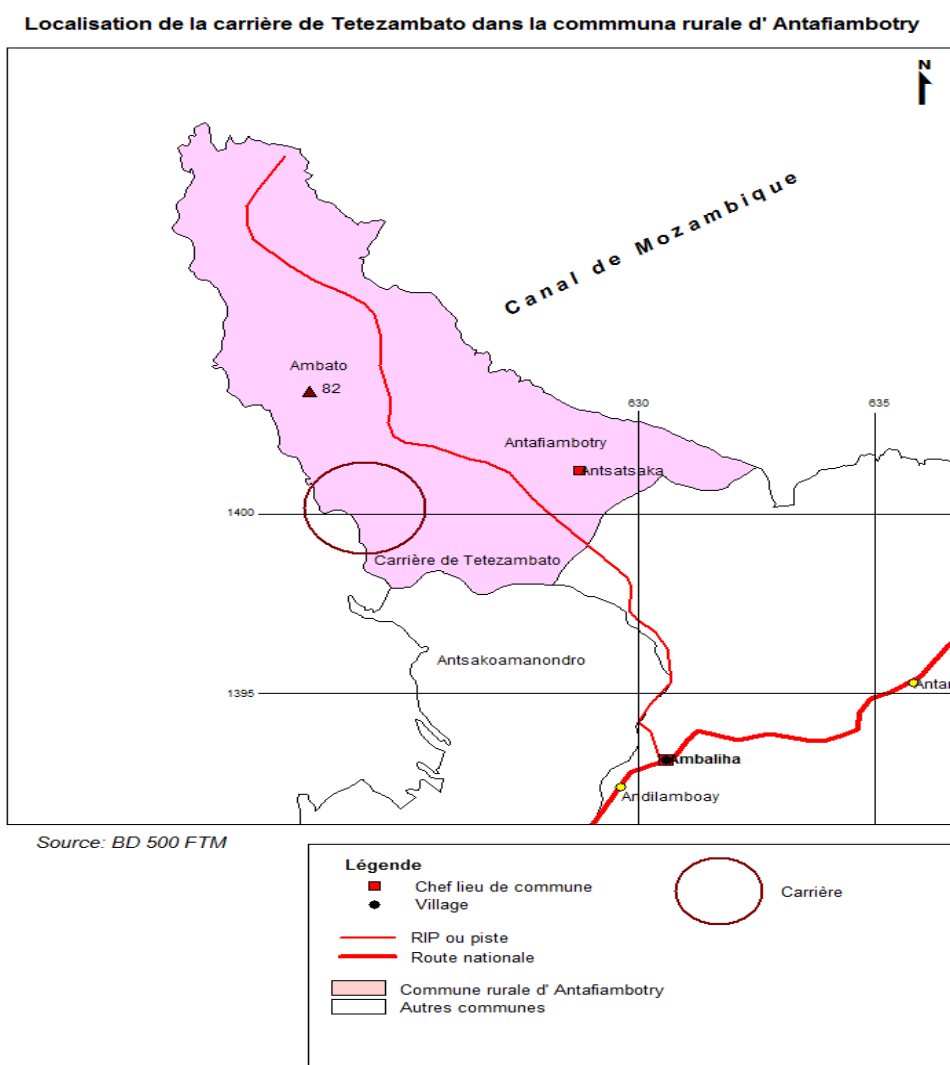
CHAPITRE IV : EXPLOITATION DES RESULTATS

IV.1 POPULATION CIBLE: COLLECTEUR ET PETITS EXPLOITANTS

IV.1.1 Généralité

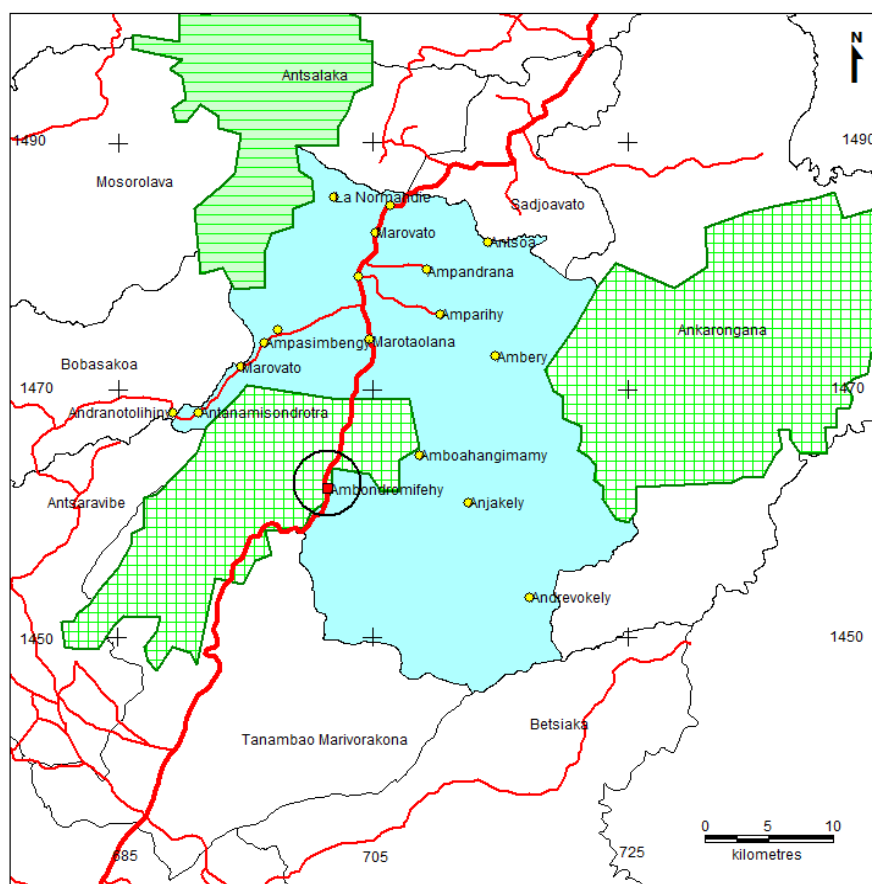
La descente sur terrain a montré que les populations sont très hétérogènes, et sont composées d'artisans issus de toutes les régions de Madagascar, d'ailleurs en perpétuel mouvements à la recherche des nouveaux sites plus attrayants. L'autorité locale, à travers le District d'Ambanja, parle d'une ruée de plusieurs milliers de personnes impliquées directement ou indirectement dans les activités d'exploitation et de collecte au niveau de Tetezambato au cours de juin 2009.

Nous avons pris un échantillon chez les petits exploitants de 75 personnes à Tetezambato et de 25 à Ambondromifehy, car la population au niveau de ce dernier a nettement diminué en faveur de l'autre et de 50 chez les collecteurs. La localisation de ces deux sites est illustrée par les cartes n°8 et n°9

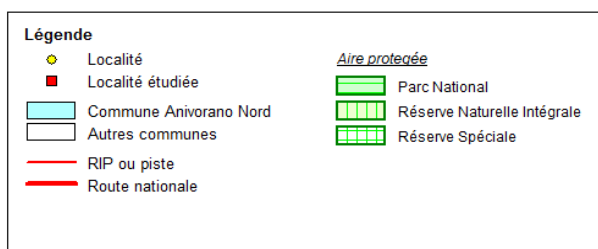


Carte 8 : Carte de localisation de Tetezambato dans le District d'Ambanja (Source: BD 500 FTM et arrangement de l'auteur)

Localisation du site d'Ambondromifehy dans la commune rurale d'Anivorano Nord



Source: BD 500 FTM



Carte 9 : Localisation de la carrière d'Ambondromifehy (Source : BD500 FTM et arrangement de l'auteur)

IV.1.2 Difficultés rencontrées lors de l'enquête

Durant les travaux sur terrain, plusieurs contraintes ont été remarquées :

Pour cette population cible, l'accessibilité au terrain est très déplorable d'autant plus que les infrastructures y sont quasi inexistantes. L'équipe a dû se rendre au milieu du site d'extraction car ses artisans ne rentrent au village que très tard, le soir. Par ailleurs, certains exploitants n'appréciaient pas notre passage dans leur chantier par crainte de devoir restituer à l'Etat leur parcelle d'exploitation. Faute de culture de sondage au cours de leur vie quotidienne, les opérateurs se méfient parfois des questions posées.

Comme la montre la carte, pour le cas d'Ambondromifehy, les sites d'exploitation se situent dans des zones d'aires protégées. Cela devient une situation embarrassante qui nuit beaucoup à l'environnement.

IV.1.3 Inventaire et interprétation des questionnaires

Q1 : La question a pour but d'identifier l'activité des enquêtés, c'est-à-dire collecteur ou petit exploitant.

Q2 : La question vise à évaluer si l'enquêté se consacre pleinement à l'activité qu'il exerce; le résultat a montré que presque tous les enquêtés ont répondu négativement à cette question.

Q 2a : Cette question a un rapport avec la question Q2 et a pour but de définir l'existence éventuelle autre activité de l'enquêté.

Les quelques réponses obtenues (7 parmi les 100 enquêtés) semble s'articuler autour du petit commerce dans le village près du site d'exploitation.

Q3 : Cette question a pour but d'évaluer la ou les raison(s) pour la quelle l'interviewé exerce le métier

Tableau 21: Raison des choix des Population « collecteur » pour leur métier

	Nombre	%
Passion pour le travail	5	10
Travail lucratif	44	88
Autre (à préciser)	1*	2
Total	50	100

*L'enquêté a répondu « juste pour apprendre le métier »

Tableau 22: Raison des choix des Population « petit exploitant » pour leur métier

	Nombre	%
Passion pour le travail	7	7
Travail lucratif	86	86
Autre (à préciser)	7	7
Total	100	100

Il a été remarqué que la tendance est pour des fins lucratives dans la majorité des cas (soit plus de 85% pour chacune des populations cibles).

Q4 : La question vise à obtenir les informations sur la durée pendant laquelle l'interviewé à exercé le métier afin de pouvoir évaluer l'expérience de l'enquêté dans son activité.

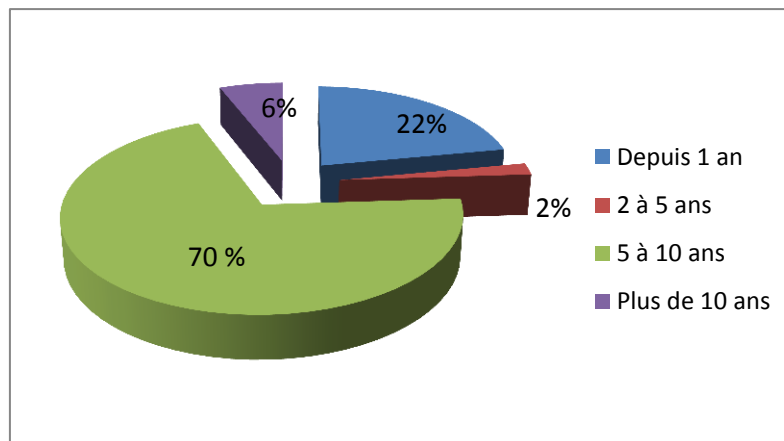


Fig. 27 : Répartition de l'ancienneté dans le métier chez les collecteurs

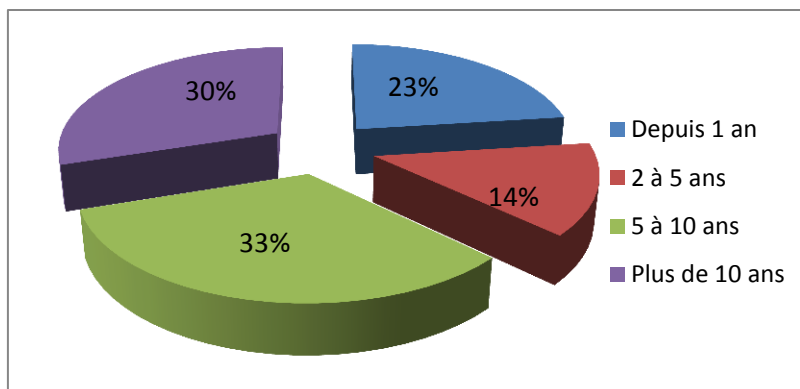


Fig. 28 : Répartition de l'ancienneté dans le métier chez les petits exploitants

Si la population « collecteur » présente majoritairement une expérience de 5 à 10ans (environ 35%), les petits exploitants affichent en majorité une population ayant plus de 5 ans d'expérience (environ 63%) avec une part non négligeable de nouveaux arrivés attirés par des richesses faciles.

Q5 : Cette question est réservée à la tranche de population ayant plus de 2 ans d'activité et a pour but de tracer le parcours de l'enquêté à travers le pays par rapport à son activité en tant que collecteur ou petit exploitant.

La question concerne donc 67% de l'échantillon des petits exploitants et 88% des collecteurs.

Pour mieux cerner la question, la réponse concerne les sites autres que celui où l'interviewé exerce au moment de l'enquête

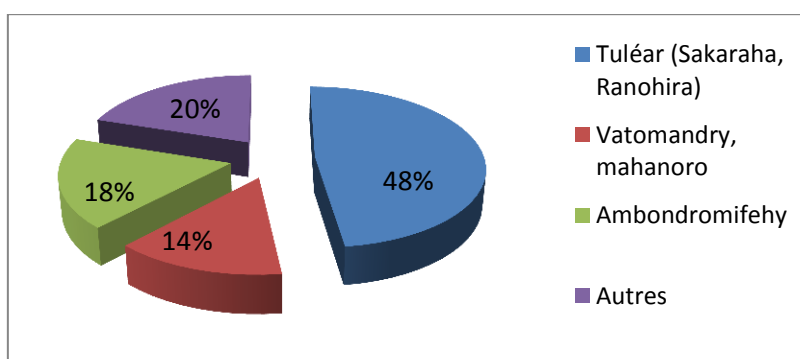


Fig. 29 : Parcours de la population « Collecteurs »

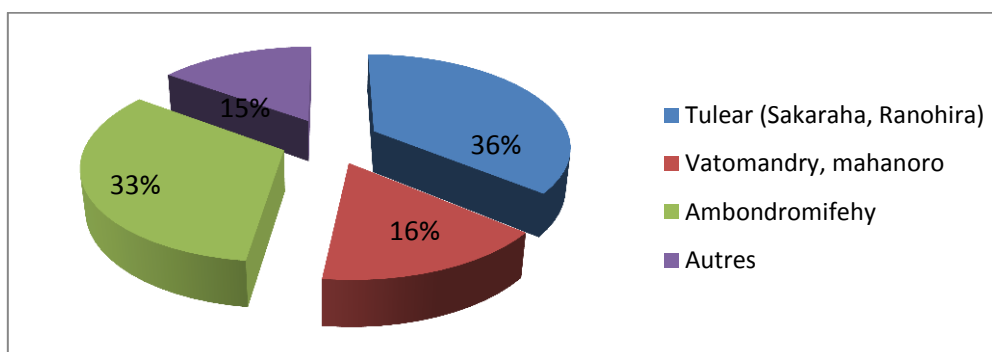


Fig. 30 : Parcours de la population «Petits exploitants»

Pour ces deux cas il est remarqué qu'en majorité, la plupart de ces personnes ont déjà vécu dans l'axe sud de Madagascar (48% des collecteurs et 36% de petits exploitants), d'ailleurs, le site d'Ambondromifehy n'est pas en reste (18% et 33%).

Q6 : Ces questions concernent exclusivement la population des « Petits exploitants ».

Q6a : La question permet de définir les acheteurs potentiels des produits miniers auprès des petits exploitants

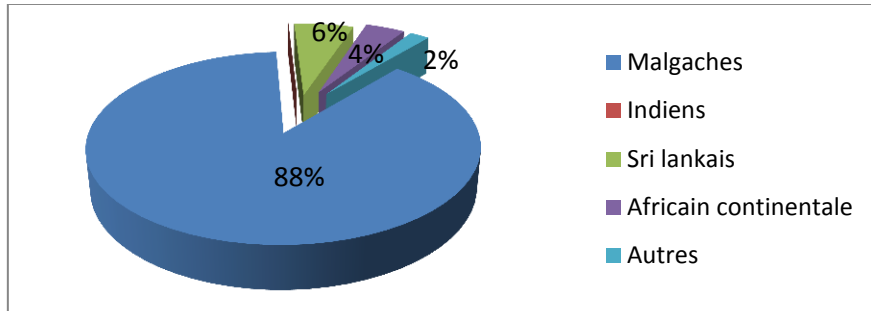


Fig. 31: Nationalité de l'acheteur

Il est à souligner que les acheteurs, c'est-à-dire les collecteurs sur place, sont plutôt de nationalité malgache (environ 88%).

Q6b : Cette question vise à déterminer les localités au niveau desquelles s'effectuent les transactions entre les petits exploitants et les collecteurs pour la vente des produits miniers.

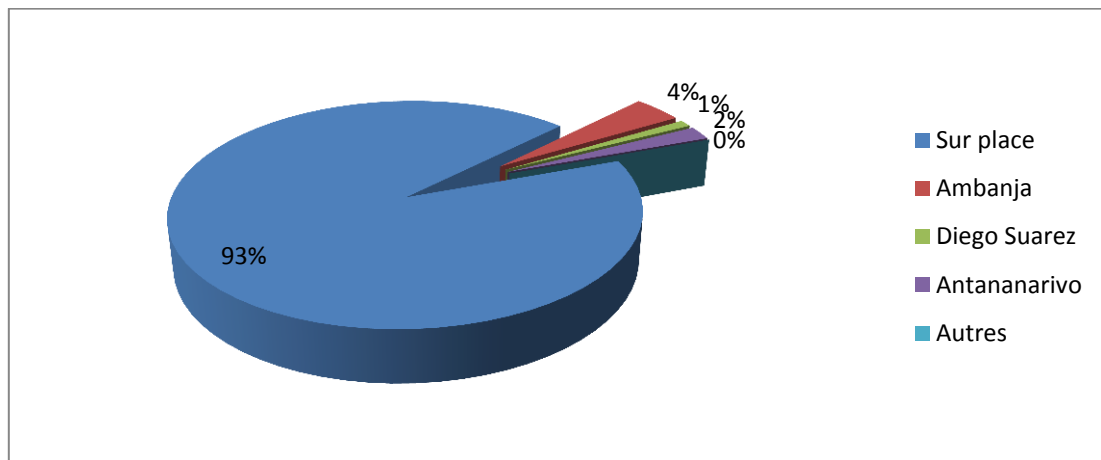


Fig.32 : Lieu de vente des produits des exploitants

On remarque que la plupart, soit 93% des produits des petits exploitants se vendent sur place

Q6c : La question a pour but de savoir si les petits exploitants connaissent les valeurs marchandes de leurs produits

Pour cette question, les enquêtés ont massivement répondu par la négative, soit 87%.

Q6d : La question vise à savoir qui, d'une manière générale, détermine le prix des produits lors de la transaction

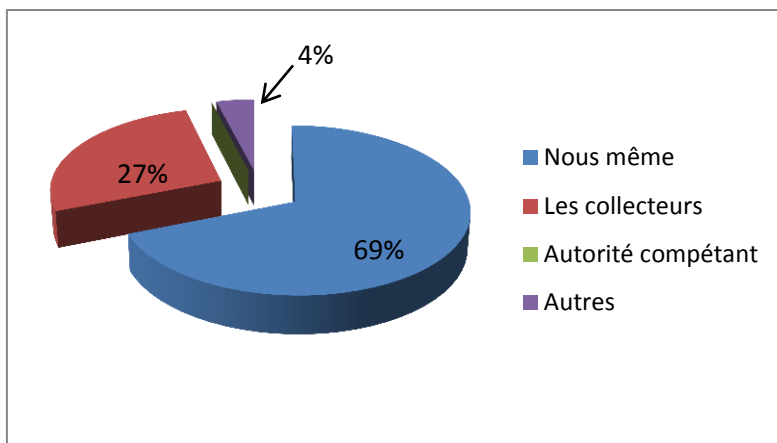


Fig. 33: Personne qui, en général, détermine le prix de brut

Q6e : La question a pour but de savoir si les petits exploitants se sentent parfois abusés par les collecteurs.

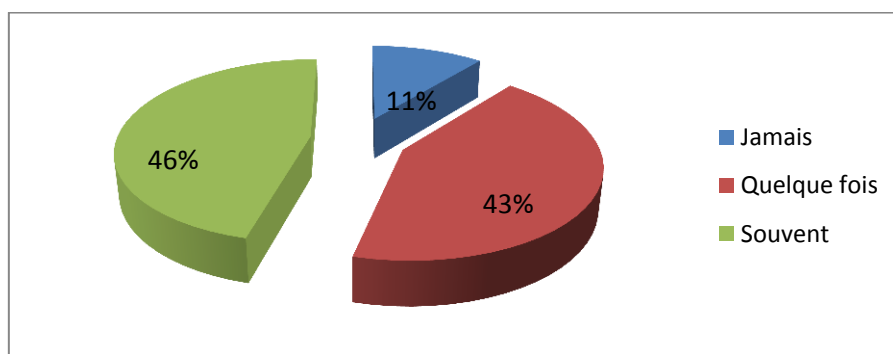


Fig. 34: Proportion des exploitants abusés

L'analyse des réponses aux questions 6d et 6e qui, à priori s'avère en contradiction ne fait que renforcer les résultats qui devraient aboutir aux termes du traitement de ces deux questions. En effet, ce constat prouve que la majorité des exploitants sont loin de maîtriser les prix de leurs produits et se laissent facilement exploiter par certains collecteurs, car 89% se sentent déjà leurrés par ces derniers dans leur transaction.

Q6f : Cette question vise à savoir si les interviewés sont en mesure de déterminer eux-mêmes les substances minières qu'ils extraient du sous-sol.

Nous avons pu constater que la plupart des interviewés sont incapables d'identifier leurs produits.

Q6g: La question a pour but de savoir si leurs activités sont rentables.

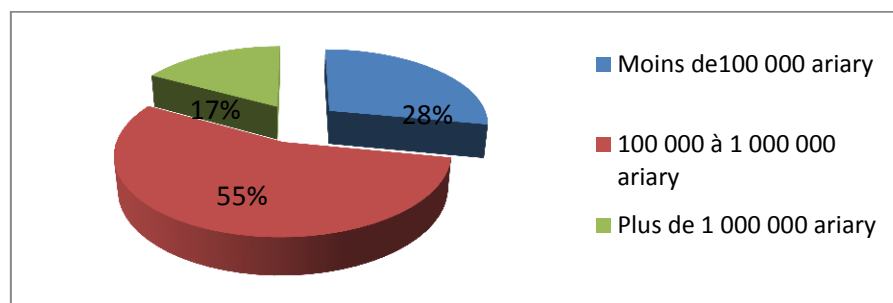


Fig. 35: Revenu mensuel des petits exploitants

Seuls 17% des petits exploitants gagnent mensuellement plus de 1 000 000 Ariary. Force est de constater que plus de la moitié arrivent à avoir un gain mensuel de plus de 100 000 Ariary sans toutefois dépasser 1 000 000 Ariary. Une analyse plus approfondie a montré que les 17 % les mieux favorisés sont ceux qui ont déjà des expériences en la matière dans les autres sites des différentes régions du pays.

Q6i : Cette question à choix multiple nous a permis d'évaluer les principaux problèmes rencontrés par les petits exploitants dans le domaine social entre autres la sécurité, l'hygiène, l'eau potable.

Le plus grand souci des petits exploitants concerne le problème de l'eau potable qui préoccupe plus de 85% des interviewés. Cette préoccupation est suivie de près par le problème relatif à la santé (79%) et celui de l'insécurité (70%). Les problèmes classés à la rubrique "autres" sont évalués à 55%.

Q7 : La question concerne uniquement les collecteurs.

Q7a : Cette question nous permet de viser deux objectifs dont le premier consiste à obtenir, à travers une question à choix multiple, leurs avis sur la quantité, la qualité et le prix des produits collectés. Le deuxième but nous permet d'établir une corrélation entre les réponses des petits exploitants (question 6^e) et ceux des collecteurs sur le prix appliqué lors des transactions.

Cette question à choix multiple a révélé des situations plus que surprenantes. En effet, le graphique de la figure 36 ci-dessous nous révèle qu'en majorité, les collecteurs ne sont satisfaits ni au niveau de la qualité (76%) de produit ni au niveau de sa quantité (74%). Cependant, leur satisfaction se révèle au niveau du prix. Cette situation ne fait que confirmer les analyses effectuées au niveau de la question Q6e qui montrent que les petits exploitants sont effectivement abusés par les collecteurs dans leur transaction.

Q7b : La question vise à savoir si les collecteurs sont assujettis à un quelconque impôt ou taxe dans leur activité.

Cette question semble décisive car aucun des collecteurs n'a donné une réponse positive à cette question.

Q7c : La question a pour but de déterminer la destination des produits des petits exploitants.

Les interviewés ont massivement répondu que la plus part de ces derniers vont alimenter le marché national bien que nous ne sommes pas sans savoir que la majeure partie de ces produits finiront dans les marchés du monde entier, ce qui suppose qu'il y a d'autres repreneurs de ces produits pour les marchés internationaux. Cette deuxième chaîne d'écoulement des produits est probablement assurée par des étrangers, car lors de notre descente sur terrain, la majorité des collecteurs sont des nationaux et seuls quatre sont des étrangers, qui malheureusement n'ont pas voulu coopérer au remplissage du questionnaire.

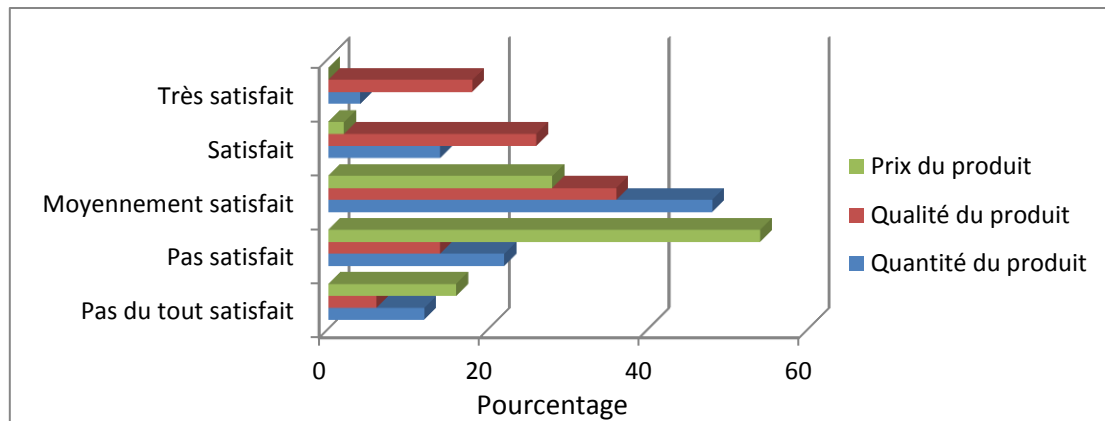


Fig. 36 : Niveau de satisfaction des petits exploitants

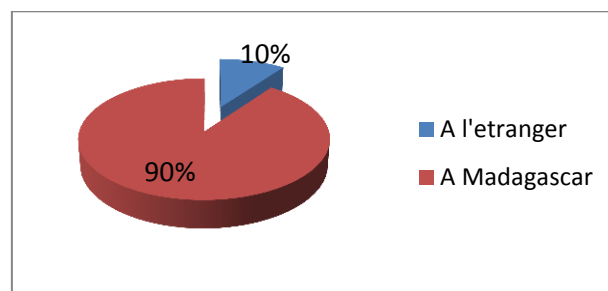


Fig. 37: Destination des produits

Q7d : Pour mieux faire participer les interviewés, une question ouverte leur est posée sur les problèmes ressentis par chacun d’eux-mêmes, voire sur des revendications.

Certaines réponses à cette question sont retenues lors des propositions des solutions dans le paragraphe concerné du présent mémoire.

IV.2 POPULATION CIBLE : LAPIDAIRES ET BIJOUTIERS

IV.2.1 Généralité

Cette population est très hétérogène, le sondage est exhaustif car, selon le tableau statistique fourni par l’INSTAT, il existe 26 lapidaires et bijoutiers légaux dans toute la Région de Diana et ce depuis 1970 jusqu’à 2008.

Nous avons considéré 50 échantillons de lapidaires et de bijoutiers confondus. Cependant, pour les lapidaires seulement 10 échantillons ont été pris car il n’en existe, selon toujours l’INSTAT que 2 dans l’ensemble de la Région de Diana. Outre les deux lapidaires sus-mentionnés, il à souligner qu'il y a d'autres lapidaires non formels.

Ainsi, la taille de l’échantillon acceptable est donc exprimée par la formule donnée au chapitre II, paragraphe V :

$$n = \frac{N * n'}{N + n'} \quad , \text{ soit } n = \frac{26 * 50}{26 + 50} = 17,10$$

Un échantillon de 18 individus est donc déjà significatif

IV.2.2 Difficultés rencontrées lors de l'enquête

- La plupart des bijoutiers sont très réservés, quand l'équipé les a interrogés ;
- certaines questions n'ont reçu aucune réponse, notamment sur les questions d'ordre financière, sur la quantité de produit brut ou encore sur la fiscalité. Dans ce cas, il a fallu carrément changer de projet de questionnaire;
- aucun de nos interlocuteurs n'a accepté que leurs locaux soient pris en photo ;
- plusieurs bijoutiers sont inscrits sous le même sigle ;
- les bijoutiers sont en même temps, dans la plupart des cas, bijoutiers, sertisseurs, lapidaires et même des fois graveurs ; ces métiers qui exigent des spécialisations avancées et des études poussées de quelques mois, voire quelques années.
- Les bijoutiers et lapidaires sont confrontés à des sérieux problèmes de concurrence déloyale de la part des vendeurs ambulants et à la sauvette qui ne payent pas d'impôts délibérément (Cf. fig. 38).



Fig. 38: Kiosques des bijoutiers et réparateurs de bijoux ambulants longeant les rues vers Bazary kely à Antsirana (Source : Auteur)

IV.2.3 Inventaire et interprétations des questionnaires

Q1 : Cette question a pour but d'identifier l'interviewé.

Q2 : La question dévoile l'expérience des enquêtés dans le métier, élément très important, car elle assure la qualité du produit fini.

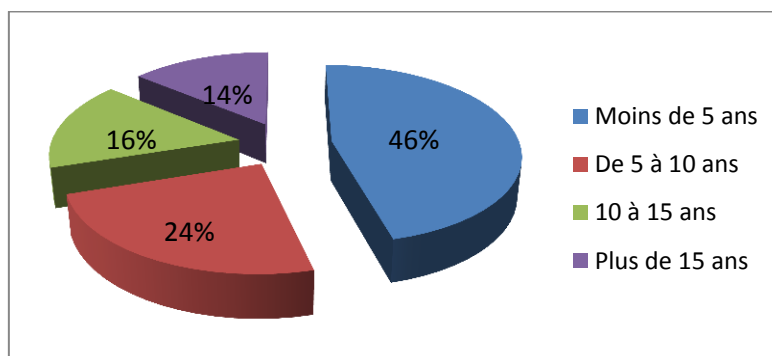


Fig.39 : Répartition de l'expérience de l'interviewé

La tendance semble confirmer les données statistiques délivrées par l'INSTAT, car la plupart des sociétés concernées ont moins de 10 ans d'existence (soit près de 70%). Cette constatation nous permet d'affirmer que cette activité semble récente.

Q3 : La question permet d'évaluer si l'interviewé se consacre entièrement à son activité

La question permet de savoir si l'interviewé, outre son activité principale, exerce d'autre activité secondaire.

Tableau 23 : Répartition de niveau d'intéressement

	Nombre	%
Oui	5	10
Non	45	90
Total	50	100

Seuls 10% des interviewés exerce d'autre activité contre 90% qui consacrent tout leur temps à leur activité principale.

Q3a : Cette question dit de type branchement dépend de la question précédente. Elle ne concerne que les 10% de la population principale de la question Q3

En dépit de l'existence d'autre activité secondaire, force est de constater que 70% ont répondu que la bijouterie et/ou lapidairerie englobe plus de la moitié de leur activité principale.

Q3b : Toujours dans ce même type de question, il est intéressant d'essayer de savoir, avec le peu d'individus concernés, le secteur de leur seconde activité. Il a été remarqué que 60% ont répondu qu'ils sont dans le commerce une constatation attendue, car notre population est essentiellement composée d'indo pakistanais réputés pour leur culture mercantile. Ces capacités peuvent être utiles dans la vente des produits finis auprès des bijouteries et Lapidaireries.

Q4 : Cette question a pour but de retracer si l'interviewé a suivi une quelconque formation relative à son métier.

Il est constaté que 94% ont répondu par la négative à cette question cruciale.

Tableau 24 : Existence de formation suivie par l'interviewé sur le métier

	Nombre	%
Oui	3	6
Non	47	94
total	50	100

Q5 : La question concerne ceux qui ont répondu favorablement à la question précédente et a pour but d'obtenir des informations plus pertinentes sur le même sujet.

Suite aux réponses à la question posée, tous les concernés ont appris le métier à l'étranger, plus précisément en Inde.

Q6 : La question concerne les 47 enquêtés qui ont répondu non massivement à la question Q4.

La figure 40 nous indique que 83% des interviewés ont appris le métier à travers la transmission des expériences de leurs parents par la formation sur le tas. Ce constat nous permet de justifier l'implantation d'établissements de formation en gemmologie et en lapidairerie dans la Région de Diana.

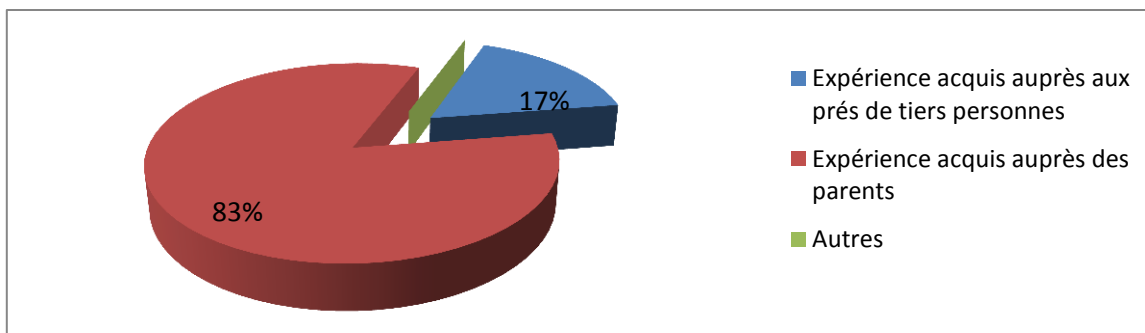


Fig. 40 : Source de l'expérience de l'interviewé

Q7 : Cette question vise à obtenir les informations pertinentes sur la priorité des interviewés afin de mieux rentabiliser leur métier.

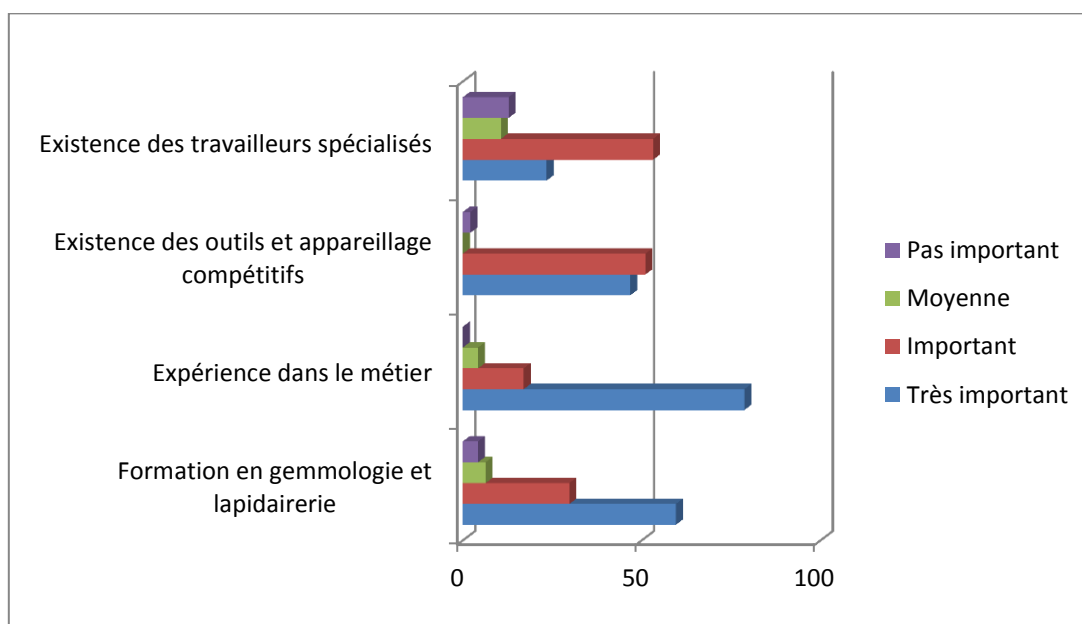


Fig. 41 : Priorités pour les lapidaires et bijoutiers

Cette figure nous renseigne que, dans la plupart des cas, il a pu être dégagé que les enquêtés ont massivement répondu « important » et « très important » (pas moins de 76%) parmi toutes les propositions. Toutefois, il est à remarquer que les expériences dans le métier constituent la priorité des interviewés, suivies de près par la formation sur le métier.

Q8 : Cette question a pour but d'avoir une idée sur la source d'approvisionnement en matières premières des interviewés. En effet, il est important de savoir si les sites existants à eux seuls peuvent satisfaire les besoins en matières premières des bijoutiers et des lapidaires de la région.

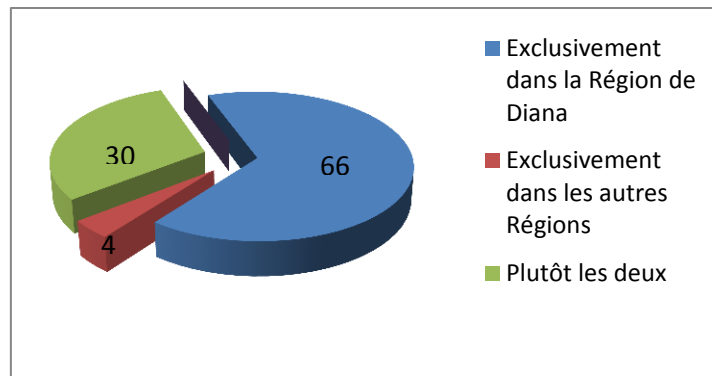


Fig. 42 : Source d'approvisionnement

Les réponses obtenues révèlent la forte potentialité des sites de la région. En effet, plus de la moitié, soit 66% des matières premières sont approvisionnées à partir de ces sites.

Q9a : Cette question vise à obtenir des informations plus détaillées sur les raisons pour lesquelles certains bijoutiers et lapidaires s'approvisionnent ailleurs en matière première.

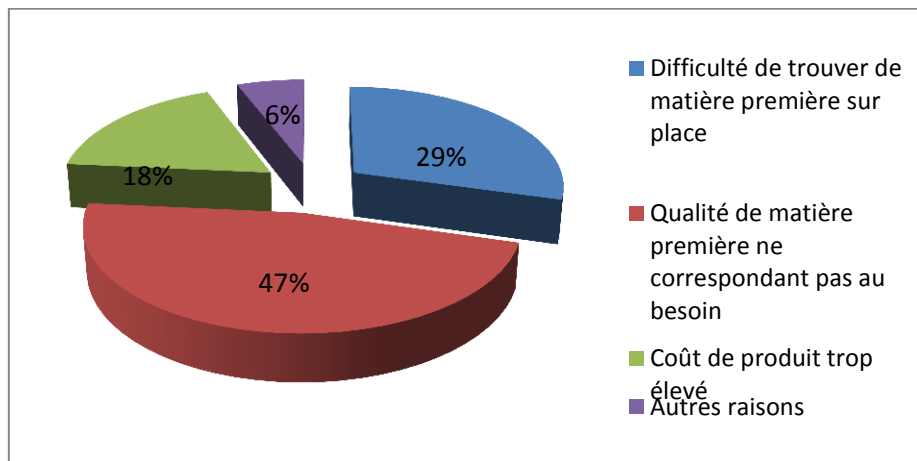


Fig. 43: Raison d'approvisionnement en matières premières dans d'autres localités

La qualité ne répondant pas aux exigences en termes d'intrants et la difficulté de trouver de les acquérir sur place constituent les deux principales raisons de s'approvisionner ailleurs.

Q9b : La question vise à évaluer d'une manière indicative l'ampleur de la quantité provenant des localités hors de la Région.

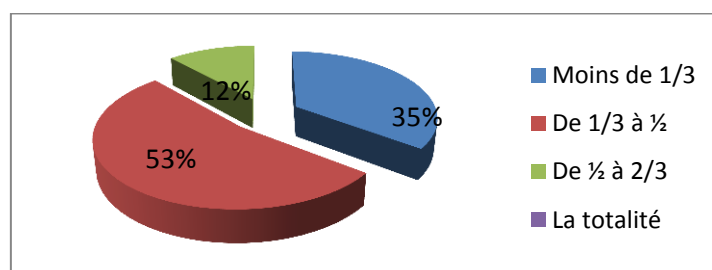


Fig. 44: Quote-part des quantités de produits provenant d'autres localités

Pour ceux qui ont recours à l'approvisionnement dans d'autres localités pour le besoin de leurs produits, il a été constaté que cette dépendance se situe en dessous de la moitié de leurs besoins pour 88% des interviewés.

Q10 : Si la plupart de pierres brutes ne sont pas destinées au marché interne de la Région, il faut se demander à quel marché profitent les produits des ces bijoutiers et lapidaires.

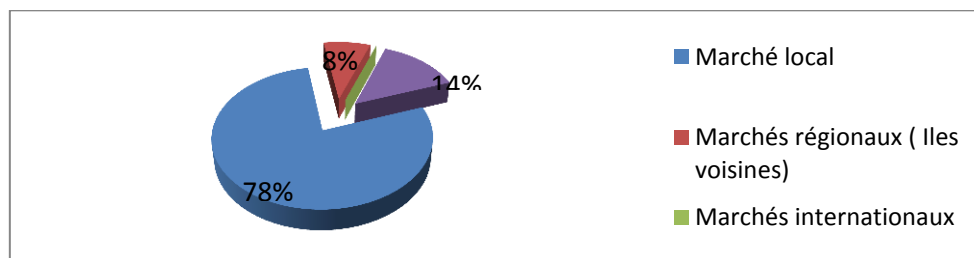


Fig. 45: Destination des produits finis

La figure nous révèle que la quasi-totalité de produits sont destinés au marché interne de la région (78 %). Les interviewés soulignent la difficulté des formulaires à remplir et des longues procédures requises pour l'exportation. Cependant, nous pensons que les exigences en termes de normes et de qualité des produits exporter constituent la faible proportion de a part de l'exportation. Si tel est le cas, l'existence d'établissement de formation en gemmologie et en lapidairerie s'avère plus qu'indispensable pour pallier ce problème.

Q11 : La question vise à évaluer, d'une manière générale, les différents éléments pouvant constituer un obstacle dans la bonne marche de leur activité.

Le bilan fait apparaitre que les interviewés semblent rencontrer peu de difficultés par rapport aux questions judiciaires et fiscales. Par contre, l'existence du secteur informel favorise la concurrence déloyale et constitue un handicap majeur pour la bonne marche de leur activité. Le manque de clients fortement ressenti par les interviewés est, à notre avis, la conséquence directe de la concurrence déloyale engendrée par l'existence d'une quantité non négligeable des marchands ambulants de bijoux éparpillés un peu partout dans la région.

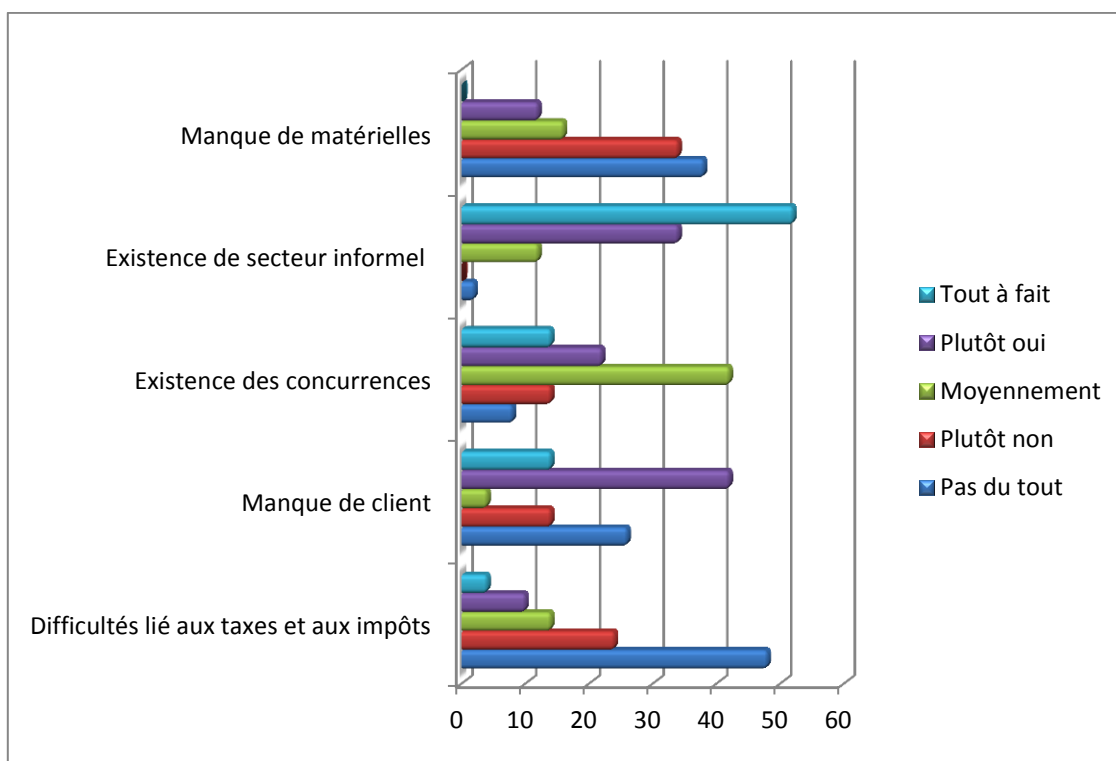


Fig.46 : Différents éléments pouvant constituer un obstacle pour les interviewés

IV.3 POPULATION CIBLE : AUTORITE LOCALE

IV.3.1 Généralité

La Région de Diana comporte 5 Districts et 52 communes. Dans le souci de représentativité de l'échantillon, notre cible se concentre dans les districts, communes et les fonkontany (Ambaliha et Ambondromifehy) concernés directement par les ruées. Ainsi nous avons pris un échantillon de 12 individus (dont 5 districts, 3 communes rurales, 2 communes urbaines et deux fonkontany).



Fig. 47 : Illustration de bureau de fonkontany sise à Ambodrmifehy (Source : Auteur)

IV.3.2 Difficultés rencontré lors de l'enquête

Nous avons constaté que les autorités locales ne sont pas suffisamment informées par les textes et la législation régissant les activités minières, d'autant que les sites d'exploitation sont parfois situés dans des zones protégées. D'ailleurs, des litiges existent souvent entre les autorités locales et les structures déconcentrées du ministère des mines.

Par ailleurs, la population est mal recensée étant donné que cette dernière est toujours en déplacement permanent. L'accès aux fonkontany où se trouvent les sites est souvent difficile dû au manque d'infrastructures adéquates (traversée des rivières à cause de l'inexistence de ponts...).

Enfin, les exploitants n'ont pas reçu des formations suffisantes sur la sécurité à respecter relative à l'extraction des substances minières et risquent leur vie dans des trous de rat. D'ailleurs, ils souffrent de manque de moyens pour réaliser l'extraction.



Fig. 48: Des puits creusés côte à côte envahis par l'eau de mer dans le site de Tetezambato (source : auteur)

IV.3.3 Inventaire et interprétation des questionnaires

Q1 : La question vise à identifier la nature et l'identité de l'autorité locale.

Q2 : Les interviewés sont questionnés d'une manière générale sur le niveau de vie de leur population.

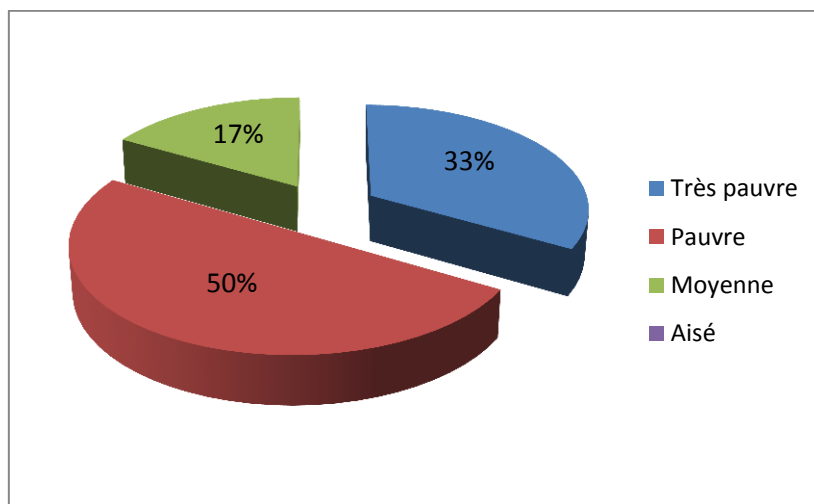


Fig. 49: Répartition de niveau de vie de la population

Le résultat du traitement des données nous révèle qu'en dépit de la richesse naturelle existante, la majorité de la population de l'échantillon étudiée vivent en dessous du seuil de la pauvreté.

Q3 : A travers cette question, nous avons voulu évaluer le caractère de la pauvreté.

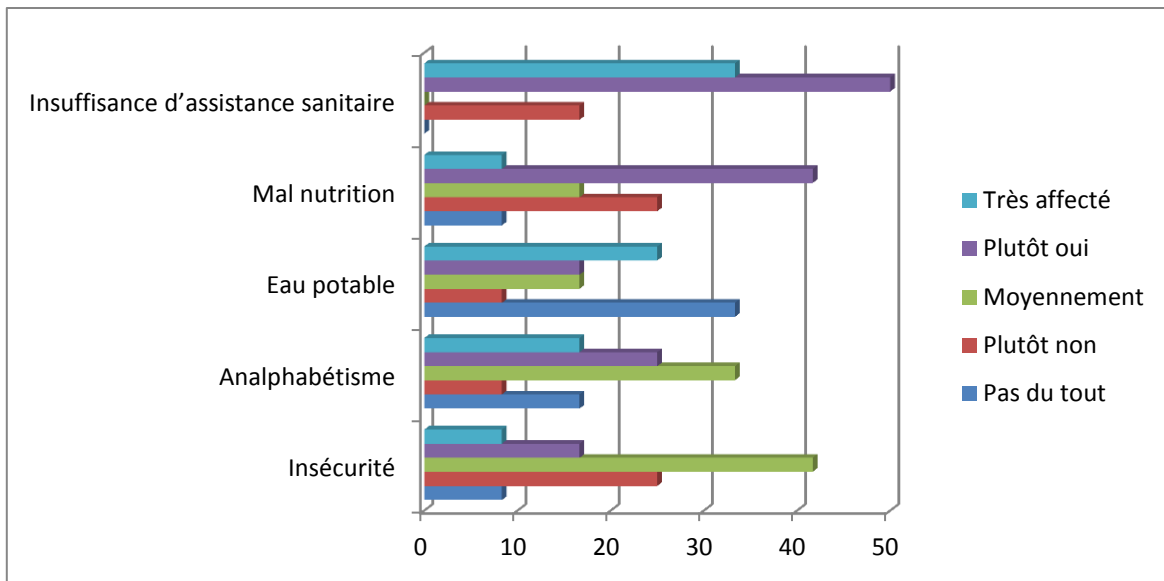


Fig. 50: Caractère de la pauvreté de la population

Il a été constaté à travers la figure 49 ci-dessus que le problème sanitaire et la mal nutrition constituent les principaux paramètres caractérisant la pauvreté de la population des sites d'exploitation anarchique des produits miniers de la Région de Diana.

Q4 : Cette question vise à savoir si les autorités locales arrivent à résoudre eux-mêmes les problèmes de leur population. Cette question a été à dessein posée, car compte tenue de l'immense potentialité de richesse existante dans ces localités, de tels problèmes pourraient être atténués à travers une meilleure organisation. Il est regrettable que les réponses obtenues ne soient pas en mesure d'apporter des solutions espérées. En effet, 100% des autorités locales sont plus ou moins de même avis en ce qui concerne leur impossibilité de résoudre les problèmes cruciaux de leur population. D'ailleurs nous nous attendons déjà à de telles réactions de la part de ces autorités locales.

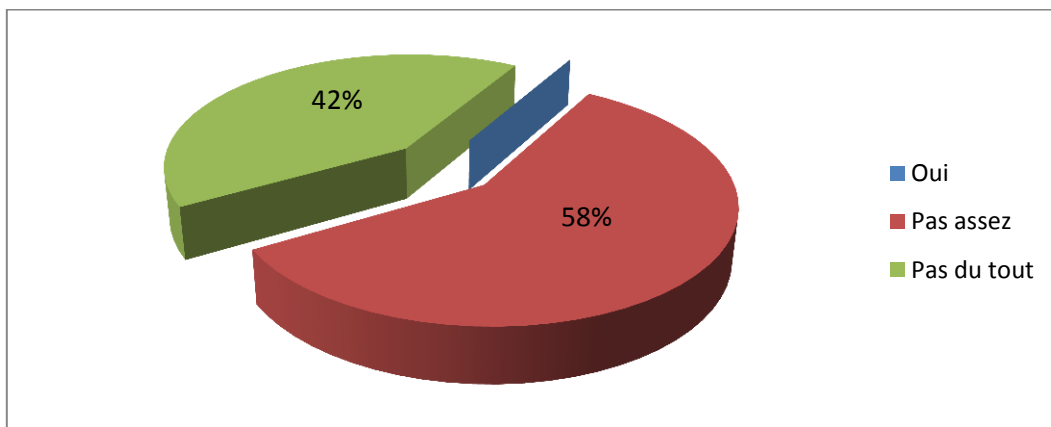


Fig. 51 : Répartition de l'insatisfaction globale

Q5 : Cette question veut dégager les principales raisons de cette incapacité à subvenir aux besoins les plus élémentaires de cette population.

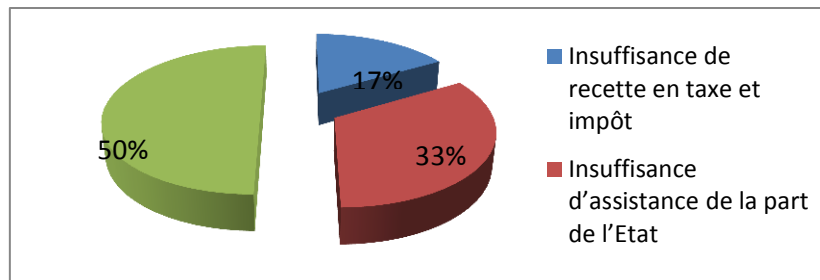


Fig.52 : Raisons d'incapacité des autorités locales à résoudre les problèmes sociaux de leur population

Les informations relatives à cette question sont bien illustrées par la figure ci-dessus.

Q6 : Cette question à choix multiple vise à déterminer l'activité ou les différentes activités qui préoccupent la population dans ces localités.

La figure n°52 ci-dessous indique que la population est plutôt accaparée par les activités liées au tourisme. En effet, une forte proportion des activités liées au tourisme sont exercées à plus de 80 % (somme de "activité fortement et très fortement exercée") comme activité principale. Cette activité est talonnée de près à plus de 60% par le commerce et les cultures vivrières. D'après notre constatation, ces deux premières activités sont toutes des activités du secteur tertiaire et sont les conséquences directes inhérentes dans les localités où ont lieu les ruées vers les gisements des pierres précieuses ou pierres fines dans les pays en voie de développement.

Q7 : Cette question vise à savoir si ces autorités locales pensent qu'une meilleure gestion des activités minières et des partages des taxes et impôts y afférents peut améliorer leur problème social.

Le tableau récapitulatif ci-dessous révèle des résultats très expressifs ne nécessitant plus de commentaires.

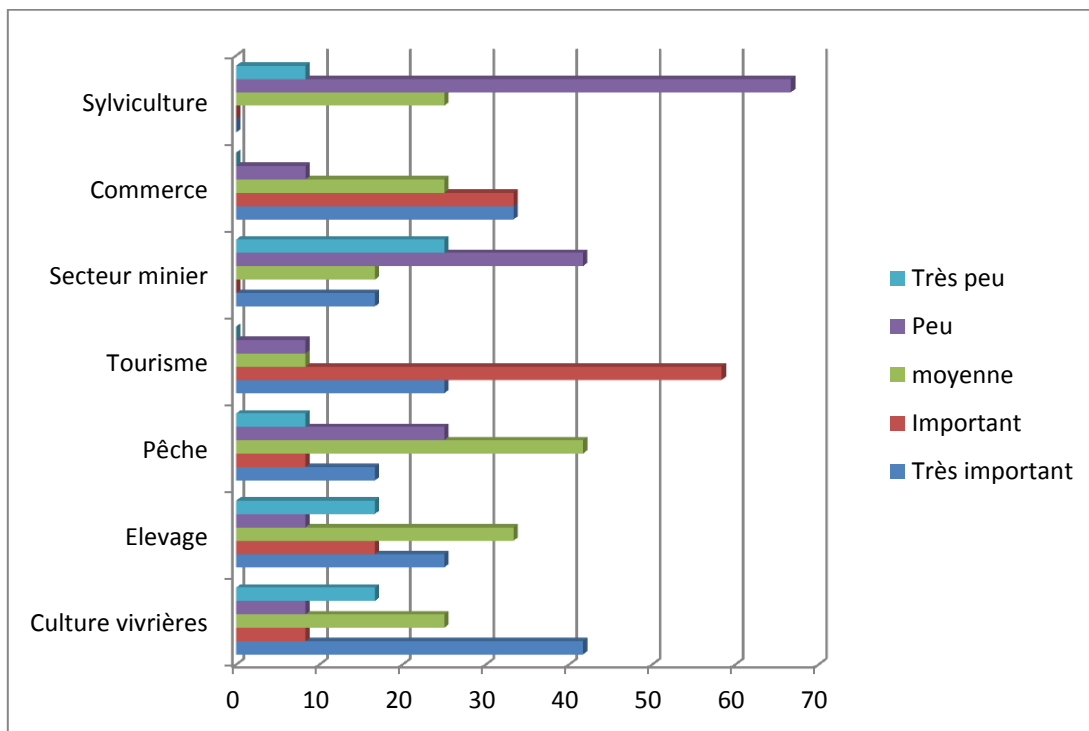


Fig.53: Diverses activités exercées par la population

Tableau 25 : Avis des autorités locales sur l'apport à travers les taxes et impôts

	nombre	%
Oui	11	91,67
Non	1	8,33
Total	12	100

Q8 : Pour être plus objectif dans notre démarche une question ouverte a été posée aux autorités locales

Compte tenue de la diversité des réponses obtenues pour ce genre de question, certaines suggestions et propositions de solutions jugées, à notre avis pertinentes, sont incluses dans le chapitre ci-dessous.

IV.4 POPULATION CIBLE: ETABLISSEMENT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET PROFESSIONNEL

IV.4.1 Généralités

Si à Madagascar, les instituts spécialisés en gemmologies agréés sont presque inexistant² à l'exception de l'Institut de Gemmologie d'Antananarivo (IGA) qui donne une formation en gemmologie à 25 étudiants pour l'année scolaire 2008-2009 et une autre, en 9 mois, en lapidairerie en leur délivrant un Certificat d'Aptitude professionnelle (CAP), paradoxalement notre pays recèle d'immenses gisements de pierres précieuses et de pierres fines . Cette situation nécessite matière à réflexion pour les différents établissements de formation.

La partie nord de Madagascar est réputée par l'existence de l'Université Nord de Madagascar (UNM) qui pourrait éventuellement abriter en son sein un institut de gemmologie et de lapidairerie. Ainsi, notre questionnaire a consacré une rubrique à part entière pour les établissements de formation, en l'occurrence l'UNM et l'Institut Supérieur de Technologie d'Antsiranana (IST) pour avoir plus d'informations à ce sujet.

Notre population concerne le Rectorat, 3 directions et 6 Départements jugés comme cibles potentiels pour l'implantation d'un éventuel institut ou pour l'offre de formation liées à la gemmologie et à la lapidairerie.



Fig. 54 : Vue du rectorat de l'Université Nord d'Antsiranana

² Situation au moment où nous avons obtenu les informations auprès du Ministère chargé de l'enseignement supérieur. Aussi, à l'état actuel, la situation pourrait s'évoluer

Avant même notre descente sur terrain, les recherches documentaires nous ont permis de déceler les problèmes et contraintes principaux ci-après au niveau de l'UNM

- insuffisance des professeurs au rang magistral ;
- laboratoires très vétustes et matériels archaïques non adaptés à la formation ;
- insuffisances d'infrastructures pour servir de logements d'étudiant malgré les efforts entrepris par l'Etat dans ce sens ;
- dépendance de l'université est dépendant au niveau énergétique malgré les essais avec l'éolienne qui n'est plus opérationnelle.

IV.4.2 Inventaire et interprétations des questionnaires

Q1 : Cette question vise à identifier les enquêtés.

Q2 : Cette question concerne uniquement les directions d'établissements et le rectorat.

Il a été remarqué que presque la totalité a répondu par l'affirmative quant à l'idée d'ouvrir, au sein de leur école ou institut une nouvelle filière liée à la gemmologie et lapidairerie.

Q3: La question vise à obtenir des informations sur les éventuels problèmes et contraintes pouvant entraver la création d'établissement de formation en gemmologie et en lapidairerie.

Les résultats de l'enquête sont illustrés par la figure 54 ci-dessous

Q4 : Cette question vise à définir si dans leur situation actuelle, les interviewés sont en mesure d'ouvrir de nouvelles filières ou institut de gemmologie et lapidairerie.

8 réponses sur 10 ont formulés des réponses négatives malgré leur volonté de se lancer dans un tel projet.

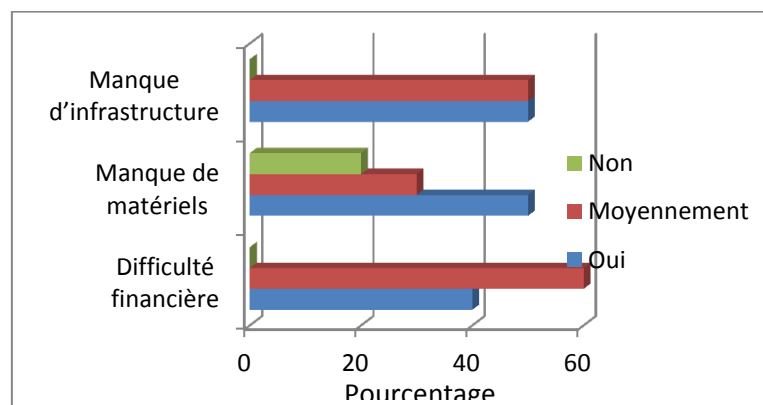


Fig. 55: Problèmes et contraintes pouvant entraver la création de l'établissement

IV.4.2 Conclusion

En un mot, l'enquête est un véritable outil de constatation. En effet, elle nous a permis de comprendre, outre le sujet étudié, façon de vivre et les problèmes et contraintes ainsi que leur perspective, ce qui nous met pour ainsi dire en position de porte parole pour ces populations. En effet, avec des chiffres à l'appui et des interprétations judicieuses de ces données révélatrices, l'enquête pour chaque population offre un bilan tant au niveau économique que social et, par la même occasion apporte des suggestions et propositions de solutions.

Ainsi, les petits exploitants et collecteurs sont souvent confrontés à des problèmes dus à leur manque de connaissance dans le domaine de leur activité. En d'autres termes ils sont plutôt guidés par la recherche facile de la richesse sans se soucier de se professionnaliser dans le métier pour mieux gérer leur activité. Les activités de bijoutiers et de lapidaires sont menacées par la concurrence des vendeurs ambulants et tout cela dans une impunité absolue. Face à ces situations, les autorités locales, faute de moyen et parfois de la maîtrise de la législation en vigueur régissant les activités minières, n'arrivent pas à établir normalement l'ordre auprès de leur propre population.

L'incapacité des établissements existants à assurer, dans la situation actuelle, la formation en gemmologie et en lapidairerie ne doit pas être considérée comme un obstacle à l'ouverture d'une filière professionnalisante de gemmologie et de lapidairerie soit au niveau de l'UNM soit au niveau de l'IST. En effet, compte tenue de la spécificité de cette formation et des matériels et équipements nécessaires pour assurer une telle formation, un tel projet doit au préalable considérer entre autres les différents volets tels que la formation des formateurs et l'acquisition des matériels et équipement qui font partie intégrante du projet lui-même. L'un des points essentiels pour se lancer dans un tel projet consiste à avoir des justifications avérées basées sur le principe de la loi de l'offre et de la demande.

Cependant, fort de ces constatations, nous avons pu déceler des problèmes en suspens qui empêchent le développement de ce secteur. Cet état de lieu nous a permis de suggérer, selon le cas des suggestions solutions dans le chapitre suivant.

CHAPITRE V : SUGGESTIONS ET PROPOSITION DE SOLUTIONS

Le traitement des données et informations recueillies à l'issue des travaux de terrains nous a permis de constater que chaque catégorie de population a ses propres problèmes spécifiques et que beaucoup reste encore à faire pour que le secteur de la gemmologie et de la lapidairerie puisse réellement profiter à tout un chacun de la population et à la Région, voire au pays tout entier. A cet effet, le présent chapitre a pour but d'essayer d'apporter sa modeste contribution à travers les différentes suggestions, voire les propositions de solutions pour valoriser les opportunités avérées que peuvent apporter les activités de la gemmologie et de la lapidairerie dans le développement intégré la Région de Diana. Ainsi, pour qu'il puisse avoir un développement intégré de la Région, nous estimons qu'outre les suggestions et les propositions de solutions concernant chaque population, il est de notre devoir d'apporter notre contribution pour concilier, autant que possible, les intérêts commun de toute population confondue. Les suggestions et les propositions de solutions concernant ces intérêts communs ne constituent pas forcément, dans ce chapitre, une rubrique à part entière mais sont insérés là où, à notre avis, ils sont mieux placés.

Il est à noter certaines de ces suggestions et propositions émanent directement des interviewés

V.1 Pour les exploitants et les collecteurs

Cette part de population est le premier concerné étant donné qu'elle est à l'origine des produits dans la plupart des cas. Toutefois elle est très fragilisée à cause des problèmes persistants qui gangrènent cette production. Des suggestions et propositions de solutions sont proposées pour pallier ces difficultés, à savoir :

- une sensibilisation des collecteurs et exploitants serait très importante au niveau des ruées, car la majorité de ces derniers ont des niveaux d'étude très faible;
- des petits dépliants, des brochures et des affichages avec des illustrations et des mots simples, si possible, en dialecte local pourraient informer cette part de population sur la réglementation des modes d'extraction de substances minières, sur les bases de l'hygiène et la sécurité de travail ;
- étant donné que les ruées ne sont pas contrôlables, nous proposerions de revoir avec les concernés et les autorités locales certaines dispositions de la réglementation en vigueur pour mieux faire jouir chaque catégorie de la population, de la région et du pays des fruits récoltés de la richesse minière;
- régulariser ces populations en leur donnant des cartes d'exploitants et de collecteurs pour faciliter les contrôles ;
- mettre en place une organisation locale adéquate sur volet social, sanitaire et sécurité au niveau des localités où ont lieu ruées;
- créer une sorte de coopérative d'exploitants et de collecteurs enfin de les mieux maîtriser ;
- requérir l'assistance de l'Etat et son aide au niveau des matériels pour les groupes des collecteurs et exploitant qui acceptent de se régulariser et qui sont réglementaires afin d'inciter les autres à s'y conformer ;
- créer des comptoirs de pierre dans certains endroits à l'instar de ceux de Vatomandry et de Mahanoro ;
- vulgariser et implanter des hôpitaux ou centre de santé de base et procéder à l'adduction d'eau potable dans les fokontany concernés ;
- installer une infrastructure écolière, quasi inexistante pour le fokontany de Tetezambato serait très important pour cette part de population ;
- sensibiliser les exploitants et collecteurs sur les produits qu'ils exploitent. En effet, la plupart d'eux ne connaissent ni les pierres ni les valeurs marchandes de leurs produits ;
- il faudrait aussi encourager les collecteurs et exploitants à faire des placements auprès des institutions bancaires et les assister à gérer leurs avoir et biens.

V.2 Pour les Bijoutiers et Lapidaires

On assiste pour cette catégorie de population à des problèmes où tout le monde agit à sa guise et essaie de gagner partout et par tous les moyens possibles ; du coup, cette part de marché devient anarchique et incontrôlable, ainsi le produit ne suit plus les normes et standards internationaux alors que les clients potentiels ciblés sont des touristes étrangers.

Néanmoins, en écoutant les intéressés lors des travaux d'enquête et en scrutant les données et selon nos constatations, des suggestions et des propositions de solutions pourraient être avancées.

Il s'agirait de :

- essayer de maîtriser les marchands ambulants de bijoux dans tous les marchés ainsi que les artisans en les responsabilisant et en les faisant entrer dans le secteur formel tout en leur donnant des formations sur le métier de gemmologie et/ou de lapidairerie ;
- revoir les dispositions de la réglementation en vigueur qui régissent afin d'interdire, pour une même enseigne de bijoutier d'ouvrir plusieurs bijouterie, ceci pour éviter la concurrence déloyale ;
- améliorer et reconquérir les exportations de produits finis vers les pays étrangers ;
- répertorier les bijoutiers et lapidaires réglementaires dans une brochure spécialisée ou dans prospectus destinés aux touristes ;
- faire connaître les produits au des pays étrangers clientèles potentielles
- organiser des foires ou des marchés pour les produits en gemmologie ou en lapidairerie ;
- pour que les produits finis répondent aux normes et standards internationaux, nous conseillons vivement l'implantation d'un établissement agréé pouvant dispenser des formations en gemmologie et lapidaireries;
- renforcer les douanes en partance pour l'étranger, comme dans les aéroports de Fascène à Nosy- Be et d'Arachard à Antsirana. En effet, selon la Direction régionale des Mines, ces aéroports sont des véritables entonnoirs pour l'exportation illicite de nos ressources minières ;
- une suspension progressive de l'exportation des produits bruts (non finis) pourrait servir de moyen efficace pour lutter contre les trafics de nos produits miniers. En effet, cette mesure inciterait les opérateurs économiques du secteur minier à implanter des centres de traitement des pierres, tout en créant des emplois et aussi en facilitant les contrôles de ces produits. Par ailleurs, cela va aussi créer des valeurs ajoutées pour le pays

V.3 Pour les autorités locales

Les autorités locales, de par leur statut d'administration de proximité, constituent des structures incontournables et sont souvent très écoutées par l'ensemble de la population. Ainsi, les ignorer serait une grande erreur d'autant plus que souvent les ruées se passent dans les fins fonds brousses loin des pouvoirs centraux.

Toutefois, ces autorités sont souvent confrontées à une véritable confusion avec les personnels du Ministère des Mines. Cette situation conflictuelle est souvent mise à profit par les exploitants et les collecteurs ne pas respecter la réglementation en vigueur. Aussi, des mesures doivent être prises pour remédier à cette situation

Par ailleurs, nous jugeons utiles d'apporter les propositions ci-après:

- apprendre à ces autorités locales à distinguer leur rôle de celui des fonctionnaires de Mines en les informant sur législations minières en vigueur pour éviter des contentieux conflictuels avec ces derniers ;
- donner à ces autorités le moyen de recenser les populations pour mieux maîtriser les flux des personnes.

- établir des marchés spécialisés dans les ruées comme Tetezambato et Ambondromifehy, pour renflouer la caisse de ces autorités ne serait ce qu'à travers les tickets des marchés ;
- une mise en place des techniciens de mines équipés pour les ruées afin d'éviter les mystifications des commerces de pierres, serait souhaitable.

V.4 Pour l'enseignement supérieur

Compte tenu de leur statut, l'enseignement supérieur et la formation professionnalisante jouent un rôle prépondérant dans l'implantation d'un éventuel institut de gemmologie et lapidairerie. Cependant, pour mieux valoriser l'institut à implanter, nous avançons certaines propositions.

- inciter l'UNM ou l'IST à trouver des partenariats avec les établissements de formation étrangers afin d'étudier la faisabilité de mettre en place une formation en gemmologie et en lapidairerie;
- mettre en place des politiques de maintenance de matériels de l'université. En effet, certains matériels pourrissent sur place, faute d'entretien ;
- encourager l'UNM et l'IST à offrir des prestations de service pour mieux valoriser les compétences de leurs ressources humaines et pour pouvoir alimenter leur trésorerie;
- encourager pour l'UNM et l'IST à offrir des formations professionnalisantes payantes répondant aux besoins du développement de la région
- renforcer les relations entre les sociétés et firmes locales serait indispensable pour les stages et l'embauche des étudiants issus de ces institutions d'enseignement et de formation.

V.5 Conclusion

A travers les différentes entités concernées ci-dessus, nous pensons que la mobilisation et la modernisation du secteur minier de Madagascar pour faire profiter de sa richesse à la population et au pays tout entier nécessitent l'implication non seulement du pouvoir central et du pouvoir décentralisé, mais aussi de diverses entités qui, à priori, semblent n'ont rien à voir avec les activités minières.

CONCLUSION GENERALE

Notre étude est basée sur l'étude des opportunités de la gemmologie et de lapidairerie pour le développement dans la Région de Diana. Dans un premier temps, nous avons, d'une manière générale, abordé cette étude à travers les économies et la géologie de la Région de Diana. Ceci a d'emblée permis de constater les richesses de la région en matières premières pour développer les activités de la gemmologie et de lapidairerie.

Ensuite, nous avons procédé à des travaux d'enquêtes pour mieux appréhender le sujet. Le traitement des données et informations recueillies sur plusieurs populations jugées primordiales ne font que confirmer le besoin imminent en formation de gemmologie et de la lapidairerie, tout en apportant des suggestions et propositions de solutions collatérales pour le développement du secteur minier de Diana voire de Madagascar.

Les potentialités liées aux activités touristiques et l'exportation seraient des atouts pour envisager la commercialisation de ces pierres bien préparées. Après nos études sur terrains nous sommes convaincus que seul à travers une formation en gemmologie et en lapidairerie que les produits finis commercialisés par les bijoutiers de la région peuvent prétendre à répondre aux normes et standards internationaux. Pour ce faire, l'UNM ou l'IST est encouragé à élargir le partenariat non seulement avec les établissements de formation étrangers, mais aussi à le renforcer avec les établissements nationaux tels que l'Institut de Gemmologie de Madagascar du Ministère chargé des Mines et du département des Mines de l'ESPA.

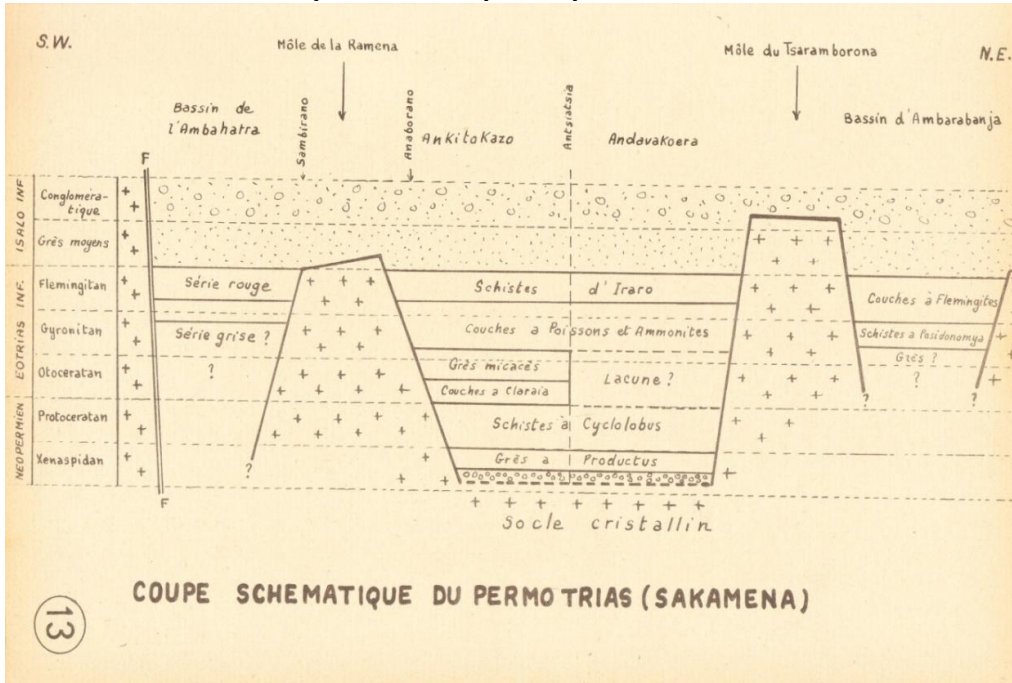
Au terme de ce travail, nous espérons, avoir apporté, aussi minime soit-elle notre modeste contribution pour le développement de la gemmologie et de la lapidairerie dans la Région de Diana. En effet, à l'état actuel des choses, une telle étude consacrée à la Région est presque inexistante. Aussi, cet ouvrage pourrait apporter des éléments d'une part à ceux qui ont l'intention d'approfondir des études relatives au sujet pour la Région de Diana et d'autre part à toute autre personne s'intéressant aux activités de la gemmologie et de la lapidairerie de la Région de Diana.

BIBLIOGRAPHIE

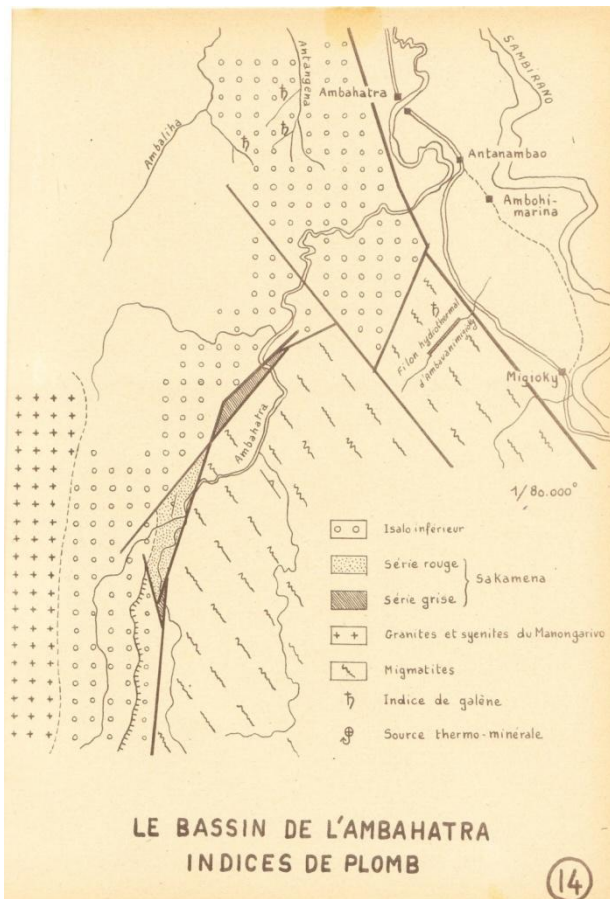
- [1] CLAIRIN R. Philippe Manuel de sondages Application aux pays en voie de développement. Centre Français sur la Population et le Développement. Février 1996
- [2] Dayan A. Manuel de gestion volume 2 édition ellipses/AUF
- [3] DIETRICH J ; 1951.-Etude géologique de la feuille mont Tsaratanana. Service géologique de Madagascar, Doc. N° 42
- [4] DURAND C, Compagnie des Gemmes de Madagascar. Introduction au travail de taille et de polissage des pierres précieuses et fines de Madagascar
- [5] Gloaguen P. Le guide de Routard Madagascar 2003-2004. Hachette
- [6] GUILCHER A. Madagascar, géographie régionale. Paris, Centre de Documentation. Universitaire.1955, 1 volume, 134 pages
- [7] Javeau C. L'enquête par questionnaire, Manuel à l'usage du praticien. Quatrième édition Revue
- [8] J.de Saint Ours. Etudes Géologique dans l'extrême nord de Madagascar et de Comores. Service géologique Tananarive 1960
- [9] Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche. Monographie de la Région Diana, Juin 2003
- [10] Ministère de l'Economie, de Commerce et de l'Industrie. Rapport économique et financière 2007-2008 édition novembre 2008
- [11] Ministère de l'Environnement, des Forêt et de Tourisme, 2008
- [12] Ministère de tourisme. Monographie région Diana, 2003
- [13] RAVET J. Notice sur la climatologie de Madagascar et des Comores. Mem. Inst. Sci. Madagascar. 1952, 4. Tananarive
- [14] Toughlouian G. Introduction à la connaissance et à l'identification des gemmes ; Auto édition 1998
- [15] Rakotonindrainy. Gemmologie. Cours de cinquième année Mines à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
- [16] VLEESCHDRAGER E. La taille des pierres de couleur. Edition : Gaston Lachurié, 1986
- [17] YVES F. Les études de marché. Edition: Dunod, 1987
- [18] <http://www-cours.polyentl.ca//mec 6405/labo%20A06/>
- [19] <http://Urzinekis.online.fr/docs/refractometre.pdf>
- [20] <http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/tp-phus/Prem/optique1/refracto-universel.pdf>
- [21] <http://www.observatoiredetriel.com/astrotheque/FL-spectro.pdf>
- [22] <http://www.gemmesinfos.com/information/triler-pierre-gemm.html>

ANNEXES

Annexe 1 : Coupe schématique de permo trias de Sakamena



Annexe 2 : Bassin de l'Ambahatra

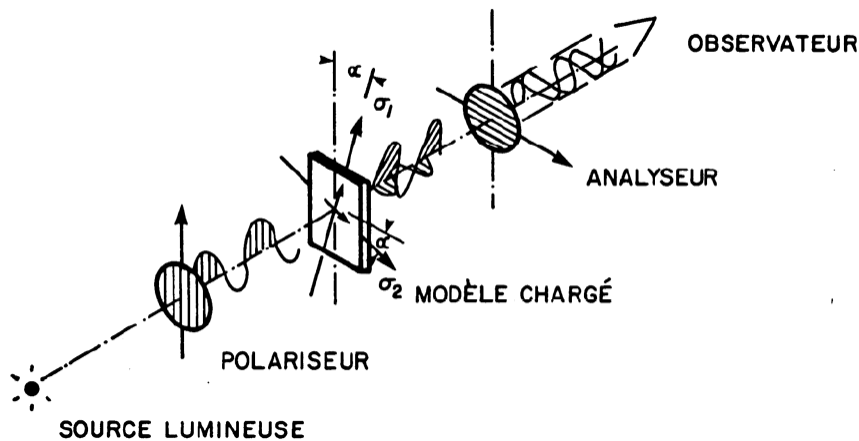


Annexe3 : Les types de polariscope

1. Le polariscope plan

Dans un polariscope plan, le modèle est placé entre deux polaroïds croisés. Ces polaroïds sont appelés « polariseur » et « analyseur » respectivement.

Lorsque le modèle est chargé, l'onde lumineuse plane polarisée issue du polariseur se décompose suivant les directions, 1 et 2, en passant à travers le modèle. A la sortie du modèle, ces deux composantes sont déphasées temporellement en proportion de $(\sigma_1 - \sigma_2)$ comme on peut le voir à la figure ci dessous.



A la sortie de l'analyseur, l'intensité de la lumière obéit à l'équation suivante :

$$I = A^2 \sin^2(2\alpha) \times \sin^2 \left[\frac{\pi C d}{\lambda} (\sigma_1 - \sigma_2) \right]$$

Où I : intensité

A, C : constantes

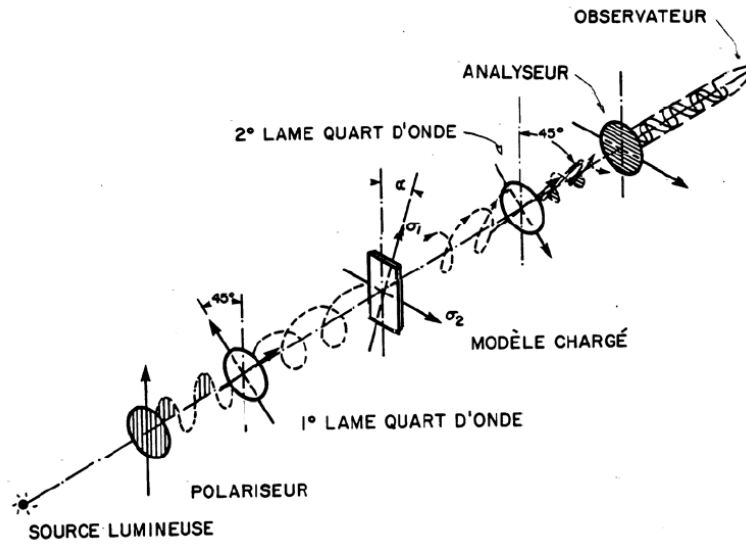
λ : Longueur d'onde

d : épaisseur du modèle

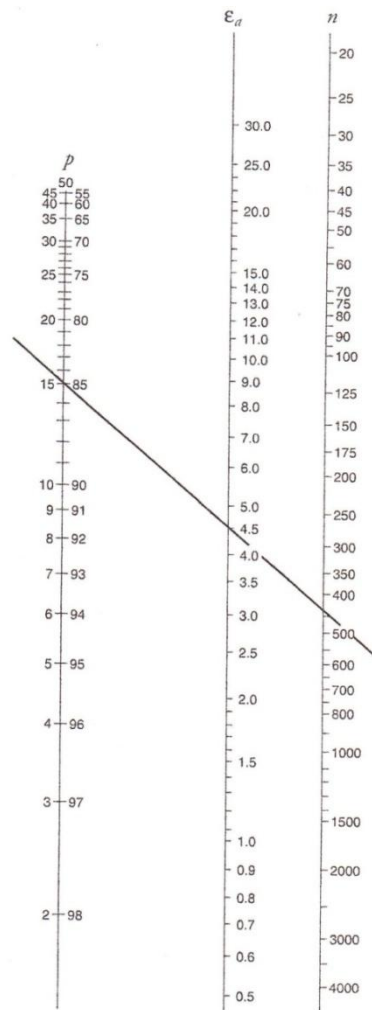
α : angle entre les axes des polaroïds et les directions principales

2. Polariscopes circulaire

Dans le polariscope circulaire, l'onde lumineuse pénétrant dans le modèle est polarisée circulairement et n'est donc plus influencée par l'orientation des contraintes principales du modèle. Il n'y aura plus d'isoclines et seule les isochromes apparaîtront.



Annexe 4 : Abaque pour calcul d'un échantillon au seuil de confiance de 99%



p = pourcentage
 E_a = erreur absolue acceptée sur le pourcentage
 n = taille de l'échantillon

Annexe 5 : Carte Minière Et Des Indices

