

TABLE DES MATIERES

Remerciements	I
Glossaire	II
Acronymes utilisés	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures.....	V
Liste des annexes	VI
Introduction	VII
1 Enoncé des lois et contextes juridiques en vigueur sur l'environnement et les activités minières à Madagascar	1
1.1 La charte de l'environnement malagasy.....	2
1.2 Le décret MECIE ou Mise en compatibilité des Investissements avec l'Environnement	2
1.3 le code minier et son décret d'application	3
1.4 l'AIME ou Arrêté InterMinistériel Mine-Environnement.....	4
1.5 loi relative au code de l'eau et ses décrets d'application.....	6
1.6 Loi sur la politique de gestion et de contrôle des pollutions industrielles.....	7
1.7 Le code des aires protégées	7
1.8 Loi sur les grands investissements miniers.....	8
2 Données de bases relatives aux caractéristiques environnementales	9
2.1 LE MILIEU NATUREL.....	10
2.1.1 Le contexte géologique malgache	10
o Les formations cristallines.....	14
o Le magmatisme du socle cristallin de Madagascar	16
o Les principales minéralisations associées au socle cristallin de Madagascar.	17
2.1.2 géomorphologie de Madagascar	21
2.1.3 pédologie de Madagascar	21
2.1.4 climatologie de Madagascar	22
2.1.5 hydrographie	23
2.1.6 hydrogéologie :	27
2.2 LE MILIEU BIOLOGIQUE :.....	29
2.2.1 description de la biodiversité malgache :	29
2.2.2 la situation actuelle des écosystèmes floristiques :.....	29
2.2.3 Description de la biodiversité animale:	33
2.3 LE MILIEU HUMAIN :.....	34
2.3.1 l'aspect économique :	34
2.3.2 L'aspect social	36
3 Description des activités minières actuelles	38
3.1 La phase de recherche:	39
3.2 La phase d'exploitation	41
3.2.1 L'orpailage et l'exploitation de l'or :	41
3.2.2 des pierres précieuses et les minéraux de pegmatite :	42

3.2.3	L'exploitation des minéraux industriels et de métaux de base :	44
3.2.4	L'exploitation des matériaux de construction :	45
3.3	Les projets en phase de développement :	46
3.3.1	Le projet ilménite de Fort-Dauphin.	46
3.3.2	Le projet d'exploitation des substances Nickel-Cobalt d'Ambatovy-Analamay.	47
4	Analyse environnementale et sociale de l'activité minière actuelle	49
4.1	Le milieu naturel :	50
4.1.1	La phase d'exploration :	50
4.1.2	La phase d'exploitation :	52
4.1.3	La phase de fermeture :	55
4.2	Le milieu humain :	56
4.2.1	Impacts sociaux :	57
4.2.2	Impacts économiques :	60
4.3	Problématiques du secteur minier en matière de protection de l'environnement : ..	62
5	Recommandations générales	64
5.1	Les mesures d'atténuations.....	65
5.1.1	Le milieu naturel.....	65
5.1.2	Le milieu humain.....	69
5.2	Le plan de gestion environnementale :	70
5.2.1	Amélioration de la connaissance sur les ressources naturelles :	73
5.2.2	Renforcement du système de gestion de l'environnement	76
5.2.3	Etablir des normes environnementales :	76
5.2.4	Réaliser des inspections environnementales :	77
5.2.5	Formation en environnement et assistance technique des opérateurs miniers :78	
5.2.6	Implanter une base de donnée sur le secteur minier national :	79
5.2.7	Prévoir une stratégie de gestion des ruées vers de nouveau gisement :	80
	Conclusion	X
	Bibliographie	XII
	Annexes	XIV

Remerciements

Nous voici au terme de notre formation d'ingénieur géologue de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, nous profitons de cette occasion pour remercier tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à l'élaboration de ce mémoire.

L'expression de nos remerciements s'adresse particulièrement à :

- Dieu car par sa grâce, je suis ce que je suis ;
- Monsieur RANDRIANOELINA Benjamin, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo ;
- Monsieur RASAMIZAFINDROSOA Dauphin, chef de département géologie à l'ESPA ;
- Monsieur RAZAFINTSALAMA Lalaison, d'avoir proposé le thème et qui malgré ses différentes obligations n'a ménagé ni son temps ni ses expériences pour diriger nos travaux.
- Monsieur RAKOTOBE Henri, pour avoir accepter d'examiner et de juger ce mémoire ;
- Madame RAHARIJAONA Léa, d'avoir bien voulu faire partie du membre de jury et a consacré son temps à l'examen ;
- Monsieur RAKOTOMANANA Dominique pour ses conseils en géologie malgache ;
- Les personnels de la cellule environnementale du MEM pour leurs aides, conseils pertinents et enrichissant. Que messieurs Gérard, Jao et Hary retrouvent ici nos profondes gratitude ;
- Tous les personnels du service géologique pour leur contribution à la cartographie et à la documentation ;
- Tous les personnels du département géologie ;
- Mes collègues pour avoir passé ces cinq années d'étude dans une ambiance conviviale ;
- Ma famille pour leur soutien moral, matériel et financier, leur encouragement. Que Neny, Naly, Hasina et Fano retrouvent ici mes sincères reconnaissances ;
- Les amis qui m'ont encouragé.

Glossaire

Activité minière : tout projet se portant sur la recherche, exploration exploitation, transformation, commerce des ressources du sous sol.

Etude d'Impact Environnemental : étude scientifique visant à évaluer l'impact potentiel préalable d'une activité sur l'environnement et de pourvoir des dispositions de réhabilitation ou d'atténuation de ces impacts.

Evaluation environnementale stratégique : analyse scientifique sur l'étude des données de base relatives aux caractéristiques environnementales d'un secteur d'activité de développement en vue d'une élaboration de plan, politique et programme de gestion environnementale des impacts cumulatifs de plusieurs activités.

Impact environnemental : effets négatif ou positifs d'une activité sur l'environnement.

Milieu récepteur : le milieu physique, biologique et humain, socioéconomique affecté lors d'un investissement.

Législation minière : loi afférente aux activités minières.

Mesure d'atténuation : proposition pour ramener les surfaces affectées par une activité aussi près que possible de leur valeur économique et écologique optimale.

Plan de gestion environnementale : engagement du promoteur de prendre certaine mesure d'atténuation des impacts de son activité sur l'environnement ainsi que des mesures éventuelle de réhabilitation du milieu d'implantation.

Substance minérale : toute matière inorganique liquide, solide ou gazeux se trouvant à la surface, dans le sous sol ou dans l'eau.

Zone sensible : zone préalablement définie dans l'AIME annexe B dont les récifs coralliens, mangroves, petites îles maritimes ou dans une estuaire, les forêts tropicales, zones sujette à l'érosion, zone semi aride ou aride à désertification, les marécages et zones marécageuses, zone de conservation naturelle, zone paléontologique, archéologique ou historique, les ressources en eau potables.

Acronymes utilisés

AIME	: Arrêté Inter-Ministériel sur la réglementation du secteur minier en matière de protection de l'Environnement
ANGAP	: Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées
CE	: Charte de l'Environnement Malagasy
CTE	: Comité Technique d'Evaluation
EES	: Evaluation Environnementale Stratégique
EIE	: Etude d'impact Environnemental
ESPA	: Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
INSTAT	: Institut National des Statistiques
MECIE	: Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement
MEM	: Ministère de l'Energie et des Mines
MINENVEF	: Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts
ONE	: Office National pour l'Environnement
PEE	: Plan d'Engagement Environnemental
PRE	: Permis de Recherche et d'Exploitation
PGRM	: Projet de Gouvernance des Ressources Minérales
PGE	: Plan de Gestion Environnementale

Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Récapitulation de l'instruction des dossiers environnementaux par type de permis miniers.</i>	5
<i>Tableau 2: Le système Karroo Malgache</i>	i
<i>Tableau 3: Tableau récapitulatif des régimes hydrogéologiques de Madagascar</i>	ii
<i>Tableau 4: Les nappes aquifères exploitées et leur niveau piézométrique</i>	iii
<i>Tableau 5: Les bassins versant de Madagascar</i>	iv
<i>Tableau 6: Récapitulatif des régimes climatiques de Madagascar</i>	v
<i>Tableau 7: Les maladies les plus fréquentes par provinces</i>	vi
<i>Tableau 8: Distribution de la population selon le niveau d'instruction par milieu</i>	vi
<i>Tableau 9: Taux de scolarisation par faritany</i>	vi
<i>Tableau 10: Les dégâts pouvant être occasionnés par la reconnaissance, la prospection et l'exploration de ressources minières</i>	vii
<i>Tableau 11: Tableau récapitulatif des activités afférentes à l'exploitation comme source d'impact sur l'environnement et le milieu affecté</i>	viii
<i>Tableau 12: Tableau récapitulatif des impacts et les mesures d'atténuation lors de l'activité de recherche</i>	ix
<i>Tableau 13: Tableau récapitulatif des impacts et leurs mesures d'atténuation lors de l'exploitation</i>	x

Liste des figures

<i>Figure 1: Carte des unités tectoniques de Madagascar d'après Collins et Al (2000)</i>	20
<i>Figure 2: Carte des réseaux hydrographiques et bassins versants.....</i>	26
<i>Figure 3: Carte hydrogéologique de Madagascar.....</i>	28
<i>Figure 4: Carte de la répartition biogéographique des formations végétales.....</i>	31
<i>Figure 5: Carte des aires protégées de Madagascar.....</i>	32

Rapport-Gratuit.com

Liste des annexes

Annexe 1: Tableaux des données environnementales de Madagascar	i
Annexe 2: Identification des sources d'impacts environnementaux des activités minières et le milieu affecté	vii
Annexe 3 : Récapitulatifs des impacts et mesures d'atténuations	ix

Introduction

Madagascar, bien que possédant des ressources minières considérables, est loin d'être parmi les pays à économie minière prépondérante.

Ces dernières années, le gouvernement a adopté une politique minière pour que cette filière puisse contribuer au développement du pays et ce en préservant l'environnement. Cette politique minière a pour objectif de promouvoir les investissements privés des activités minières et géologiques et le développement du secteur minier.

Mise en contexte :

L'industrie minière malgache est caractérisée par la prédominance des exploitations artisanales et semi-mécanisées, pour la plupart informelle et inconsciente des dégâts environnementaux qu'elles peuvent engendrer. Cependant, les exploitations artisanales utilisant des méthodes anarchiques manifestent des effets négatifs très significatifs sur l'environnement de Madagascar.

En outre, la notion du contexte « préservation et protection de l'environnement » est encore mal assimilée par les opérateurs malgaches et bien que des législations sur l'environnement et le secteur minier aient été adoptées (cf AIME § 1.4) son efficacité sur terrain est peu constatée. Par ailleurs, malgré des études environnementales réalisées antérieurement, le secteur minier malgache ne dispose pas d'informations concrètes sur l'évaluation environnementale.

Certes, le secteur minier pourrait contribuer au développement économique par son apport au budget de l'état mais à mesure que le secteur se développe, il est également facteur de dégradation de l'environnement. Ce qui réclame la définition d'une politique environnementale visant à la fois un développement de l'industrie minière et une administration environnementale adaptée au besoin du secteur.

Il importe de ce fait de mener une étude compréhensive de la situation environnementale actuelle du secteur minier en vue d'adopter une stratégie de gestion environnementale intégrée dans la mise en œuvre de la politique minière.

Définition comparative entre EES et EIE classique

Une étude d'impact environnemental relève de la responsabilité du promoteur (d'après le décret MECIE). Elle consiste en une évaluation des conséquences positives ou négatives d'un projet de développement dont le but est d'atténuer les conséquences négatives. C'est un outil de prévention contre les dégâts que pourrait engendrer une activité donnée.

Par contre une évaluation environnementale sectorielle ou EES est un outil d'évaluation des effets des options concernant les politiques d'un secteur sur l'environnement et d'analyser les impacts cumulatifs de plusieurs activités minières en vue d'une recommandation de mesures d'atténuation d'ensemble desdits impacts.

Que ce soit pour une EIE ou pour une EES, l'évaluation environnementale est un ensemble de processus qui se préoccupe de l'environnement dans toutes activités visant le développement en général. Comparativement à la réalisation d'EIE classique lors d'un projet particulier ; la réalisation d'une EES est exceptionnelle et les avantages qu'elle procure sont de la sorte peu connues et pas exploitées.

Nous avons ainsi choisi le thème : « Evaluation environnementale stratégique des activités minières à Madagascar » pour une contribution de réalisation.

Objectif de cette étude

L'objectif global de ce mémoire est de mener une évaluation environnementale et sociale du secteur minier afin de déterminer les principaux impacts générés par ces activités sur l'environnement et ainsi de proposer des recommandations générales pour contribuer à l'amélioration de la gestion de l'environnement du secteur minier national.

Approche méthodologique

La démarche adoptée pour élaborer ce mémoire est la suivante :

1. Une étude bibliographique dont le but est de collecter les différentes données sur l'environnement et le secteur minier. Cette analyse se porte principalement sur :

- ✓ Les cadres juridiques et les lois relatives au secteur minier et à l'environnement ;
- ✓ Les données de base sur l'état actuel de l'environnement en relation avec le secteur minier ;

- ✓ Les différentes activités minières existant à Madagascar.
- 2. Une étude environnementale de ces activités minières en référence aux dossiers d'EIE de différents projets miniers. L'objectif est d'identifier les impacts potentiels générés par les activités minières.
- 3. Analyse de corrélation entre le secteur minier et les facteurs institutionnels, sociaux et environnementaux.
- 4. Rédaction de l'ouvrage.

Contenu de l'ouvrage

L'évaluation environnementale conduite dans le présent mémoire comporte cinq parties :

- 1) Les différents textes et législations sur l'environnement et les mines en vigueur à Madagascar ;
- 2) La description des données de bases relatives aux caractéristiques environnementales:
 - L'environnement physique- la géologie de base, les ressources minérales existantes et potentielles, la topographie, les sols, le climat et un aperçu de la météorologie récente, l'étendue et les conditions hydrogéologiques des nappes, ;
 - L'environnement biologique- la flore, la faune ;
 - L'environnement socio-économique et culturel de la population
- 3) La description de l'activité minière actuelle ;
- 4) Analyse environnementale et sociale de ces activités minières
- 5) Recommandations générales.

1 Enoncé des lois et contextes juridiques en vigueur sur l'environnement et les activités minières à Madagascar

1.1 La charte de l'environnement malagasy

La loi n°90-003 du 21 décembre 1990 modifiée en 1997 est un document fondamental pour la préservation de l'environnement

Cette loi définit la philosophie et les objectifs d'une politique nationale de l'environnement (PNE) et de sa mise en œuvre : Le plan d'action environnemental (PAE). Cette loi explicite la définition de l'environnement comme étant l'ensemble des milieux qu'ils soient naturels ou artificiels tels que les milieux humains, physiques et biologiques.

L'objectif de cette loi (suivant l'article 6 de la même loi) est la préservation et le rétablissement d'un équilibre durable et harmonieux entre les besoins de développement de l'Homme et les ressources écologiques. L'Article 11 de la même Charte a mentionné le principe " pollueur-payeur " et suppose que l'exploitant minier reste le seul responsable des actions dévastatrices occasionnées par ses travaux d'investigation et doit entreprendre lui-même la remise en état du site d'exploitation.

D'autre part la même loi stipule :

- les dispositions régissant tout projet d'investissement susceptible de nuire à l'environnement et précise que toute activité d'envergure doit faire l'objet d'une étude d'impact environnemental et devrait avoir l'avis favorable des autorités compétentes avant de commencer les travaux.

-le principe de gestion de l'environnement

- Que l'action environnementale ne doit pas se réduire à la sauvegarde des ressources naturelles, des espèces rares ou des sites ; elle est inséparable des actions pour un développement économique et social durable.

1.2 Le décret MECIE ou Mise en compatibilité des Investissements avec l'Environnement

C'est le décret n°99-954 du 15 décembre 1999. c'est le décret d'application de la charte de l'environnement. Ce texte définit les procédures de l'EIE, dont les annexes relatent les différents types de projet, ainsi que les obligations environnementales y afférentes.

Pour le cas du secteur minier, l’obligation est régie par le permis minier :

- ✓ Un PR ou un PRE exigent un PEE ou Plan d’Engagement Environnemental ;
- ✓ Un PE demande une EIE.

Les processus de l’élaboration d’une EIE, la délivrance des permis et les obligations du promoteur, les mécanismes d’évaluation des EIE sont précisés dans l’ouvrage ainsi que les différentes institutions y afférentes et leurs attributions.

Ces dispositions sont précisées en annexes de l’ouvrage.

L’annexe 1 du décret précise les projets exigeant une EIE à savoir : les activités minières à proximité d’une zone classée « zone sensible », les exploitations mécanisées, l’exploitation de substances radioactives et les traitements physiques ou chimiques in situ.

L’annexe 2 définit les projets soumis à un PEE qui sont en général les activités minières artisanales avec un permis minier du type PRE, les activités de recherche (PR).

1.3 *le code minier et son décret d’application*

La loi n°99-022 du 19 août 1999 portant code minier et son décret d’application n°2000-170 du 20 février 2000. Le code minier a pour objectif de prévoir pour chaque investissement minier une méthode de réhabilitation du site après l’activité afin de préserver l’environnement.

Cette loi définit le cadre réglementaire de l’activité minière ;

- ✓ Les différents types de permis miniers ;
- ✓ Les obligations rattachées à l’exercice des activités minières ;
- ✓ La protection de l’environnement, les redevances minières, l’environnement de travail des employés dans les carrières, la relation entre propriétaires et permissionnaires ;
- ✓ Les différentes dispositions de l’administration vis à vis des opérateurs miniers en cas de manquement à ces obligations.

Son décret d'application précise les obligations complémentaires en matière de protection de l'environnement, ainsi que les attributions des entités concernées par les procédures d'octroi des permis miniers et les différentes opérations administratives et socio-économiques dans le domaine minier.

1.4 L'AIME ou Arrêté InterMinistériel Mine-Environnement

C'est l'arrêté n°12-032/2000 sur la réglementation du secteur minier en matière de protection de l'environnement, prise en application des dispositions du décret n°2000-170 du 15 mars 2000 fixant les conditions d'application de la loi n°99-022 du 19 août 1999 portant code minier, ainsi que celle du décret n°99-954 du 15 décembre 1999 relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement, puis en application de l'article 10 de la loi n°90-033 du 21 décembre 1990 relative à la charte de l'environnement.

Ce texte précise :

-Le rôle et la compétence de chaque autorité administrative relative à la protection de l'environnement dans le secteur minier.

-Les procédures détaillées concernant les EIE, de sa réalisation jusqu'à l'obtention du quitus environnemental

-Les procédures concernant les PEE : la définition des opérations soumises à un PEE ainsi que de sa réalisation.

-Les sanctions et les manquements des obligations

- les dispositions diverses

Les directives pour l'élaboration d'un PEE se trouvent en annexes de l'ouvrage.

Tableau 1: Récapitulation de l'instruction des dossiers environnementaux par type de permis miniers.

Type de permis	Obligations environnementales	Institution chargée de l'évaluation	Durée de l'évaluation	Autorité chargée de la décision d'octroi ou de refus	Durée de décision
E	E.I.E	C.T.E	60 à 120 jours selon le cas	Ministre de l'environnement sur avis du CTE	15 jours après la réception de l'avis du CTE
R	PEE-RIM PEE-RS	CE de la DMG	30 jours ouvrables 35 jours ouvrables	Ministre des Mines sur avis de la Cellule	10 jours ouvrables à compter de la date de réception de l'avis de la cellule
PRE	PEE-PRE	CE des Directions inter-régionales	20 jours ouvrables	Directeur inter-régional des Mines concerné sur avis de la Cellule	5 jours ouvrables à compter de la date de réception de l'avis de la cellule

CE : Cellule Environnement

CTE : Comité Technique d'Evaluation

DMG : Direction des Mines et de la Géologie

PEE-RIM : Plan d'Engagement Environnemental pour les opérations en vertu d'un permis R d'Impact Minimal

PEE-RS : Plan d'Engagement Environnemental pour les opérations en vertu d'un permis R Standard

PEE-PRE : Plan d'Engagement Environnemental pour les opérations en vertu d'un permis PRE

E.I.E: Etude d'Impact Environnemental.

1.5 *loi relative au code de l'eau et ses décrets d'application*

C'est loi n°98-029 du 20 janvier 1999

Cette loi est un instrument juridique qui a pour objectif la préservation d'une pollution, de protection et de conservation des ressources en eau.

Elle précise :

-Que l'eau est une patrimoine publique que ce soit de l'eau de surface ou souterraine -
Une définition de la pollution de l'eau ;

-Que les besoins en eau ne puissent être couverts par des prélèvements d'eau superficielle du domaine public sans autorisation accordée par l'arrêté du ministère de l'hydrologie après avis du comité de l'eau et de l'assainissement.

-Qu'il est interdit de faire des dépôts quelle que soit sa nature dans le lit et sur les bords des cours d'eau, lacs, étangs, et canaux du domaine public.

-Le principe de recouvrement des coûts de traitement et de la distribution de l'eau et la loi établit que celui qui altère ou qui consomme de l'eau a pour obligation de payer des redevances.

-Le principe de pollueur-payeur.

Il y a treize décrets relatifs au code de l'eau : ces projets de texte portent sur le fonctionnement et l'organisation du service public de l'eau potable et de l'assainissement des eaux usées domestiques. Ainsi, chaque article du projet de décret dispose en ce sens :

Article premier : cet article présente en général l'organisation et le fonctionnement du service public de l'eau potable et de l'assainissement qui est précisé ensuite dans les autres articles successifs. Il renvoie en outre les textes sur le tarif et sur le régulateur du service public de l'eau dans d'autre projet de textes séparés.

L'article deux définit les termes clés techniques employés dans ce projet de décret.

La chapitre III : en général, cette partie du texte présente les différents intervenants dans le service public de l'eau potable tout en précisant leurs attributions respectives.

La chapitre IV relate essentiellement du service universel de l'eau potable dont les détails explicatifs sont définis dans ses articles.

1.6 Loi sur la politique de gestion et de contrôle des pollutions industrielles.

Conformément à la charte de l'environnement n°90-003 du 21/12/90 ; cette loi définit le cadre général d'une politique de gestion rationnelle et de contrôle des pollutions industrielles. Elle exige donc de la part de l'investisseur une politique de prévention et de réparation qu'il soit industriel ou artisanal, pouvant porter atteinte à l'environnement que ce soit pour l'utilisation du sol ou ressources naturelles, l'usage des produits susceptibles d'être polluants dans le sol, l'atmosphère ou l'eau.

Cette loi stipule

- les cadres institutionnels, législatifs et réglementaires ;
- la gestion et le contrôle des pollutions industrielles (déchets liquides, solides, atmosphériques, troubles de voisinages et nuisances);
- Droits, devoirs et obligations de l'exploitant ;
- Réglementation des valeurs limite et mises en place d'un système normatif, le régime des installations industrielles ;
- Les dispositions de réparation de l'atteinte à l'environnement, les mesures d'urgence, la prévention, la définition des délits de pollution, l'abus de droit en matière environnemental ;
- Les dispositions diverses et transitoires.

1.7 Le code des aires protégées

Cette loi stipule que la conservation de l'environnement est d'intérêt général suivant l'article 8 de la convention sur la biodiversité ou loi n° 95-013 du 8 août 1995. Ainsi, il est dans la politique de l'état de créer et de gérer des aires protégées sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement et dont la gestion est concédée à un organisme national privé. Cette loi définit ce qu'est une aire protégée, sa classification en RNI ou réserve naturelle

intégrale, PN ou parc national, RS ou réserve spéciale, les modalités d'accès et d'occupation dans ces aires protégées.

Cette loi qualifie d'infraction toutes activités industrielles et minières, prélèvement, détention, vente ou achat, recel de minéraux ou fossiles à l'intérieur des aires protégées. La même loi classe le délit de refus d'honorer les engagements prévus dans les travaux d'intérêt général ou de remise en état du site. On retrouve en annexes la politique de gestion des aires protégées.

1.8 *Loi sur les grands investissements miniers*

C'est la loi n°2001-031 du 8 octobre 2002, cette loi a pour objectif de définir des conditions permettant une garantie de stabilité aux investissements en projet minier de plus de 1.000 milliards de Fmg.

D'autre part, cette loi établit un régime spécial pour les grands investissements du secteur minier c'est à dire pour les projets de plus de 1.000 Milliard de Fmg d'investissement.

Les critères d'éligibilité des projets d'investissement sont stipulés par la même loi.

2 Données de bases relatives aux caractéristiques environnementales

2.1 LE MILIEU NATUREL

2.1.1 Le contexte géologique malgache

2.1.1.1 *la géologie historique de Madagascar*

Au début, Madagascar faisait partie d'un mégacontinent appelé Gondwana qui s'est formé de 1000 à 550Ma par la coalescence des fragments d'un mégacontinent antérieur appelé Rodinia par le regroupement de Madagascar, le continent africain, l'Inde, l'Antarctique, l'Amérique latine et l'Australie.

La dislocation du Gondwana pour donner la configuration actuelle des continents a été amorcée au Permien Inférieur par la séparation de l'Amérique Latine et sa dérive vers l'ouest suivi d'un basculement senestre. En ce qui concerne Madagascar, la séparation du bloc Inde Madagascar Australie et Antarctique du bloc Afrique avait commencé au Trias et l'insularisation de Madagascar a été achevée au crétacé supérieur par séparation de l'Inde qui a coulissé vers le nord. Ce parachèvement s'est effectué par des évènements tectoniques qui auraient fait que le Gondwana s'est fracturé avec un décrochement progressif de l'ensemble Madagascar inde antarctique de l'Afrique suivant une distension est-ouest pendant le Carbonifère Supérieure au Jurassique Moyen avec une fracturation intercontinentale à l'origine de rift et l'installation d'une mer épicontinentale.

2.1.1.2 *la géologie structurale malgache*

Suite à ces mécanismes de dislocation ainsi que des coalescences continentales antérieures, la structure géologique de Madagascar est marquée par des failles et zones cisaillées reparties en deux secteurs : au Nord et au sud de la faille de Bongolava-Ranotsara elle-même de nature chevau-décrochante (Rolin 1999) et est caractérisé comme étant une structure d'accommodation, suite à un poinçonnage du continent africain par le continent de Darwar lors de la construction de Gondwana (Regnoult, 1999).

Au nord, on a principalement le cisaillement majeur de l'Angavo et Betsimisaraka de direction Nord-Sud qui est caractérisé par une verticalisation des structures et une granitisation dans les zones d'intense déformation.

Au sud de ce cisaillement majeur, on a deux structures typiques :

- ⇒ Une structure en dôme et bassin présentant une lithologie granitique, gneiss migmatitiques, de roches vertes ou marbre.

⇒ Zone de cisaillement ductile entre autres les cisaillements de :

- Beraketa de direction N 0 à N5° de longueur 30km,
- Ampanihy N175° à N15° 20km de large
- Ejeda N0° parallèles entre elles et espacées de 20 à 40km
- Bongolava-Ranontsara N140° à N150° senestre de longueur 350km
- Zazafotsy N0° de dimension 15 à 20km.

2.1.1.3 les formations géologiques de Madagascar

La géologie de Madagascar peut être distinguée en trois grands groupes de formations :

2.1.1.3.1 des formations volcaniques :

Le volcanisme malgache est lié à la tectonique de fragilisation et du rifting avorté. Les manifestations volcaniques se font depuis le Katarchéen pour être reprises par les métamorphismes successifs ultérieurs. Les époques les plus marquées sont :

- ⇒ Les volcanismes d'âge précambrien qui n'ont pas laissé de trace,
- ⇒ le volcanisme crétacé à épanchement et essentiellement formé d'émission fissurale à sakalavite, coulée rhyolitique qu'on rencontre sur la côte ouest (Saint André), au centre, sur la côte est, Androy et sud est dont les plus importants sont ceux de Fort-Carnot, Kamoro, Analamaitsso,
- ⇒ le volcanisme tertiaire spécifique du nord de l'île à rhyolite, trachyte, phonolite, andésite, basalte, ankaratrite, ankaramite. Ces laves sont intercalées dans des formations calcaires et des associations d'émission sou marines et fissurales. Elles ont toujours eu un soubassement d'ignimbrite qui témoigne alors de la violence du phénomène initial.
- ⇒ le volcanisme quaternaire et isolé comme au nord d'Antongil, du lac Alaotra, de Vatomandry.

2.1.1.3.2 Une couverture sédimentaire

La couverture sédimentaire malgache est d'âge phanérozoïque intégralement. Elle est très peu déformée et non métamorphisée. Les séquences sédimentaires malgaches se sont

déposées couvrant le tiers de la surface de l'île dans sa partie ouest dans trois bassins : le bassin de Diego, le bassin de Mahajanga et le bassin de Morondava. Outre ces trois gros bassins occidentaux, il y a aussi un bassin littoral oriental étroit parallèle à la côte ainsi que des petits bassins internes (Alaotra-Ankay, Antanifotsy et Sambaina Vinaninkarena). Les séquences sédimentaires les plus complètes de Madagascar sont recelées par le bassin de Morondava. En général, toutes les couches se rencontrent du nord au sud avec quelques variations de faciès et suivant des développements variables même si certaines formations n'affleurent que dans des zones localisées du bassin.

Les trois bassins occidentaux ont une structure monoclinale avec un plongement général des formations vers l'ouest, localement plissée affectant parfois l'allure de semi-bassin synclinal de grand diamètre. Les principales formations (de bas en haut, de l'est à l'ouest à partir du contact discordant avec le socle) sont:

Le système Karroo, caractérisé par des formations continentales synrift, allant du Carbonifère Supérieur à la Fin Jurassique.

Il comprend trois groupes dont :

- Le groupe de la Sakoa (Carbonifère Supérieur à Permien Inférieur) : affleurant exclusivement au sud du bassin de Morondava et constitué de série péri-glaciaire, couche à charbon, série rouge, et le calcaire de Vohitoliha ;
- Le groupe de la Sakamena (Permien Inférieur au Trias) essentiellement constitué à la base par une couche schisto-gréseux et au sommet par une couche argilo-gréseuse. Elle affleure de façon continue dans les trois bassins mais elle est plus définie dans le sud de façon qu'on a pu le diviser en trois parties : Le sakamena inférieur, moyen et supérieur ;
- Le groupe de l'Isalo (Trias Supérieur au Lias). On a deux subdivisions : l'IsaloI à grès grossier, conglomeratique à stratification oblique et entrecroisée visible dans tous les bassins : l'IsaloII à grès argileux fin à moyen et stratification oblique et entrecroisée nommé aussi Makay (RAZAFIMBELO 87) comprenant une partie conglomeratique basale, complexe à gréso-calcaire et une partie gréseuse à lentille d'argile.

Les formations post-Karroo : ce sont les extensions du rift qui a évolué pour être par la suite avortée. Ces couches marines sont beaucoup plus épaisses dans la partie ouest et où le faciès varie d'un bassin à l'autre. Ainsi, le Jurassique Inférieur est présent dans le bassin

de Morondava mais absent dans celui de Mahajanga alors que le Jurassique Moyen formé de grès marin est présent dans les trois bassins. Les périodes de Néogène et Quaternaire sont marquées par des épisodes volcaniques dans le bassin de Diego et d'autre part, on a aussi les bancs calcaires et marnes du crétacé supérieur. Localement, Le Néogène est continental avec des bois fossiles silicifiés.

Cf annexes 1 Tableau n°2 représentant un récapitulatif des formations sédimentaires Karroo

2.1.1.3.3 le socle cristallin malgache

Le substratum géologique malgache est caractérisé par de formations métamorphiques d'âge précambrien qui affleurent sur les deux tiers orientaux de l'île soit environs 40.000km². L'histoire géologique malgache a laissé différentes formations en socle cristallin qui ont conduit à plusieurs synthèses sur l'âge et l'origine des formations (Bésairie 68, Hottin 76, Vachette et Hottin 77, Windley 94, et dernièrement Collins 2002) Dans cette étude, la présentation de ces formations se fera par une classification simplifiée suivant la perception actuelle du concept géologique malgache.

Les travaux entrepris par COLLINS en 2001-2002 résument le concept géologique malgache actuel basé sur la compréhension du rôle et des effets des évènements tectono-métamorphiques et géotectoniques successifs. La présentation se fait ainsi par unité tectono-métamorphique et homogénéité structurale. Ainsi Collins classe le socle de Madagascar comme étant constitué de trois blocs : le bloc d'Antongil dans la partie extrême nord, le bloc de Bekily au sud du cisaillement de Bongolava-Ranontsara et le bloc d'Antananarivo au centre. Par ailleurs dans ces blocs il y a des nappes et des ceintures magmatiques. Pour ce qui est de la division tectonique, Collins recense trois axes majeurs pour l'ensemble de l'île :

- La zone de cisaillement majeur de l'Angavo, Ifanadiana, Alaotra ;
- La suture Betsimisaraka ;
- Le cisaillement Betsiléo ;

La suture est le témoin d'une fermeture d'océan formé suite à la dislocation du mégacontinent primaire nommé Rhodinia formé il y a un milliard d'année et qui s'est refermé pour permettre la coalescence continentale en vue de la construction du Gondwana. Ce dernier s'est disloqué à son tour par le même mécanisme de tectonique des plaques pour la configuration actuelle des continents. Madagascar appartient à la plaque africaine de laquelle elle ne s'est pas détachée du fait que le rift du canal de Mozambique s'est estompé. Madagascar est ainsi perçu, comme étant un assemblage de différents fragments rassemblés

puis disloqués suite à ces deux différents évènements. Le cisaillement de Bongolava-Ranotsara est interprété comme étant une structure d'accommodation gondwanienne (Regnoult, 1999) qui a été réactivé au crétacé supérieur mais non comme une structure majeure (Lardeau et Al, 1999). Associés à ce cisaillement de Bongolava-Ranontsara, il y a trois autres axes cisaillants méridiens : celui de Tranomaro, Ampanihy, Vohibory qui se trouvent dans la partie sud de l'île.

- Les formations cristallines

- a **Le bloc d'Antongil d'âge 3175 Ma**

Ce bloc est formé par la nappe de Bemarivo et le *fragment du craton de Darwar antérieurement dénommé les formations de l'Antongil*.

- ❖ **Les formations d'Antongil**

C'est un fragment du vieux craton de Darwhar qui est un vestige du craton de Gondwana. L'âge le plus ancien connu à Madagascar est situé à Rantabe (3.187 Ma). Ce fragment est essentiellement formé de migmatites, granite à biotite, granodiorite, gneiss amphibolique, gneiss tonalitique et de métagneiss dans sa partie est et metamigmatite dans sa partie ouest. Les roches du bloc d'Antongil ont connu de paragenèse évoluant de l'amphibolite inférieure au schiste vert. Les formations archéennes de Mananara et de Soanierana Ivongo se moulent sur le vieux craton antongilien.

- ❖ **La nappe de Bemarivo**

La nappe de Bemarivo affleure dans la partie Nord du bloc d'Antongil et constitue alors l'extrême nord du socle cristallin de Madagascar. Elle est formée de roches intrusives calco-alcalines dérivant d'un manteau appauvri. Cette nappe est également constituée de gneiss calco-magnésien stable dans de faciès amphibolique retro métamorphisés dans le faciès schiste vert : gneiss d'Ambohipato, Sahantaha ainsi que l'intrusion d'unité basaltique différentiée dans ses phases terminales en pegmatite du groupe de Daraina-Milanoa qui est constitué de deux ensembles : un ensemble de base très largement constitué de séquence métasédimentaire clastique et une séquence sommitale volcanique (andésite, basalte, rhyolite). La partie basale est formée de quartzites et les cipolins qui sont métamorphisés dans le faciès schiste vert dans la partie nord-est, et sud-est puis stabilisés dans le faciès amphibolique. L'âge de la séquence basale n'est pas défini mais l'ensemble de la nappe est daté en 1999 par Tucker de 750 à 714 Ma. C'est un ensemble qui évolue suivant une intensité de métamorphisme assez large (amphibolite- schiste vert) et contraste avec les formations du bloc d'Antananarivo. Cette nappe est marquée par une minéralisation en cuivre et en or.

L'ensemble a une structure à forte préservation de direction de foliation subéquatoriale.

b Le bloc d'Antananarivo

Cet ensemble regroupe la majorité des roches du socle cristallin de Madagascar dont l'âge des granites est de 2550-2500Ma et celui des gabbros 824-719Ma. Une réactivation par les évènements de métamorphisme panafricain de 750-500Ma a donné naissance à des granitoïdes 630-561Ma. C'est un ensemble tectonique caractérisé par des formations de pseudo boudinage et essentiellement formé de granite calco-alcalin, gabbro, syénite datée de 1000-640 Ma intrusifs dans un socle cristallin d'âge archéen. Les caractéristiques typiques de cet ensemble est l'existence un peu partout de granite stratoïde (Andriba, Behenjy). Le bloc d'Antananarivo regroupe deux nappes :

❖ la nappe de l'Itremo

Regroupant ce qui ont été antérieurement dénommés la série schisto-quatzo-dolomitique et le groupe d'Amborompotsy Ikalamavony.

Cette nappe est datée du protérozoïque moyen 1800 à 680Ma par les galènes industriels et à faciès sédimentaire de plate forme continental stable (cipolin, schistes- micaschistes et quartzite) ainsi que son équivalent abyssal (migmatite, granite et gneiss du groupe gneissique) sur des orthogneiss, migmatites et granites d'origine magmatique déformés par l'évènement de 850Ma (Imorona et Ilaka) sont intercalés dans le groupe de l'Itremo. Le groupe d'Itremo a été affecté par l'orogenèse panafricaine qui a permis une mise en place de formations magmatiques batholitiques suivant deux évènements distincts:

- Evénement gabbroïque différencié en ultrabasique de 810- 790 Ma: gabbro de l'Itsindro, Ampanivana, Ranomandry, ...
- Intrusion batholitique de syénite et de granite calco-alcalin de 550 Ma

Un événement hydrothermal postérieur à trois phases consécutives et partiellement juxtaposées a affecté les syénites et les granites batholitiques pour générer les structures de minéralisation en bastnaésite.

❖ la nappe de Tsaratanana

Cette nappe est formée de trois ceintures magmatiques d'âge, de lithologie et de structures similaires: la ceinture de Befandriana-Alaotra-Beforona, la ceinture d'Andriamena-Tsaratanana, la ceinture de Maëvatanana. Chaque ceinture est formée d'un socle de migmatites plus ou moins rubanés avec alternance ou d'intercalation de composante

pétrographique métaultrabasique ou métabasite. Ces trois ceintures sont toutes constituées de roches vertes. Les formations d'Andriamena permet de définir qu'il y aurait en deux événements consécutifs les faisceaux oriental et central de la ceinture d'Andriamena sont datées de 980Ma et le faisceau occidental de 790-810 Ma.

La classification des roches vertes se fait suivant une ligne fictive de direction est-ouest à la latitude d'Antananarivo. Au nord de cette ligne, la formation est ultrabasique à olivine, orthopyroxène et à minéralisation chromifère ; au sud, une formation ultrabasique à olivine et clinopyroxène avec une minéralisation en sulfure de métaux de base (Rakotomanana 1996).

Dans l'ensemble, le pourcentage en basite est important : 20 à 90% en volume (Rakotomanana 1996), la structure est marquée par une verticalisation. Cette nappe est caractérisée par une minéralisation en or, chromite et la platinoïde.

c *Le bloc de Bekily*

Il correspond à l'ancien: système androyen, groupe d'Ampanihy, système de graphite, groupe de Vohibory du système de Vohibory de Bésairie. Correspond également au terrain de protérozoïque inférieur de Hottin.

Ce bloc est formé d'un ensemble leptynitique d'âge Protérozoïque Inférieur et couvrant la partie sud de l'île au sud de Ranontsara. C'est un ensemble caractérisé par une foliation subméridienne et six ceintures magmatiques de pyroxène et de phlogopite de direction nord-sud témoignant d'une activité magmatique. Ces ceintures offrent de grande opportunité de poches de phlogopite exploitées économiquement. Trois shear zones y sont définies : Tranomaro, Ampanihy, et Vohibory.

Le cisaillement d'Ampanihy est responsable de la mise en place des anorthosites annulaires par raccourcissement de filons basiques antérieurs(Aswal et Al, 1993 ; Randrianasolo, 1996).

o Le magmatisme du socle cristallin de Madagascar

L'orogenèse majeure de 2600Ma masque le magmatisme antérieur à cette date sauf le leptynite de Bezavana d'origine rhyolitique qui est témoin d'un certain magmatisme. Toutefois d'autres événements magmatiques majeurs responsables de plusieurs minéralisations méritent d'être mentionnés :

Plutonisme postérieur à l'orogenèse schamwaienne de 2600Ma

De la première manifestation est née le faisceau oriental et central d'Andriamena daté de 982 Ma par Jarkoi en 1980.

La deuxième manifestation a engendré le faisceau occidental d'Andriamena daté de 790 à 810Ma par Guérot en 1990, l'essaim de Bricaville, anorthosites du sud, Ambatofinandrahana, Maëvatanana.

La troisième manifestation a fait paraître le granite de Brickaville, syénite d'Ambatofinandrahana, granite de Carion et d'Anjozorobe.

Les intrusions annulaires gabbro-syénitiques, gabbro calco-alcalines de cap saint André, Dabolava, Ambatovy sont nées de la quatrième manifestation.

- Les principales minéralisations associées au socle cristallin de Madagascar.

Les plus importantes sont

a- la chromite

- Les champs de Beforona, le gisement de Zafindravoay et Beriana, la chromite y est de forme granulée avec $\text{Cr}/\text{Fe} > 2.6$
- Andriamena avec Cr/Fe de 1.2 à 2.8, le gisement de Bemanevika et d'Ankazotaolana
- Ranomafana-Toamasina : chromite à structure massive, submassive mais aucune assimilation de taille économique.

b- le graphite

Il y en a deux types :

- le graphite d'Ampanihy très riche en carbone $> 65\%$. Ce graphite est de type ceylan.
- Les autres gisements de graphite se présente comme minéral accessoire dans les gneiss à sillimanite, biotite ou dans les khondalites (gneiss très riche en sillimanite-graphite).

Le gisement dans la partie est de Madagascar est plus intéressant car l'encaissant très altéré ne nécessite pas d'explosif, l'eau est à proximité et l'évacuation se fait par le chemin de fer.

c- Le mica

Plus particulièrement le phlogopite.

Les gisements de mica sont de nature hydrothermale circulant dans les shear-zones au sud de Ranontsara, des poches de phlogopite se sont formées à l'intersection des shear zones. Les plus importantes mines sont ceux d'Ampandrandava et Benato exploitées en mine souterraine. Celle de Tranomaro a été prospère surtout aux environs d'Andranondambo.

d- Les autres substances

Les autres richesses les plus exploitées sont le labradorite en même temps que le marbre, le granite, les divers faciès pétrographiques requis par le marché comme ornementation et matériaux de construction.

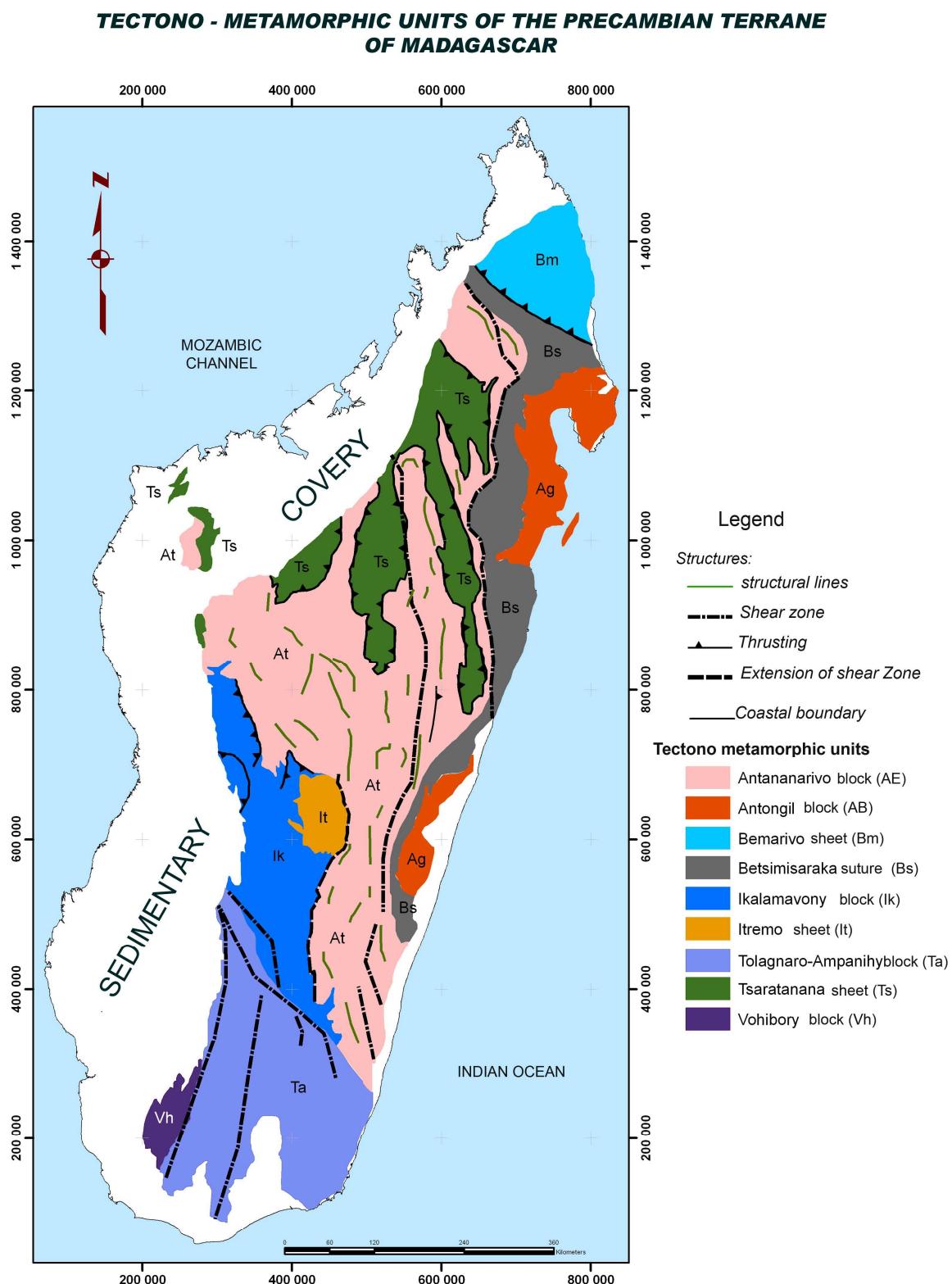
Les pierres précieuses et les pierres fines liées aux pegmatites caractérisent également la richesse minérale malgache. On peut citer: les béryls entre autres l'émeraude, l'aiguë marine ; les tourmalines; le quartz sous ses différentes formes, le saphir et le rubis, les chrysobéryls.

Les autres minéraux industriels faisant actuellement l'objet d'étude de faisabilité d'exploitation sont : le fer de Soalala, le Fe-Ni-Co d'Ambatovy-Analamay, les sables de plages en vue d'une valorisation d'ilménite et de métaux lourds le long de la côte sud-est, sud et sud-ouest de l'île.

Récapitulation des évènements tectoniques et les unités géologiques du centre et Nord de Madagascar. (cf. également figure 1)

Unité tectonique	Événements tectoniques majeurs
Nappe de Bemarivo	754-717Ma magmatisme granitique 715Ma extrusions rhyolitique avec dépôt de grès et conglomérats 520-510Ma métamorphismes granulite avec extension principale sud-ouest
Nappe de l'Itremo	Post 850Ma : dépôt de quartzite, carbonate Déformation isoclinale 800-790Ma intrusions gabbroïque, syénitique et granitoïde dépôt de quartzite déformation, 580-530Ma intrusions granitiques post tectonique avec extension le long du front est (shear zone du Betsileo)
La nappe de Tsaratanana	2520-2490Ma intrusions granitoïdes et gabbroïque déformation (emplacement sur le bloc d'Antananarivo) 790-780Ma gabbros et granite intrusif d'âge similaire au métamorphisme de haute température du ceinture d'Andriamena 637-627Ma intrusion granitoïde déformation intense et transposition des roches récentes en mylonites gneissiques 550Ma intrusions gabbroïque déformation
Bloc d'Antananarivo	2550-2490 formations crustale 2190-1000Ma granites tardifs à zircon xéno cristal 820-720Ma zones de supra subduction et intrusion gabbroïque et granitoïde 630-560Ma magmatisme granitoïde pré550Ma magmatisme granulite suivie d'extension de métamorphisme apparente régressive intrusion de granite tectonique tardif de 561-530Ma
Bloc d'Antongil	3190Ma formations de croûte tonalitique déformation 2510-2535Ma intrusions granitiques dépôt sédimentaire paléozoïque sur érosion de surface

Figure 1: Carte des unités tectoniques de Madagascar d'après Collins et Al (2000)



2.1.2 géomorphologie de Madagascar

La géomorphologie de Madagascar est caractérisée par les ensembles suivants :

- Le relief à altitude élevée qui comprend les hauts plateaux formés de socle majoritairement altéré et aplani. On a un relief de collines latéritiques arrondies séparées par des plaines alluviales suivant les réseaux hydrographiques et des reliefs élevés. L'altitude baisse progressivement vers l'ouest en pénéplaines étagées à partir d'une altitude moyenne de 2000m, et dans sa partie est de façon brusque avec les falaises d'Angavo et de Betsimisaraka.
- Les bassins sédimentaires qui couvrent la partie nord, ouest et sud. Le bassin de la partie nord est dominé par des massifs volcaniques et des calcaires karstiques de faible étendue, avec une plaine argileuse côtière. Dans la partie ouest, le bassin se présente en pente douce vers l'ouest avec des paysages en cuesta dans les massifs gréseux, les plateaux calcaires du jurassique. Le bassin du sud est constitué par une pénéplaine continentale en pente douce vers le sud, dominé par des dunes anciennes et récentes le long de la côte.
- un bassin étroit le long de la côte Est. Un bassin marécageux couvre la partie intérieure de la côte mais le long de la côte est couverte par un bassin sableux.

Dans l'ensemble : les côtes de Madagascar sont caractérisées par des mangroves et des marécages le long de la côte ouest, par des dunes dans la partie sud- ouest et extrême sud et par des plages sableuses à l'est.

2.1.3 pédologie de Madagascar

Les principaux critères de différenciation de profil-type de sol à Madagascar sont la nature, l'intensité d'altération de la roche-mère, la concrétion ou l'induration d'une partie du profil et la couleur.

Dans l'ensemble du pays la pédologie est dominée par les trois types de sol :

- sols ferralitiques couvrant 243000km² soit environ 40% de l'île ; Ce type de sol se repose sur des gneiss, migmatites, granites, dolérites, basaltes et sur grès calcaires. On les rencontre dans le secteur de Tampoketsa et Ouest de Tananarive, sur la côte est, les régions volcaniques et aux environs de Fort-Dauphin.

- Sols ferrugineux tropicaux sur base sédimentaire sables et grès, gneiss et roche basique couvrant 166000km² dans le secteur nord ouest, l'Androy, Diego.
- sols minéralisés couvrant 158000km² sur les hautes terres, les versants occidentaux, l'extrême sud que l'on peut distinguer :
 - sols rouges et jaunes de décalcification sur calcaires et dunes anciennes du district de Mahajanga, Mahabo et l'extrême sud.
 - sol hydromorphe sur sable, les terrains marécageux et les cuirasses comme dans le lac Alaotra, Manjakandriana, Soavinandriana, Fénérive, Sofia, Mania, Morondava.
 - sol calcimorphe sur des grès calcaires d'Analalava, Ambatoboëni, Tsihombe.
 - sol halomorphe sur des alluvions récentes de Mahavavy, Mangoky, Betsiboka, Tuléar, Ihosy, Andringitra.
 - sols jeunes sur des alluvions, dépôts fluviomarins, sol dunaire, sol volcanique que l'on rencontre le long des rivières et des fleuves de l'ouest.

2.1.4 climatologie de Madagascar

Madagascar est presque entièrement situé dans la zone tropicale. Mais l'influence du relief, de la latitude et de l'exposition crée une très grande diversité du climat entraînant une complexité extrême des régimes hydrologiques. On distingue deux grandes saisons à Madagascar :

- La saison fraîche : d'avril en août. On a une pluie strato-cumulus dans les régions orientales et une sécheresse dans la partie occidentale.
- La saison chaude : le reste de l'année d'octobre en avril ; une instabilité orageuse se présente en toute région durant cette période et parfois caractérisée par des perturbations cycloniques.
- Les intersaisons : on retrouve alternativement les caractéristiques des deux saisons de Septembre-Octobre pour le passage saison fraîche- saison chaude où il y a fréquence d'un temps orageux sur les zones à altitude élevée, en Avril-Mai pour la saison chaude-fraîche. On distingue quatre régions climatiques principales :

2.1.4.1 *Les régions à climat perhumide :*

Ces régions sont caractérisées par une précipitation annuelle supérieure à 2000mm/an et une absence de saison sèche. Ce type de climat se rencontre sur le versant oriental de l'île. Suivant l'altitude, on distingue :

- De 0-500m : perhumide chaud, la température moyenne est de 21 à 24° et de 12 à 14° durant la saison fraîche ;
- De 500 à 800m : perhumide frais avec une température moyenne de 21 à 23° et 10° en période fraîche ;
- Altitude supérieure à 1600-1800m perhumide froid avec une température de 15.5° et pouvant atteindre 8.9 à –1° en période fraîche.

2.1.4.2 *Les régions à climat humide :*

La précipitation annuelle est entre 1500mm à 2000mm, la période sèche est inférieure à 3 mois suivant l'altitude, la saison peut être chaude, tempérée, fraîche et froide. C'est le climat typique des hautes terres.

2.1.4.3 *Le climat subhumide :*

Il se rencontre dans la partie occidentale et nord ouest de l'île et se caractérise par une précipitation comprise entre 1000 à 1500m, la période sèche dure 5 à 6 mois et pour les zones côtières 6 à 7 mois.

2.1.4.4 *Le climat semi-aride :*

Ce climat est typique de la région sud Ouest et dans l'extrême sud. La précipitation annuelle est entre 350 à 700mm et la période sèche dure 7 à 8 mois. Pour l'extrême sud on a un climat sub-aride avec une précipitation annuelle de 350 à 500mm. La température moyenne des deux s'élève à 23 à 26°.

L'annexe 1 tableau n°6 présente un récapitulatif de ces données climatologiques.

2.1.5 hydrographie

L'organisation régionale des régimes hydrologiques apparaît assez clairement à partir des relations hydropluviométriques : la sectorisation des régimes correspond à la sectorisation climatique, l'influence des facteurs conditionnels non climatiques (géomorphologie et végétation) est prépondérante.

Les rivières de Madagascar prennent leurs sources dans les hauts plateaux et s'écoulent vers l'ouest, vers le sud et vers l'est. (figure 2)

Cinq grandes unités peuvent être identifiées :

2.1.5.1 *les régimes du Nord*

Ils y existent quelques petits écoulements issus du massif volcanique crétacé du bassin de Diego. on peut distinguer:

- Le régime de l'extrême Nord et la montagne d'Ambre
- Le régime du massif de Tsaratanana et de ses bordures
- Le régime d'un petit secteur Nord-Est intermédiaire entre ces deux massifs.

Dans l'ensemble ; les cours d'eaux présentent des formes très allongées avec des fortes pentes et des superficies réduites inférieures à 100km^2 . Ces fleuves sont : Besokatra, Saharenana, Tsaratanana et Lokoho.

2.1.5.2 *le régime du versant Est :*

Le débit de crue est très élevé ainsi que de l'étiage 13 à 30 litres au $\text{km}^2/\text{seconde}$. Les principales rivières sont : Maningory, Mangoro et Mananara. Elles ont des eaux chargées d'argile.

2.1.5.3 *Les régimes des hautes-terres*

Les plus grands fleuves sont : Betsiboka, Tsiribihina, Mangoky. Les crues décennales de l'ensemble sont de $180\text{l/seconde}/\text{km}^2$ quant à l'étiage le débit est estimé à $3 \text{ à } 8\text{l/s}/\text{km}^2$;

2.1.5.4 *régimes des pentes occidentales :*

Les rivières de l'Ouest descendent rapidement des hauts plateaux en charriant une quantité énorme de matières en suspensions et colloïdes argileux et s'écoulent ensuite dans les larges lits boueux pour se jeter dans le canal de Mozambique par les deltas vaseux à palétuviers. On a le Sofia, Betsiboka, Mahavavy, Manambolo, bassin inférieur de la Tsiribihina ; le débit de crue est de $850\text{l/s}/\text{km}^2$ et l'étiage débite à $1 \text{ à } 2\text{l/s}/\text{km}$.

2.1.5.5 le régime du sud-ouest :

Les plus grands fleuves sont le Mangoky et l'Onilahy dont le débit de crue est 1000l/s/km² et ce de l'étiage 4à6 l/s/km².

Les rivières du Sud ont des régimes d'oued à très faible écoulement voire nul en saison sèche, avec des crues violentes de courte durée lors d'une grosse pluie.

Tous ces fleuves sont en écoulement permanent toute l'année.

Voir annexe1 tableau n°3 récapitulatif de régime hydrologique de l'île.

2.1.5.6 Les bassins versants :

Les bassins versants associés à ces régimes hydrologiques peuvent être classés selon le type de substratum et le régime du drainage.

On peut distinguer cinq bassins versants pour l'ensemble de l'île :

- ✓ Le versant de la montagne d'Ambre présente une superficie de 11.200 Km² et est drainé par les rivières Irodo, Saharenana, Besokatra. La forme allongée et la forte pente caractérisent ce bassin de la montagne d'Ambre.
- ✓ Le versant oriental, a une superficie de 150.000km². Ce bassin s'étend sur 1200 km d'Antalaha à Taolagnaro. Les plus grands fleuves sont Mahavavy, Sambirano, Maevarano, Bemarivo, Lokoho.
- ✓ Le bassin versant occidental a une superficie de 365000km². Ce bassin versant présente une morphologie en pente modérée et des exutoires en deltas.
- ✓ Le versant sud avec une superficie de 49.000km² est caractérisé par sa forme étroite en vallée tectonique d'orientation nord-sud ;
- ✓ Le versant de Tsaratanana (20.000km²) repose sur des socles granitiques et des terrains volcaniques. Les bassins ont de formes centrifuges à pente initiale forte et à relief vigoureux.

Le tableau n°5 présenté en annexe ainsi que la figure 2 résument les données sur les bassins versants de Madagascar.

Figure 2: Carte des réseaux hydrographiques et bassins versants



2.1.6 hydrogéologie :

Les zones hydrogéologiques de Madagascar sont : les socles fracturés des hauts plateaux, les zones volcaniques de la partie sud des hauts plateaux, le bassin sédimentaire de l'extrême sud, bassin sédimentaire de Tuléar, bassin sédimentaire de Morondava, Mahajanga et Diego, le sable de plage de la côte Est (figure 3). On estime 140 millions de m³ d'eau souterraine pour l'ensemble de l'île.

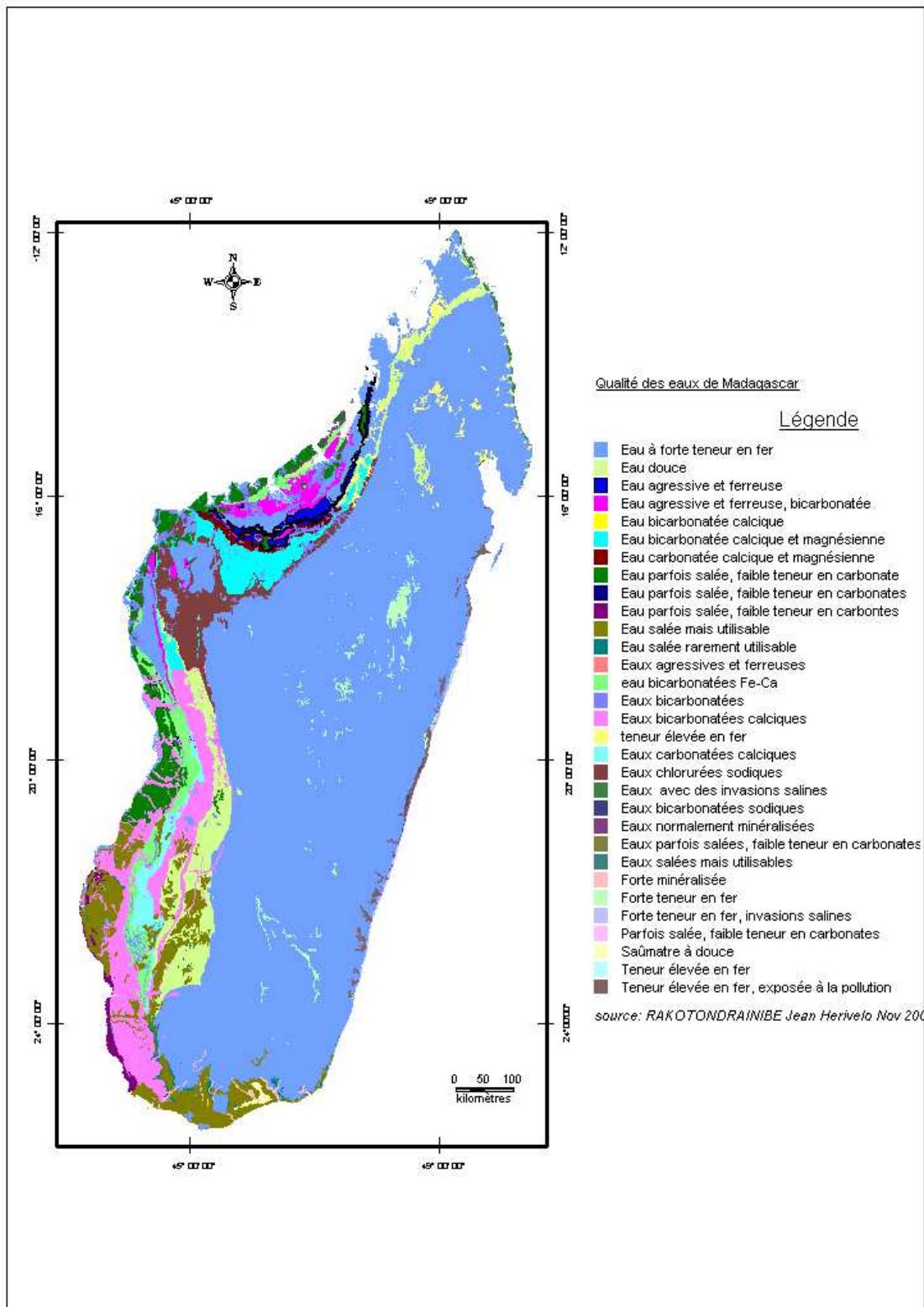
Toutes les eaux de ces nappes sont de très bonne qualité. Toutefois, la chimie des eaux de Madagascar peut être classée en trois grandes familles selon leur qualité :

- Les eaux très faiblement minéralisées : hauts plateaux cristallins
résistivité=10000 Ω cm
- Les eaux normalement minéralisées 10000< résistivité <1000 Ω cm côte est et côte ouest
- Les eaux fortement minéralisées à résistivité= 1000 Ω cm de l'extrême sud.

En règle très générale, les eaux de Madagascar sont toutes bicarbonatées riches en NCO₃, Fe, les eaux éocènes et du jurassique ainsi que les eaux des terrains récents sont calciques et magnésiennes.

cf. annexe 1 tableau n°4 et figure 3 pour un tableau et carte représentative de l'hydrogéologie.

Figure 3: Carte hydrogéologique de Madagascar



2.2 LE MILIEU BIOLOGIQUE :

Cette partie résumera les différents aspects biologiques de Madagascar.

2.2.1 description de la biodiversité malgache :

Madagascar possède un patrimoine biologique unique au monde. La grande diversité des écosystèmes naturels, l'isolement ancien de l'île ont favorisé l'évolution des espèces animales et végétales mises en place avant la séparation des continents et qui y ont trouvé les conditions favorables à leur développement. Plusieurs de ces espèces sont endémiques et méritent d'être précisées.

2.2.2 la situation actuelle des écosystèmes floristiques :

L'examen des cartes de formation végétales (H.Humbert 1965, FARAMALALA 95) ont permis de noter les formations végétales suivantes : les formations primaires ou formation à végétation originelle avant toute intervention humaine, les formations spécialisées liées à des conditions écologiques particulières et les formations secondaires incluant les cultures et plantations, ce sont des végétations de remplacement pour revaloriser les terres après disparition des couvertures végétales.

La végétation malgache est très fortement diversifiée. Elle se caractérise par l'extrême fragilité de sa biodiversité, les espèces malgaches présentent des caractères dit insulaires c'est à dire qu'ils ne supportent pas la concurrence, l'agressivité des espèces introduites après des perturbations profondes de ses écosystèmes.

La forêt abrite une faune très riche. Malheureusement, plus de 200.000ha de végétation ligneuse naturelle est abattue ou brûlée chaque année, bien que cette valeur ait diminué à 100.000ha durant les dix dernières années. La principale menace est la déforestation à des fins agricoles.

A Madagascar, la formation climacique est globalement forestière.

2.2.2.1 *Les formations primaires*

Deux formations distinctes peuvent être citées :

2.2.2.1.1 *Les forêts primaires*

Les formations primaires comprennent :

- forêts denses humides sempervirentes sur la partie orientale, le Sambirano et l'extrême nord de l'île.
- Forêt sclérophylle de montagne sur les hautes terres centrales ;
- Forêt dense sèche au Nord ouest, ouest et sud ouest
- Forêt sclérophylle de moyenne altitude sur la partie occidentale du centre de l'île

2.2.2.1.2 *les fourrés*

Les fourrés se développent sur les hautes terres et la partie sud de l'île, on distingue :

- les fourrés de montagne sur les hautes terres
- bush au sud ouest et sud

2.2.2.2 *les formations secondaires*

Ce sont les savoka et les savanes, ils dominent sur les régions centrales à forte densité démographique, la partie orientale de Mananara à Ford- dauphin, dans la partie sud ouest aux alentours de Tuléar, au sud dans le bassin de Mandrare.

Pour les espèces aquatiques: aucune famille aquatique n'est endémique, le seul genre endémique est le Scholleropsis. Pour les espèces, on a le CYPERACEAE, APONOGONACEAE, ERIOCAULACEAE, PANDANACEAE.

cf. figure4 pour la répartition biogéographique des formations végétales.

Figure 4: Carte d la répartition biogéographique des formations végétales

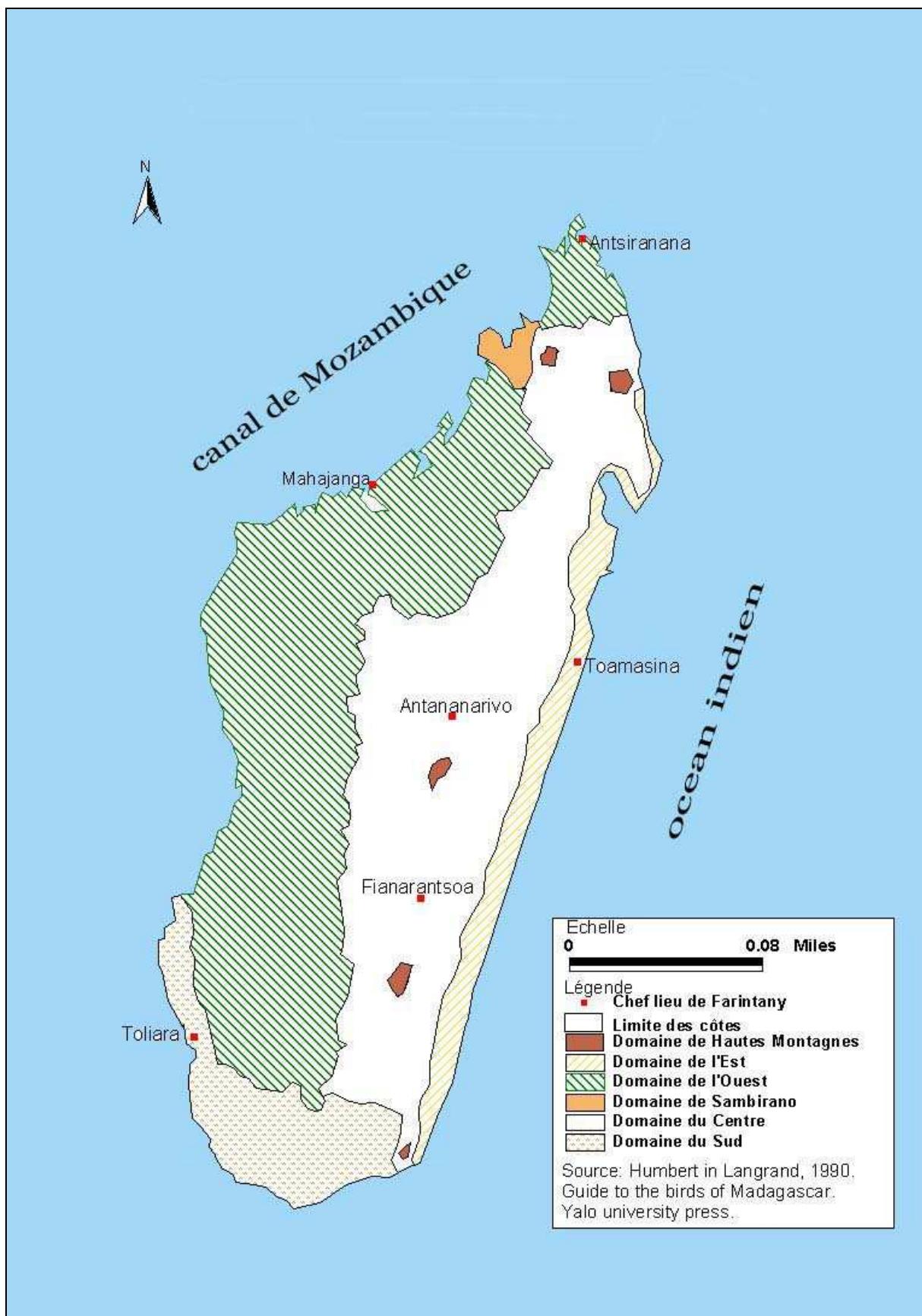
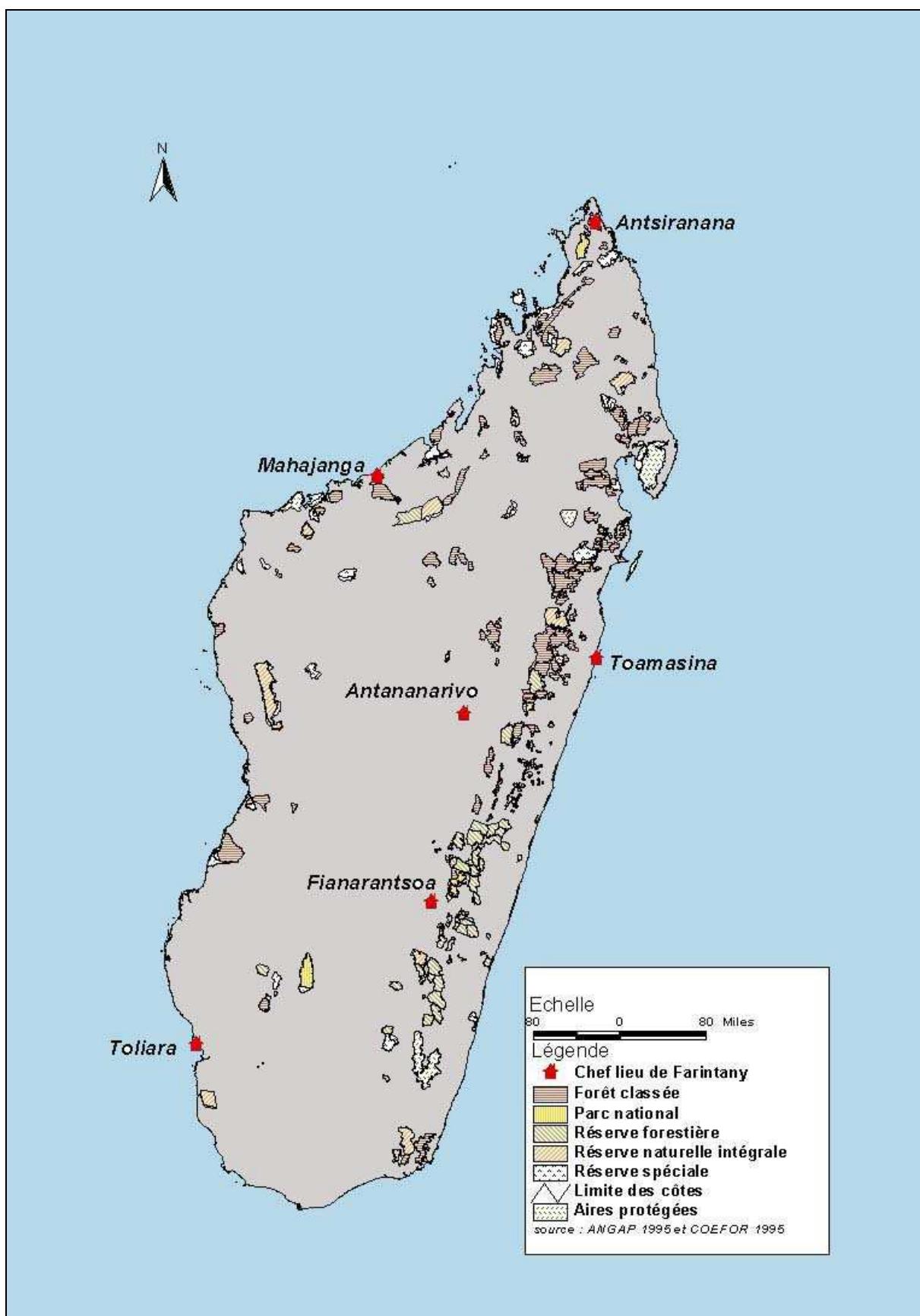


Figure 5: Carte des aires protégées de Madagascar



2.2.3 Description de la biodiversité animale:

Les principaux groupes faunistiques malgaches sont:

2.2.3.1 *Les Amphibiens*

On recense 179 espèces et reparties en 3 familles :

famille	Sous-famille	Nombre de genre
HYPERILIDAE		1
RANIDAE	RANINAE	2
	MANTELLINAE	2
	RACOPHORINAE	2
MICROHYLLIDAE	COPHYLLINAE	7
	SCAPHYOPHRINAE	2
	DYSCOPHYNINAE	1

Les amphibiens de Madagascar dont 3 ne sont pas endémiques se rencontrent dans les forêts denses humides.

2.2.3.2 *Les reptiles*

256 espèces sont recensées et sont reparties en deux groupes : les BOIDAE et IGUANIDAE ainsi que les CHAMELEONIDAE ; les reptiles engendrent les tortues avec 5 espèces endémiques, les serpents repartis en trois familles endémiques : TYPHLOPIDAE, BOIDAE, COLUBRIDAE, les lézards et caméléons : GECKONIDAE, IGUANIDAE, CHAMELEONTIDAE, SCINCDAE, CORDULIDAE.

2.2.3.3 *Les oiseaux :*

Les variétés d'oiseaux de Madagascar sont reparties en 135 espèces dont 5 familles endémiques : MESITHORNITIDAE, LEPTOSOMATIDAE, BRACHYPTERACIIDAE, PHILEPITIDAE, VANGIDAE. Les habitats des oiseaux sont la forêt, lacs et étangs, cours d'eau et rizières, estuaire, lagunes et étangs, savanes, mangroves, zone de plantation.

2.2.3.4 les mammifères :

Ce groupe engendre :

- Les carnivores (VIVERRIDAE),
- Les chiroptères : EMBALLONURIDAE, HIPPOSIDERIDAE, MOLOSSIDAE, MYSOPODIDAE, NYCTERIDAE, PTEROPODIDAE, VESPERTILIONIDAE ;
- Les insectivores : SORECIDAE, TENRECIDAE ;
- Les primates CHEIROGALEIDAE, DAUBENTONIDAE, INDRIIDAE, LEMURIDAE MEGALADAPIDAE ;
- Les rongeurs : MURIDAE.
- Les in vertèbres avec 868 espèces répertoriées dont quatre non endémiques : BUPRESTIDAE, CHRYSOMELIDAE, CERAMBYCIDAE, LUCANIDAE, CURCULIONIDAE. Ils vivent généralement dans les aires protégées.

En tant qu'espèces aquatiques il y les mollusques dont on recense 361 espèces endémiques.

Les poissons sont représentés par deux espèces endémiques : BEDOTIIDAE et CICHLIDAE

La faune malgache est très riche et se caractérise par une endémicité exceptionnelle. La plupart des espèces sont forestières. Une destruction de leur habitat constitue une menace pour leur survie.

2.3 LE MILIEU HUMAIN :

2.3.1 l'aspect économique :

Madagascar est classé parmi les pays les moins avancés du monde, dont le PNB est de 250\$ par habitant /an.

L'île exploite ses ressources naturelles pour l'exportation et la survie de sa population. Cette exploitation de ressources naturelles est la base d'activité de survie de plus de 75% de sa population totale.

En 2001, la répartition du PIB est de 150000 emplois du secteur privé. Les ressources naturelles à savoir la production agricole, forestière et minière concernent 75% de la population soit 11.3 millions de personne. Le secteur agricole offre 30 % de recette à l'exportation : café, vanille, girofle, cacao, litchis...C'est la principale activité lucrative de la population de la côte est et central du pays, pour la riziculture et les agrumes le pays est classé HARIMALALA TSIVERISOA Herizo/ mémoire de fin d'étude d'ingénierat en géologie

second producteur de riz en Afrique subsaharienne mais malgré cela, le pays importe une importante quantité de riz qui, en substitut avec le manioc et d'autres céréales, constitue la base de l'alimentation des malgaches. Pour l'élevage : l'élevage bovin reste très peu exploité, quant au secteur minier, le secteur n'occupe que 3 à 4% du PIB. Cela est du à la dominance de l'informel dans l'activité économique du secteur minier, cette activité reste les principales activités lucratives de la partie sud du pays. Ces activités d'exploitation se font de façon artisanale.

Pour le secteur secondaire, l'industrie fournit 13% du PIB principalement de la transformation des produits agricoles : agroalimentaires, textiles, produits pharmaceutiques...

D'après l'étude de l'INSTAT en 1998 : il y a eu 193340 nouveaux employés dont 50000 emplois dans les zones franches ce qui est près de ¼ de l'emploi industriel du pays. Ce genre d'activité ainsi que le secteur tertiaire, le bâtiment et tourisme prospère dans les milieux urbains. Le secteur bâtiment et travaux public emploie 10000 personnes soit les 17% de l'entreprise industrielle.

La répartition des emplois et le chômage à Madagascar en 2001:

On a dénombré 13.250.000 individus potentiellement actifs soit 63.9% de la population totale dont 67.8% en milieu rural.

Le chômage touche 385400 personnes en 2002. Près de 43% des chômeurs vivent en milieu urbain et 15% dans la capitale. Plus de 35% des chômeurs recensés dans toute l'île vivent à Antananarivo.

Pour le transport et les infrastructures routières :

On compte 31438 km de route toutes catégories avec 14.18% considérées en bon état dont 44% en route nationale, 10% des routes provinciales, 11% des voies communales. 22% de l'ensemble du réseau est revêtu.

- Pour le transport maritime et fluvial :

On compte 17 ports dont un principal celui de Tamatave qui enregistre 68% du trafic total portuaire soit 2.4 millions de tonne de marchandise. 16 autres ports secondaires dont trois longs courriers, le reste sont des ports de cabotage.

- Le transport aérien :

Madagascar compte 139 aérodromes mais 55 seulement sont ouverts à la circulation. Seul l'aéroport d'Ivato suit les normes des pistes internationales, le reste sont des aérodromes principaux et secondaires.

- Le transport ferroviaire

Madagascar possède 895 km de voies reparties en réseaux non reliés : TCE ou Tananarive côte est 377km, Moramanga lac Alaotra 168km, Antananarive-Antsirabe 153km et Fianarantsoa côte est 163km. La médiocrité de l'infrastructure et le manque d'entretien offre un service plutôt médiocre.

Actuellement, une société étrangère privée entreprend des travaux de réhabilitation et remise en état des gares et engins de transport ferroviaire. D'antan, le transport ferroviaire assure l'intégralité des transports de voyageurs et des marchandises diverses. A titre d'exemple, le chemin de fer assure l'évacuation des chromites d'Andriamena vers le port de Toamasina, le transport des carburants sortant de la raffinerie de Toamasina jusqu'à Antananarivo, les transports des bananes de la côtes sud-est vers le centre du pays, ce mode de transport présente aussi des avantages pour les zones enclavées lors des périodes de pluie. La relance de ce mode de transport est donc très sollicitée aussi bien par la population que par les opérateurs.

2.3.2 L'aspect social

2.3.2.1 La santé :

La population compte actuellement seize millions d'habitants à population classée « jeune » 44% a moins de 15 ans, 53% entre 15 et 65ans et 3% ont plus de 65ans. L'espérance de vie à la naissance des malgaches est de 54 ans.

Deux tiers de la population malgache ne disposent pas d'infrastructure sanitaire de service pour l'élimination des déchets. D'autre part, 1/3 des malgaches vivent à moins de quinze minutes d'un point d'eau potable ; ce qui résulte des infections gastro-intestinales, maladie diarrhéiques. Le taux de mortalité infantile et juvénile est de 159/1000. (DSRP 2003).

Les maladies qui infectent la population le plus sont : les infections respiratoires aiguës, le paludisme, la tuberculose, la lèpre, la peste, la diarrhée, le choléra et l'IST. Les autres facteurs du taux de mortalité infantile élevé sont : la mortalité maternelle, le mal nutrition, le faible taux de vaccination.

Concernant le VIH/sida, on dénombre 11000 individus affectés avec une moyenne d'âge de 27.5 chez les femmes et 34.4 chez les hommes (Instat 2002). Madagascar compte 11 médecins, 22 infirmiers, 11 sage-femmes, 1 dentiste pour 100.000 habitants.

2.3.2.2 *L'éducation :*

La population malgache compte 45.7% de non instruits, contre 42.4% de niveau primaire, 9.3% de niveau secondaire et 2.5% de niveau supérieur. Parmi tous les Faritany de Madagascar, Tuléar présente un fort taux de non instruits (71%), dont 23% de niveau primaire alors que pour Antsiranana 51% de la population a un niveau d'instruction primaire. Pour Antananarivo, 22% de la population de quatre ans ou plus ont un niveau secondaire ou supérieur. Les tableaux représentés en annexes nous renseignent davantage sur le niveau d'éducation des malgaches.

2.3.2.3 *La culture*

La nature des occupants originels d'une région influence ses rites et coutumes : l'Arabe pour la partie sud est, l'Indonésien pour le centre, les portugais au sud, les musulmans aux nord et ouest mais certaines pratiques comme le respect des aînées et des personnes âgées, le respect des ancêtres, la circoncision, le retournement de morts ou les cultes animistes sont communs. Certaines de ces pratiques sont encore respectées même avec la venue du christianisme aux 18ème qui compte actuellement 51% de fidèles.

Toutes zones de culte et de vénération, tout objet relatif aux ancêtres surtout les tombes et les stèles, certaines croyances comme les « fady » ou tabou, la décision des aînées ou les notables villageois sont considérés comme sacrés pour les Malgaches et ne devraient en aucun cas être profanés.

3 Description des activités minières actuelles.

Géologiquement, Madagascar présente un potentiel minier intéressant. Malgré cela, l'industrie minière n'est pas encore prospère, contrairement aux autres pays principaux producteurs miniers, qui eux présentent une situation géologique similaire à celle de Madagascar.

Pour Madagascar, les activités minières sujettes à une exploitation notamment de pierre précieuse, l'or et quelques pierres ornementales sont en majorité informelles. Toutefois, on peut classifier ces activités suivant les différentes phases du projet.

3.1 La phase de recherche:

D'après le code minier : on entend par « recherche », l'ensemble des travaux géologiques, géophysiques, géochimiques, exécutées sur la terre ou en profondeur, en vue d'évaluer des indices ou gîtes de substances minérales pour en établir la nature, la forme, la qualité, la continuité et le volume ainsi que les conditions de leur exploitation, concentration, transformation et commercialisation et de conclure à l'existence ou non d'un gisement exploitable.

Le permis de recherche « PR » confère à son titulaire le droit exclusif d'effectuer la prospection et la recherche à l'intérieur du périmètre délimité.

Cette phase de recherche précède normalement l'exploitation pour les grandes sociétés envisageant une exploitation à moyenne ou à grande échelle.

La recherche d'indice par la bibliographie des travaux antérieurs et l'analyse cartographique débute les travaux de recherche. La cartographie géologique malgache est datée des années 1970, grâce à une collaboration avec l'USAID, une mise à jour de ces cartes a été possible à partir des images prises en 2000 par Landsat. Des indices minéralisés sont signalés partout dans l'île. Toutefois, certaines informations géologiques et métallogéniques résultant des travaux entrepris antérieurement par des sociétés ou organismes étrangers n'ont jamais fait l'objet d'un rapport pour publication, ces informations ne sont pas ainsi disponibles.

D'autre part, la géologie structurale et le concept géologique malgache sont encore discutés ; la perception de la géologie varie selon l'évolution des résultats d'études et de recherches.

Les travaux sur terrain ou sur le site consistent à matérialiser ces indices par une exploration des lieux et un échantillonnage.

Une étude plus approfondie peut se faire ensuite par différente méthode :

La méthode géochimique : cette méthode consiste à prélever des échantillons suivant une maille régulière ou suivant un axe prédéfini comme le long d'une faille ou en aval d'une rivière. Le but est d'évaluer la teneur de la substance recherchée contenue dans l'échantillon par un procédé chimique ;

La géophysique a pour but de préciser la présence et la profondeur d'un gisement qui se traduit par une anomalie électrique, magnétique, gravimétrique en utilisant l'appareil adapté à la mise en évidence la substance recherchée.

Les résultats encourageant des étapes suscitées emmènent l'opérateur à entamer une prospection à échelle stratégique ou prospection détaillée sur un espace restreint. Cette étape de prospection est souvent réalisée par *des forages* à mailles réguliers, le but est de concrétiser l'extension et la dimension du gisement. Cette méthode de reconnaissance par forage consiste à forer des points uniformément repartis sur le périmètre par un engin muni d'outil spécial. L'utilisation de lubrifiant comme l'eau, la boue, l'air comprimée, la bentonite diluée dans de l'eau lors des travaux de forage est facultative suivant les caractéristiques de l'encaissant, de la substance, de la couverture superficielle.

L'aménagement, ouverture des pistes ou voies d'accès pour la foreuse et le transport de matériel afférent aux forages sont souvent nécessaires pour accéder au site et sur les points de forage.

Les infrastructures de campement durant la phase de recherche sont temporaires.

Le principal problème des activités de prospections minières actuelles malgaches est la disponibilité et le manque de fiabilité des informations.

Pour les activités artisanales- extraction de gemmes et de l'or-, cette étape se résume en une découverte d'indice en surface ; l'exploitation se fait ensuite au hasard, en creusant le sol instinctivement aux alentour de la découverte d'indice.

3.2 La phase d'exploitation

On entend par exploitation : toute opération qui consiste à extraire ou à séparer des gîtes naturelles ou des eaux des substances minérales pour en disposer à des fins utilitaires ou esthétiques et comprenant à la fois des travaux préparatoires, l'extraction et éventuellement l'installation et l'utilisation des facilités destinées aux traitements et à l'écoulement de la production.

L'industrie minière malgache est très variée, plusieurs types de minéraux à destination diverse sont exploités et travaillés : les pierres précieuses et pierres fines, les minéraux de collection, les métaux précieux, les minéraux à usage industriel et architectural.

Toutes les mines exploitées à Madagascar sont à ciel ouvert, la méthode utilisée reste anarchique pour les petites mines artisanales (1 à 25 employés) et peu de technologies récentes pour les mines mécanisées (400 employés au maximum), pour le moment les grandes mines ou mine à grande échelle n'existent pas encore mais des projets encours sur certains gisements importants sont en développement.

Généralement, la description de ces exploitations se présente en quatre catégories :

3.2.1 L'orpailage et l'exploitation de l'or :

L'or reste pour le moment le seul métal précieux exploité à Madagascar bien que des indices des métaux appartenant au groupe de platine et platinoïde aient déjà fait l'objet d'étude d'exploitation. L'orpailage constitue avec l'exploitation des gemmes, la majorité des activités minières artisanales. Une étude menée en 2003 a permis de décrire les activités d'orpailage à Madagascar.

3.2.1.1 Les principaux gisements aurifères :

Les principaux gisements aurifères exploités actuellement sont : Betsiaka, Tsaratanana, Maëvatanana, Betsiriry, Beforona, Anjomà-Ramartina, Ejeda, Andavakoera, Tsinjoarivo.

Les orpailleurs et les artisans miniers exploitent aussi bien les gîtes alluvionnaires et les gîtes éluvionnaires que l'or primaire dans les altérites, les roches saines étant plus difficiles à exploiter, peu ou pas d'exploitation n'est enregistré à cet effet. On recense 8000 milles personnes travaillant sur ces sites d'exploitation.

3.2.1.2 Les méthodes d'exploitation :

Les méthodes d'extraction utilisées sont semblables dans tous les gîtes aurifères de l'île. Dans les zones d'altération latéritiques, des tranchées et des galeries sont directement travaillées sans l'aide de tirs de mine. Avant d'entrer en laverie, le minerai abattu est trié à la main pour alléger l'ensemble des graviers et galets. Suivant l'échelle d'exploitation, la laverie est souvent équipée de concasseurs, la séparation finale se fait par une table à secousse.

Pour la méthode anarchique et artisanale, l'abattage se fait à la pelle et à la pioche par tranchées ou par des trous de rat en suivant la veine aurifère. La mine abattue est triée à la main et lavé dans les canaux creusés le long des pentes de collines (lakantany), la finition se fait à l'aide d'une batée ou sluices dans le cours d'eau.

Aucun produit chimique particulier n'est employé lors de l'exploitation que ce soit artisanaux ou mécanisés. Par contre l'opération nécessite une quantité importante d'eau et se pratique souvent à proximité ou directement dans un cours d'eau. Aucune mesure environnementale n'est prise dans les activités d'orpaillages.

La majorité des gisements sont envahis par des exploitants illégaux utilisant des méthodes archaïques. Les conditions de vie dans les villages minières sont très médiocres. Aucune installation sanitaire, ni accès à l'eau potable n'y est constaté, en plus les infrastructures d'habitation sont salubres et la situation sociale très précaire.

3.2.2 des pierres précieuses et les minéraux de pegmatite :

Différents types de gemmes sont exploités à Madagascar, aussi bien des gemmes rares et précieuses comme le saphir, rubis, émeraude, alexandrite que des pierres fines diverses.

Ces pierres précieuses et pierres fines malgaches sont reconnues mondialement pour leur qualité exceptionnelle, malgré cela leur exploitation reste à l'échelle artisanale.

Cependant, ce type d'activité occupe avec l'orpaillage la majorité des activités minières à Madagascar avec presque 70% des permis octroyés repartis dans toute l'île. L'orpaillage et l'extraction des gemmes emploient quelques 100.000 à 200.000 personnes dans le secteur informel contre 5000 personnes pour le secteur formel. Le secteur formel est lui-même dominé par l'extraction du type artisanal soumise à un « PRE ».

La méthode dite artisanale est caractérisée par l'utilisation des méthodes traditionnelles qui comprennent essentiellement l'emploi d'outils manuels et la force humaine ou animale pour l'extraction et les traitements des substances minérales du sol ou du sous-sol.

La manque de moyen technologique ne permet pas d'extraire les gemmes dans les roches saines, les gisements de gemmes actuellement en exploitation sont situés dans le sol latéritique.

3.2.2.1 Localisations des gisements

Plusieurs gisements sont exploités dans toute l'île parmi eux, les plus reconnus sont :

Le saphir d'Ilakaka, d'Andranondambo, de Sakaraha, de Diego.

Le rubis de Vatomandry, d'Andriamena.

L'émeraude de Mananjary.

L'alexandrite d'Alaotra, Ampandramaika, Besahy, Malakialina, Ilakaka.

Les minéraux de pegmatites exploités sont principalement : le beryl gemme, les tourmalines, la topaze, les grenats. Les gîtes les plus connus sont Ampandramaika, Malakialina, Ikalamavony, Tsaratanana, Ankazobe, Betafo, Vorondolo, Sahantany, Ambatofinandrahana, Miandrivazo-Betsiriry.

3.2.2.2 La méthode d'exploitation :

La méthode d'extraction est anarchique et similaire à celle de l'orpailage c'est à dire par trou de rat ou par abattage à la pelle ou à la pioche. La mine abattue est ensuite lavée et tamisée directement à l'eau.

Quelques exploitations se font quand même par voie mécanique. L'exploitation mécanisée se fait par fosse ouverte, sans tunnel souterrain, une pelle mécanique permet d'extraire la latérite jusqu'à la zone minéralisée. Ce matériel minéralisé est ensuite lavé au tamis dans un bassin ou directement dans un cours d'eau. Le tri des gemmes au fond du tamis se fait ensuite à la main.

Le gisement est mal connu pour la plupart, les limites d'exploitation ou limite des permis miniers ne sont pas toujours respectées, ce qui engendre parfois des conflits entre les permissionnaires et les artisans ou exploitants informels.

L'extraction des pierres ornementales et des minéraux de collection tels que le jaspe orbiculaire, le quartz de différentes couleurs, septaria, calcite, et autres peut être classé dans cette catégorie d'exploitation.

3.2.3 L'exploitation des minéraux industriels et de métaux de base :

Les minéraux industriels regroupent les minéraux exploités pour un usage industriel à l'exception de ceux exploités pour y extraire les métaux de base et les métaux précieux.

Les substances actuellement en exploitation sont le graphite, le chromite et le mica brun ou phlogopite.

Ce type d'exploitation utilise des engins mécaniques ainsi que des méthodes modernes et demande un permis d'exploitation ou PE. Ce permis d'exploitation « PE » confère à son titulaire le droit exclusif d'entreprendre l'exploitation ainsi que la prospection et la recherche à l'intérieur du périmètre délimité.

L'extraction est généralement mécanisée avec peu ou pas d'explosif, la concentration du mineraï se fait par voie sèche ou humide.

Pour l'ensemble des carrières, aucune restauration du site, ni mesure de précaution pour préserver l'environnement n'est entreprise que ce soit pour les rejets des circuits de concentrations, que ce soit pour les matériaux stériles.

Les autres déchets de l'usine de traitements sont recueillis et recyclés par la population locale.

3.2.3.1 Le chromite :

Les plus importants gisements de chromite sont Andriamena, Befandriana, Beforona, Maroantsetra, Mandritsara. Ces gisements sont sous forme de lentilles de roches ultrabasique, de pyroxénolites et de péridotites.

L'exploitation se fait par décapage de la zone altérée puis foration et tir à l'explosif par ANFO et gomme.

Les traitements sur place des minerais bruts sont : le concassage, une séparation par liqueur dense, une séparation gravimétrique, déphosphoration par four de séchage et séparation magnétique à basse et haute intensité.

3.2.3.2 *Le graphite :*

Le graphite exploité sont ceux de Moramanga, Toamasina et Ampanihy, le graphite y est sous forme de couches et filons dans de gneiss et de migmatites. La méthode d'extraction se fait par foisonnement en pulpe de la roche graphiteuse altérée; après élimination des fractions grossières et des argiles, le graphite est pré concentré par flottation sur le site de la carrière. Le concentré marchand s'obtient par affinage ou re broyage et flottation successif, puis séchage et tamisage du pré concentré.

3.2.3.3 *Le mica :*

La variété de mica exploitée est le phlogopite ou mica de couleur brune. Les gisements exploités sont ceux d'Ampandrandava, Benato, Sakamasy, dans le secteur de Bekily. La phlogopite se trouvent dans de para pyroxénolites en filons. La méthode d'extraction se fait par abattage simultané du mica et du stérile, puis le produit est pesé et évalué directement sans aucun traitement particulier.

Pour l'ensemble des trois substances, aucun traitement chimique particulier classé comme contaminant n'est encore utilisé. Les rejets d'eaux usées sortant de l'usine de traitement ne sont pas maîtrisés.

3.2.4 *L'exploitation des matériaux de construction :*

Les matériaux exploités sont les labradorites, le granite, le gneiss, le marbre et cipolin, le gabbro. D'autre part, Madagascar possède des matières à ciment, calcaire et gypse en plus des carrières de marbre et granite.

A part les sables et graviers, les matériaux géologiques servant à l'industrie de construction sont associés à l'industrie minière.

3.2.4.1 *Les principaux gisements :*

Les principaux gisements de marbres et granites sont ceux d'Ambatofinandrahana, Fihalonana, Ambatomirahavavy, Saririaka, Bekily, Ankafotia.

Ce type d'activité est mécanisé et utilise des technologies modernes, l'ensemble des opérations se fait à sec, presque sans utilisation directe d'eau.

3.2.4.2 *La méthode d'extraction :*

L'exploitation se fait par bloc dimensionné. Le décapage de la couverture altérée puis le découpage du noyau sain par une scie diamanté, par les lamelles et/ou par l'utilisation d'explosif sont les principales voies d'extraction des blocs. L'évaluation qualitative du produit repose sur l'uniformité de la couleur, la massivité, l'absence des veines et d'autres imperfections. Les blocs dimensionnés sont en général expédiés hors du pays après avoir été redimensionnés. Une unité de taille et de polissage se trouve à Ambatofinandrahana pour des ventes locales.

Les autres matériaux exploités à l'échelle artisanale et semi-mécanisée sont l'argile pour briqueterie, le schiste, dolomie et calcaire, etc....

Les principaux gisements sont aux environs d'Antsirabe et d'Antananarivo.

Ce type d'activité intéresse principalement des opérateurs miniers étrangers présentant un savoir-faire et une technologie très avancée.

3.3 *Les projets en phase de développement :*

Ce sont des projets miniers à une échelle industrielle mais qu'actuellement l'exploitation minière proprement dite n'est pas encore démarré pour des raisons diverses :

3.3.1 *Le projet ilménite de Fort-Dauphin.*

L'exploitation des sables minéralisés du gisement de Fort-Dauphin est repartie en trois secteurs : Petriky, Mandena et Sainte-Luce.

L’exploitation débutera en 2008 par Mandena. Ce projet envisage une exploitation à grande échelle de l’ordre de 750.000t de production annuelle d’ilménite et 25.000t de zircon pendant une première période.

L’extraction se fera par voie de dragage dans un bassin, la séparation initiale à l’aide de spirale sur un séparateur flottant. La réhabilitation du site exploité suit l’avancement de la drague. L’approvisionnement en eau pour les activités de dragage et la séparation des minéraux (en moyenne 20.000m³ d’eau par jour) se fait par pompage à partir du lac Ambavarano.

Ce projet est actuellement sur le point d’entrer en phase d’exploitation après une étude minutieuse d’impact de cette exploitation sur l’environnement biologique et humain. Des équipes sur place mènent actuellement une étude de compatibilité du projet sur le milieu récepteur en créant des aires de pépinière et de reboisement, et en établissant des accords avec la population de la région. Le promoteur prévoit l’aménagement d’un port sur place, ainsi que d’infrastructure de développement pour la communauté, (école, centre de santé de base...).

3.3.2 Le projet d’exploitation des substances Nickel-Cobalt d’Ambatovy-Analamay.

Le promoteur de ce projet a entrepris une étude de faisabilité avec une reprise des activités de forage pour une vérification des travaux antécédents, l’objectif de cette reprise des travaux est d’avoir une production de 50.000t/an de Nickel pour une exploitation rentable. Pour le moment, le promoteur tente de réhabiliter les alentours du gisement et poursuit des recherches géologiques et métallogéniques afin d’avoir une estimation de la réserve et la teneur en nickel du gisement.

Ces activités minières quel que soit son étape de développement, sa taille et la méthode utilisée pour extraire la substance utile affectent l’environnement physique, biologique et humain. L’adoption de dispositions d’atténuation et de compensation efficace face aux conséquences actuelles et potentielles de ces dites activités génératrices d’impact demande une analyse environnementale spécifique au secteur ; Ce qui est l’objet même du suivant paragraphe.

4 Analyse environnementale et sociale de l'activité minière actuelle

Cette partie est consacrée à l'examen des différents effets des activités minières sur le milieu physique et socioéconomique malgache.

Pour ce faire, l'étude est basée l'inventaire des impacts potentiels en référence à des EIE élaborées lors des travaux d'exploration, d'exploitation de différentes substances minières, dans différentes régions et type de gisement de l'île, pour différents types et d'envergure de projet.

Le but de l'analyse est de cerner les principaux impacts générés par les activités minières encore peu connus pour le secteur minier malgache et par conséquent d'en tirer des recommandations générales pour améliorer la gestion stratégique environnementale.

4.1 Le milieu naturel :

Les impacts de l'activité minière sur le milieu naturel sont multiples quels que soit la phase d'activité mentionnée ci-dessus.

4.1.1 La phase d'exploration :

Les risques pour l'environnement liés à la reconnaissance, la prospection et l'exploration peuvent se manifester sous différentes formes. Au fur et à mesure que l'on progresse d'une de ces étapes à l'autre, l'importance des répercussions sur l'environnement va s'accroître.

L'activité de recherche couvre une étendue plus grande par rapport à l'exploitation mais pour une durée plus courte, les impacts sont donc moindres à ce stade mais touchent un espace plus important. Durant la phase d'exploration ou phase de recherche, les principaux impacts significatifs identifiés sont ceux générés par la méthode de forage.

4.1.1.1 Les impacts directs :

Il est souvent nécessaire d'aménager des voies d'accès pour les véhicules et de procéder à l'abattage des arbres et à des travaux de terrassement. La portée des dégâts occasionnés par ces travaux annexes peut dépasser de loin celle des méthodes de reconnaissance et d'exploration proprement dite.

La forêt est de ce fait l'élément le plus touché. La forêt qui depuis toujours, et jusqu'à présent la ressource la plus exploitée des malgaches : la forêt fournit de l'énergie (charbon de bois et bois de chauffage), de la nourriture, des plantes médicinales, des matériaux de construction et d'ébénisterie, de refuge pour une richesse floristique et faunistique inestimable, bref : un élément majeur pour la survie de la population humaine et de la biodiversité.

Par ailleurs, la forêt et les couvertures végétales assurent une protection optimale de l'érosion. Les caractéristiques très friables et la sensibilité du sol malgache à l'érosion, la découverture pour le layonnage, la tranchée et les fosses d'exploration ne font qu'accentuer la dégradation en lavaka et le déversement des matières dans les eaux de ruissellement ; ce phénomène augmente la charge des cours d'eau.

La protection du sol dépend largement donc de la pérennité de la couverture végétale.

Vue le caractéristique insulaire de la végétation malgache et sa difficulté à se réadapter à de nouvelles conditions après une perturbation de leur habitat ou à l'introduction de nouvelles espèces, la fragmentation de la forêt pour le layonnage reste un impact important. L'exemple le plus concret de cette difficulté d'auto régénération se trouve dans le sud du pays où des layons ayant servi à des prospections sismiques d'hydrocarbures dans les années 70 sont encore utilisées actuellement comme à leur état initial pour des prospections de sable de plage.

4.1.1.2 *Les impacts indirects :*

Indirectement, les impacts de l'ouverture d'accès dans la forêt par méthode de layonnage peuvent emmener la population à explorer voire à exploiter les ressources forestières. Des espèces de valeur risquent ainsi d'être illégalement exploitées.

L'exploration de la forêt peut perturber ses habitants de la forêt voire modifier la biodiversité. Dans le cas d'une exploitation forestière : la coupe des arbres destinés à des fins diverses, le prélèvement de plante, la chasse ou braconnage accentuent la diminution de la biodiversité au fur et à mesure que la forêt se dégrade.

Si la pression sur la forêt s'intensifie, l'habitat faunistique et floristique diminue ce qui remet en cause la survie des animaux et végétaux.

4.1.2 La phase d'exploitation :

4.1.2.1 *Les impacts directs :*

Telle la phase d'exploration pour les exploitations de type à ciel ouvert, très pratiquées à Madagascar, les ressources naturelles les plus touchées sont encore l'eau et la biodiversité.

Les principales sources d'impact sont la coupe des arbres, le décapage du sol végétal, l'extraction du minerai, le pompage de l'eau, le lavage du minerai et la production des déchets domestiques. Il y a d'autre part, les rejets industriels pour l'exploitation du type mécanisée.

Les mines à ciel ouvert comprennent des carrières, des fosses à ciel ouvert, des mines périphériques et entraînent des opérations de décapage des sommets des montagnes qui peuvent s'étendre sur des hectares ou sur plusieurs kilomètres carrés. Ces activités supposent une dislocation complète de la zone du projet créant une ou d'énormes mines à ciel ouvert et de carrières ainsi que d'importants terrils de morts terrains.

Lors des activités d'exploitation les particules en suspension dans l'air émises par la circulation routières, le travail aux explosifs, les activités de transport, les émissions, les bruits engendrés, les vibrations des engins diesels, les rejets des eaux qui sortent de la mine, la perturbation des nappes souterraines, l'extraction du sol et de la végétation, ainsi que les effets d'ordre esthétiques appartiennent aux problèmes que représentent l'exploitation minière à ciel ouvert sur l'environnement. Les utilisations des terres de l'emplacement pendant les activités d'exploitation et de réaménagement sont exclues. La stabilité des banquettes et des pentes est un problème fondamental lorsqu'il s'agit de l'exploitation minière à ciel ouvert.

Par ailleurs, l'exploitation à ciel ouvert nécessite la mise à nu du gisement, c'est à dire le décapage de grandes surfaces. Cette élimination de la végétation et le décapage de sols pour une mise à découvert du gisement constituent le principal impact écologique. Les activités minières sont donc liées à une destruction de la flore dans les zones d'abattage, aux emplacements des terrils et des aménagements d'infrastructure. Sur le terrain à forte déclivité, les emplacements ainsi décapés sont soumis à l'érosion.

Les phénomènes de lavakisation ou érosions en lavaka sont accentuées par l'activité minière. Cette lavakisation s'accompagne d'un mouvement de masse, d'affaissement et de glissement de sol. Le sol latéritique une fois dénudé et remanié sera facilement érodé en

saison de pluie. Le transport de matériau érodé constitue une charge pour les eaux de ruissellement et contamine les eaux de surfaces.

Les grandes crevasses en lavaka, le départ des topsoils et de l'humus végétal lors du décapage engendrent une perte ou diminution de la fertilité et productivité du sol, or cette fertilité du sol assure la survie des 75% de la population malgache ayant comme activité principale l'agriculture.

Pour les exploitations artisanales, le creusage en trou de rat pour l'extraction des minéraux et de l'or est source d'affaissement du sol. La production des déchets domestiques ; l'exploitation irrationnelle des ressources naturelles telles que l'eau, la forêt, le sol pour satisfaire les besoins quotidiens en consommation accentuent la dégradation de l'environnement.

Les exploitations mécanisées pour sa part, malgré une maîtrise des opérations, laissent des impacts significatifs. Lors des opérations d'extraction, une partie du sol est décapée tandis que d'autres endroits sont recouverts par entassement des déblais. La morphologie des surfaces mises à contribution pour l'aménagement du chantier d'extraction ainsi que les dépôts de stériles se trouvent ainsi altérée. Même après la remise en culture des zones, la fosse finale, dont la taille est déterminée par le tonnage des minéraux extraits, témoignera encore des activités qui ont été menées sur le site. Si le chantier ainsi que la mise en décharge des résidus ne se prêtent pas à une valorisation, l'esthétique du paysage peut se voir par ailleurs gravement altéré par.

L'exploitation à ciel ouvert a également des répercussions sur les eaux superficielles. Cette pollution est principalement causée par le lessivage direct des sols ferrallitiques et sablo-argileux pour les méthodes artisanales, la charge des cours d'eau en matières de suspension devient ainsi abondant surtout en saison de pluie. Il y a d'autre part les rejets d'eaux usées sortant d'usine de traitement. La qualité de ces eaux usées varie énormément de la nature du combustible utilisée, les conditions d'exploitation et peuvent contenir des matières en suspension, des sels, des minéraux lourds, des acides, des produits alcalins, de l'ammoniac et de l'huile. Ces rejets risquent de contaminer le sol et l'eau.

En aval de ces cours d'eau chargés de matière en suspension, on constate l'ensablement des rizières et l'accumulation des sédiments dans le lit des rivières et les perturbations qu'ils génèrent aux autres utilisateurs de l'eau et à la riziculture.

Les phénomènes d'érosion des sols favorisent le ruissellement par conséquent diminue l'infiltration des eaux de pluie. A la longue, cette diminution de l'infiltration entraîne une baisse importante du potentiel en eau souterraine, donc de l'approvisionnement des sources d'eau potable. D'autre part, le pompage excessif des eaux souterraines peut engendrer une baisse de niveau de nappe phréatique.

Durant l'exploitation, les travaux sont sources de nuisances sonores liées au fonctionnement des machines et équipements servant à l'extraction, au chargement, au transport, à la manutention. Dans les exploitations des minéraux durs, la foration et l'abattage aux explosifs viennent aussi s'ajouter aux autres sources de bruit. Il faut tenir compte également des vibrations qui suivent la détonation. Celles-ci présentent une nuisance pour les riverains et peuvent même entraîner la détérioration des bâtiments. Le chargement et le déchargement de camion ou de wagons peuvent provoquer d'important dégagement de poussière. Au cours du transport, de poussières fines sont emportées par le vent. Les camions eux-mêmes émettent des substances nocives par leurs gaz d'échappement. Le transport par routes ou par chemin de fer est consommateur d'espace en raison des voies à aménager.

4.1.2.2 *Les impacts indirects :*

Les impacts indirects des activités minières d'exploitation sont en général la pollution par des déchets domestiques. Particulièrement, pour les activités informelles, le manque d'infrastructure d'hygiène et l'exploitation de la forêt pour usage domestique sont les principaux impacts indirects.

Les exploitations minières sont, indirectement, source de pression sur la biodiversité et la ressource forestière à proximité du site. Cette pression se traduit par une exploitation de la forêt à des fins diverses : matériaux de construction, prélèvement des plantes, chasse, pêche, exploitation pour satisfaire le besoin en consommation. A la longue, cette pression se transformera en une surexploitation.

A part l'impact socio-économique, très significatif pour le cas de Madagascar, la ruée ou rush minier engendre dans la majorité des cas, une urbanisation anarchique. Le manque

d'hygiène, des infrastructures sanitaires et d'évacuation des déchets ont des effets non négligeables sur le sol, l'eau et l'air.

4.1.2.3 *Exploitation à grande échelle :*

Il n'y a pas encore d'exploitation à grande échelle à Madagascar mais étant donnée que certains projets d'envergure sont prévus, il importe d'exposer certains impacts potentiels pouvant résulter de ces grandes exploitations.

Vu l'envergure du projet et l'espace qu'il occupe, les impacts sont en général à une échelle régionale. Les aménagements occupent une espace considérable et donc consomme une partie pouvant servir à l'agriculture. L'esthétique du paysage et la morphologie des lieux sont affectés par les fosses d'exploitation et les activités d'extraction ainsi que le changement du microclimat par les modifications de l'hydrographie et de la végétation.

Les risques de sur pompage des nappes souterraines, le déversement des hydrocarbures, la disparition d'habitat pour la faune et flore sont aussi des impacts potentiels à considérer.

Selon le type d'exploitation, la pollution atmosphérique doit être considérée. Cette pollution est généralement due aux bruit des engins d'extraction et de la machine de traitement.

Par ailleurs, la main d'œuvre minière a des besoins en nourriture, en eau, en service qu'il faut combler. Afin de satisfaire ces besoins en consommation, les habitants risquent d'épuiser immédiatement et de façon irréversible les ressources naturelles environnantes plus particulièrement la forêt. La venue ou migration de population vers le site d'opération minière rajoute les impacts de la mine proprement dite.

4.1.3 *La phase de fermeture :*

4.1.3.1 *Les impacts directs*

Après cession des travaux d'exploitation, il reste les fosses creusées par décapage des morts terrains et récupération de minéraux. Ces fosses finales forment des lacs en se remplissant d'eau jusqu'à avoir rejoint le niveau de la nappe phréatique ; les eaux proviennent généralement de la nappe souterraine. Suivant le cas, la remontée du niveau de la nappe phréatique se fait très lentement, le phénomène étant conditionné par la profondeur de la mine et le contexte hydrogéologique. Ils peuvent s'écouler 50 ans avant que ne s'établisse un nouvel équilibre.

La conséquence majeure de l'exploitation d'un gisement est la diminution des ressources non renouvelables. Outre les matières extraites, il faut compter les pertes d'origines diverses : piliers abandonnés, exploitation abusive. Les modifications du milieu naturel qui ont des effets négatifs sur les écosystèmes terrestres, par exemple lorsque celles-ci dépendent de la nappe phréatique. Après cessation des activités, une faune et une flore nouvelles apparaîtront inévitablement, et ce, en dépit de toutes les mesures de restaurations possibles. L'exploitation minière entraîne des changements irréversibles sur le site par suite de la modification des caractéristiques physiques et chimiques du sol, des disponibilités en eau.

Lors de la fermeture finale les éléments d'infrastructures (cité minière, approvisionnement en énergie, voie de transport, atelier, bureau administratifs, postes de préparation, etc.) sur les lieux, peuvent occuper une espace considérable pouvant servir à des fins agricoles.

A Madagascar, la remise en état d'un site après l'activité minière n'est pas encore totalement assimilée par les exploitants. Plusieurs empreintes d'anciennes activités minières (trou d'excavation, cours d'eau ensablés, sol dénudé, infrastructures abandonnées,...) sont encore observées dans plusieurs régions de l'île.

Toutefois, certaines pratiques comme la revégétalisation sont déjà entreprises mais méritent d'être améliorées.

4.1.3.2 *Les impacts indirects :*

Indirectement, l'épuisement d'une réserve ou la cessation d'activité minière sur une région emmène la population résidente à exploiter d'autres ressources naturelles pour survivre.

4.2 *Le milieu humain :*

Bien qu'un important nombre de population travaille dans le secteur minier malgache, le secteur contribue très peu sur l'économie nationale et la collectivité locale. Une minorité de personne profite des bénéfices économiques exorbitants, vu la valeur infime de la redevance minière et la rémunération des ouvriers mineurs.

Le bas niveau d'instruction de la majorité des artisans miniers, les méthodes d'extraction encore rudimentaires, le mode de vie dans les villages miniers laissent des impacts négatifs sur le milieu socio-économique du monde minier malgache.

4.2.1 Impacts sociaux :

Les projets d'exploration ou d'exploitation peuvent amener de profondes transformations au sein des structures sociales du pays concerné, les formes d'organisations sociales traditionnelles se trouvent soudainement confrontées aux activités de grands groupes internationaux et à un savoir-faire technique de haut niveau. Par ailleurs, les sites d'intervention étant imposés par la nature, il se peut qu'on ait à prendre en compte des intérêts divergents qui devront donner lieu à d'éventuelles compensations. D'une façon générale, les projets doivent être intégrés le plutôt possible dans les structures sociales existantes. Bien entendu, ceci requiert la participation de tous les groupes sociaux.

En raison de l'étendue de surface mise en exploitation et du caractère imposé du site, l'exploitation minière apporte certainement les plus grands bouleversements dans les conditions de vie des populations locales.

D'une part, une migration démographique se traduisant par la ruée vers le nouveau gisement peut engendrer une perturbation de la structure familiale et communautaire.

D'autre part, l'intégration d'un projet minier légal peut influencer la stabilité sociale permanente ou temporaire de la population à proximité du gisement ainsi que leur niveau et mode de vie.

L'échelle de l'exploitation influence l'impact socio-économique des activités. Pour le secteur minier malgache, on peut distinguer deux catégories d'exploitation : les exploitations formelles souvent mécanisées à moyenne ou à grande échelle et les exploitations artisanales et les petites mines informelles. Pour ces deux types, des impacts communs peuvent être rencontrés mais il y a des impacts caractéristiques à chaque type d'exploitation.

Les carrières et gisements exploités se trouvent en majorité en milieu rural. Certains opérateurs en profitent pour sous rémunérer les ouvriers recrutés sur place, de plus le faible redevance minière permet ainsi aux exploitants formels d'acquérir une marge bénéficiaire important.

L’organisation des filières de production et commercialisation des gemmes et or reste encore hiérarchique, on rencontre plusieurs niveau de collecteurs et de financiers. Cette caractéristique d’organisation hiérarchique également rencontrée dans d’autre secteur (production de riz) favorise le bénéfice aux collecteurs et intermédiaires qu’aux artisans.

La faiblesse de l’autorité en matière de contrôle et inspection minière sur l’exploitation des gemmes et or permet aux acteurs illicites d’opérer librement et aux acteurs formels de mener une fausse déclaration sur sa production et ses activités.

Ces impacts sociaux négatifs s’accentuent par les travaux des enfants, l’absence des mesures de santé et de sécurité, le manque de services sociaux de qualité.

Indirectement, l’ouverture d’une exploitation minière dans une région multiplie différentes activités autour de la mine. Ce qui peut engendrer une migration démographique de population importante. Ces activités tourment autour des besoins des mineurs et des ouvriers (main d’œuvre divers lié ou non à l’exploitation, la commerce, ...) les impacts de la population qui gravite autour de la mine rajoutent aux impacts sociaux que génère la société minière lui-même.

Impacts sur la sécurité et santé :

Les impacts sur la santé sont générés par l’absence de quelque mesure de sécurité de travail, d’infrastructure sanitaire et de service de premier secours dans les mines.

Pour les exploitations formelles à moyenne et grande échelle, rares sont les sociétés dotées d’équipement de sécurité pour ses ouvriers (masques, botte, gants). Le coût onéreux de ces équipements laisse l’employeur réticent quant à leur acquisition.

D’autre part, l’absence des inspections des autorités compétentes permet le non-respect du code de travail. Partout dans les sites miniers des accidents surviennent régulièrement sans qu’ils soient rapportés. Les fosses d’extraction non remblayées, le risque d’affaissement du sol exposent l’homme et les animaux à des dangers de la mine.

En plus de la salubrité, le manque d’installation sanitaire provoquent une prolifération de maladies diverses tel que les maladies diarrhéiques, les épidémies, les maladies liées aux manques d’hygiène et à la pollution de l’eau et de l’air.

Par ailleurs, des conflits d'ordre social se manifestent surtout en période d'expansion économique, par exemple dans le cas d'un phénomène local de ruée vers l'or, lorsque les petits mineurs indépendants sont attirés en grand nombre dans une région. Ceux-ci ne disposent d'aucun titre minier et amènent toute une série de problèmes (criminalité, spéculations, flambée des prix, tensions au sein de la population locale).

La quasi-inexistence de service de secours ou de santé dans les villages miniers permet aux épidémies de se propager et aux blessures ou autres maladies de s'aggraver. Cependant, du fait du meilleur revenu des habitants, on rencontre davantage des services de santé publics ou privés dans les villages miniers que dans les communes rurales agricoles. Les grandes sociétés pour leur part, intègre dans leur plan de développement des centres de santé et des écoles communautaires.

Le taux des infections sexuellement transmissibles est aussi alarmant dans les villages miniers, ce dernier est du à la prolifération des actes de débauches et de la prostitution. Le risque d'explosion dans le cas de SIDA est grand partout dans l'île dont les villages miniers.

Enfin, les nuisances sonores peuvent engendrer des stress et nervosités pour la population riveraine.

Impacts sur l'éducation :

L'abandon d'école pour des mains d'œuvre minier est très courant dans les villages miniers malgache, plus particulièrement pour les activités minières informelles d'orpailage et d'extraction des gemmes. Cette déscolarisation des enfants pour la main d'œuvre est importante pour le revenu familial généralement très faible. La pauvreté et la difficulté d'accès à la scolarisation dans le monde rural (éloignement de l'école, carence en ressource..) sont les principales causes de ce problème. Les activités minières faisant appel à des mains d'œuvre infantiles sont multiples (généralement le transport de matériau et le lavage dans les cours d'eau) et peuvent être aussi bien dans des conditions précaires que dangereux. D'après le BIT ou bureau international de travail, les travaux des enfants dans les mines constituent la plus pire forme des travaux des enfants. Pour Madagascar, l'abolition de cette pratique requiert encore une intervention énergique.

Le travail des femmes dans les mines est aussi considérable. Si les hommes sont chargés d'extraire les matériaux dans les carrières, le transport, tri et lavage des minerais reviennent aux femmes et aux enfants. Les tâches domestiques s'ajoutent à l'activité minière. Dans les grandes mines, les postes administrative et technique dans les ateliers de traitement sont attribuées majoritairement aux femmes. Malgré ceux-la, le travail des femmes dans le secteur minier n'est pas comptabilisé.

Impact sur la culture

Les conflits d'usage existent entre direction de patrimoine et exploitant minier. En effet, les activités minières exercent une pression sur les patrimoines naturels ou culturels à proximité. Une affinité doit être établie entre ces deux secteurs afin de valoriser économiquement les deux aspects sans interférence majeure.

D'autre part, les croyances et les rites créent des polémiques sur la valorisation de la ressource du sous-sol et le respect des traditions souvent des superstitions. Les pratiques animistes sur certains lieux limitent l'accès ou les activités minières dans un secteur potentiellement important. Ces croyances qui s'avèrent souvent être des superstitions laisse dominé la valeur religieuse et culturelle à l'économie.

Le conflit d'usage et d'occupation est aussi l'un des impacts socioculturels rencontrés dans le secteur minier. L'élevage de zébu par exemple est un prestige et tradition pour certaines ethnies, l'exposition de ces bêtes à des dangers pouvant survenir dans les mines artisanales provoquera des conflits. De même que pour les usufruitiers des terres ancestrales ou des propriétaires héritiers, l'octroi d'une autorisation d'exploitation sur ces domaines doit être avalisé par une négociation complexe.

4.2.2 Impacts économiques :

La création d'emploi pour les habitants et les nationaux et la valorisation des ressources minérales nationales sont les premiers impacts économiques d'une activité minière.

De la même manière la contribution directe auprès du budget général de l'état et de la communauté locale par les redevances et impôts divers est un des impacts positifs des activités formelles même si cette contribution est encore faible.

Durant la phase de développement de l'exploitation et des activités de commerce sur le site, l'augmentation de la consommation engendre parfois un risque d'inflation importante.

Lors d'un projet d'exploitation une interférence entre d'autres activités économiques survient. En effet, il est nécessaire dans la plupart des cas, de mettre à contribution des surfaces à vocation agricole et cela entraîne des pertes de revenus pour certains groupes.

Comme la ressource minérale est une ressource non renouvelable, le retour de la population à ces activités initiales et ainsi leur ancien rythme de vie lorsque le gisement est épuisé est souvent la conséquence la plus désastreuse de la fermeture d'une mine sur le plan économique régionale ou nationale.

Une évaluation menée par la banque mondiale en 2003 montre que le secteur minier génère 100000 emplois permanents et 500000 travailleurs saisonniers.

Les apports économiques des produits miniers sont évalués par substance comme suit :

Les pierres précieuses et pierres fines :

La majorité de ces activités étant pratiquée dans le secteur informel, il est très difficile d'estimer son apport économique au niveau communautaire et national. Pour des activités formelles, bon nombre d'opérateurs falsifient leur rapport d'activité et de production. Ainsi, on estime que les mines artisanales couvrent seulement 5% des recettes fiscales minières.

Pour ce qui est de la valorisation des productions : les produits minéraux bruts ou gemmes non taillée exportée et commercialisée sont plus importants que les pierres taillées. Par conséquent, la valeur de ces pierres brutes est nettement inférieure à leur vraie valeur commerciale.

Les minéraux industriels :

Les minéraux industriels exploités et valorisés à Madagascar sont le graphite, le mica et le chromite.

Le graphite est exploité depuis 1902. Une grande partie de la production est exportée, en 2001 la production est de 11.323 tonnes et sa valeur économique est estimée à 31.364.305fmg.

L'entreprise Kraoma exploitant de chromite produit 50.500tonne et a rapporté 14.930.663 fmg. Cette entreprise génère 500 emplois.

Métaux précieux :

La production totale de l'or est de 3.013.250kg / an (en 2003). Les revenus tirés de cette activité par chaque orpailleur sont estimés à 9.309.570fmg. Il est à noter que ces activités d'orpaillage sont saisonnières.

Les matériaux de construction :

La valeur totale de la production en granite et marbre est estimée à 500 millions Fmg. Plusieurs entreprises opèrent dans ce secteur pour la production locale et pour l'exportation.

4.3 Problématiques du secteur minier en matière de protection de l'environnement :

On peut tirer de cette analyse que malgré les impacts positifs de la valorisation des ressources minérales, les impacts négatifs sont très importants. En fait, pour le secteur minier malgache, les problématiques pour la protection de l'environnement résident principalement sur les faits suivants :

La difficulté des opérateurs à adopter et à appliquer la loi ainsi que la faiblesse de la pression de l'administration compétente en matière de protection de l'environnement font que les lois sur l'environnement minier restent inefficaces sur le terrain.

Parallèlement, le secteur souffre d'un manque généralisé d'information sur l'environnement minier, ce manque touche aussi bien les outils nécessaires pour la gestion environnementale en relation avec le secteur minier (données sur la ressource en eau, la biodiversité, la géologie et les ressources minérales, les aspects socioéconomiques) que les moyens pratiques de protection (norme en matière de rejets et de pollution, plan directeur ou guide d'élaboration d'une EIE d'un projet minier, cahier didactique, traité et ouvrage de référence bibliographique sur le secteur minier et la protection de l'environnement). On note également le manque évident de professionnalisme des artisans malgaches et d'une politique environnementale nationale de cohérence.

Autant de défaillance nécessite des mesures pertinentes tant au niveau des renforcements des dispositions adoptées antérieurement qu'au niveau de l'élaboration de nouvelle stratégie.

5 Recommandations générales

Les impacts présentés précédemment révèlent que les enjeux environnementaux du secteur minier sont la ressource en eau et la biodiversité. En outre, ils démontrent également la nécessité de mesures d'atténuation efficaces et d'un plan de gestion environnementale stratégique. Les recommandations avancées suivants se subdivisent en deux parties :

La première partie propose de mesures d'atténuation des impacts et a pour objectif global de contribuer à la résolution des problèmes de proposition d'alternative pour compenser les dégâts survenus à l'issu d'une activité minière.

La seconde partie fournit des recommandations à insérer dans les plans, programmes, politiques de gestion environnementale stratégique.

5.1 Les mesures d'atténuations

5.1.1 Le milieu naturel

5.1.1.1 La phase d'exploration :

Il est possible de limiter sensiblement ou même d'éviter d'éventuel dégât en appliquant des mesures comme la sélection des emplacements d'intervention sur la base de considération écologique (y compris tranchées et voies d'accès, afin de minimiser les effets néfastes comme le morcellement). Ceci s'applique également aux sites où seront installés les camps et les équipements.

Le sol compacté par la circulation au cours des travaux doivent être reconditionné pour faciliter la régénération végétative.

De la même façon, on prévoira la séparation de l'humus et des horizons supérieurs des terrains de couverture et leur stockage sur des terrils distincts, de façon à disposer des matériaux nécessaires pour la remise en culture ultérieure du site.

Les terrils, les bords de la fosse de pré exploitation, les verses extérieures et les surfaces désaffectées doivent immédiatement être plantées d'espèces végétales locales. Ceci permet de limiter et même d'éviter les effets de l'érosion notamment en climat tropical humide et la déflation en climat aride. Dans les zones particulièrement menacées par l'érosion, on aura recours à des méthodes anti-érosives spéciales comme les drainages et les travaux de consolidation.

Le recyclage des déchets doit être envisagé, sinon un système d'évacuation peut limiter la contamination des sols et de l'eau ou l'altération du paysage.

L'exploration minière présente également des répercussions sur les ressources en eau. Le besoin en eau quotidien pour les travaux d'exploration et l'usage domestique doit être déterminé au préalable et conforme à la disponibilité des ressources sur place afin d'éviter une surexploitation. Les déchets physiques et chimiques doivent être maîtrisés pour éviter toutes contaminations pouvant nuire aux autres utilisateurs de l'eau.

Pour ce qui est de nuisance sonore, le choix d'équipement moins bruyant et leur entretien régulier peuvent atténuer la perturbation.

5.1.1.2 *La phase d'exploitation*

Pour les fosses d'extraction, les terrils peuvent servir de terre de remblai afin de préserver la population des accidents de la mine et pour un reprofilage topographique ou bien tout simplement d'installer des panneaux d'avertissement ou barrages autour de la carrière.

Les exploitations à ciel ouvert étant souvent très étendues, les actions correctrices se font parallèlement à la progression des chantiers d'abattage de façon à redonner l'aspect d'un paysage naturel et à rétablir progressivement le site.

Si l'on applique comme principe général la recirculation et la récupération des substances et des matériaux, les répercussions écologiques peuvent être réduites. Pour ce faire, on examinera toutes les possibilités de recyclage avant d'envisager une évacuation réglementaire des déchets. Ce recyclage des déchets peut être une réutilisation ou incinération, enfouissement pour les matières biodégradables.

Afin de préserver la qualité et la disponibilité de la ressource en eau, l'utilisation rationnelle est le premier et meilleur moyen. La détermination exacte du besoin journalier en eau pour l'ensemble des travaux, la cohérence entre la disponibilité de la ressource et le besoin s'impose pour une utilisation rationnelle. Le procédé par lavage direct des matières décapées dans le cours d'eau doit être remplacé par la conception d'un système de captage et aménagement de bassin de laverie pour éviter les dégâts majeurs directs et indirects difficilement réparables du premier.

La conception d'un système de recyclage des eaux usées par des moyens simples, réaliste, peu coûteux mais fiable peut être envisagée pour résoudre les problèmes de pollution de l'eau. Les problèmes de pollution physique de l'eau peuvent être résolus par l'aménagement de bassin de décantation ou d'un système de filtrage des matières solides des eaux sortant des usines.

Toutefois, l'aménagement des grands bassins de décantation ne peut se faire sans examen préalable détaillé. Il s'agit d'une part de déterminer avec exactitude les éléments physiques et chimiques composants les rejets, d'autre part les caractéristiques géologiques et surtout hydrologiques du sous-sol en présence. Dans ce contexte, la perméabilité des horizons pédologiques et l'existence de système de drainage jouent un rôle pour la préservation des nappes d'eau souterraines. Les bassins à stériles devant souvent être exploité sur plusieurs décennies, il faudra prévoir parmi les accidents éventuels la possibilité d'une rupture de digue en cas de pluies violentes. A titre d'exemple de conception : un atelier de quelque 45.000t/jour requiert un bassin de décantation correspondant à une surface d'environ 400 à 500ha et à un volume de 300 à 350 millions de mètre cube pour pouvoir fonctionner pendant 20 ans.

A l'instar des « baiboho » les sédiments recueillis au fond des lits des rivières ou des bassins de décantations peuvent être exploités à des fins agricoles

Pour ce qui est de la pollution chimique, le traitement par d'autres éléments neutralisant peut être envisagé si la nature des rejets risque de contaminer l'eau ou de nuire à la santé des utilisateurs de l'eau en aval. A titre d'exemple : une désulfuration de l'eau peut se faire par du calcaire. L'utilisation de produits toxiques ou contaminant nuisibles pour la santé (mercure ou cyanures) est encore inexistante à Madagascar, ceci représente un avantage important pour la nature et l'homme.

A l'instar des autres pays à industries minières très développées ; pour une échelle plus grande et un problème plus complexe, la purification chimique ou épuration de l'eau par fixation organo-chimique (végétation, microorganismes) dans des grands bassins pour la neutralisation a déjà été mise en place aux Etats-Unis, le même processus n'est pas encore utilisé mais peut être envisagé pour Madagascar.

Quant à la dégradation du sol par les phénomènes d'érosion et pour des raisons de sécurité, les zones de découvertures devront être remblayées avec la terre décapée et la terre

végétale qu'on aura à déposer séparément ; en cas de besoin on prendra des mesures complémentaires de lutte contre l'érosion comme l'aménagement de drains pour le ruissellement, l'aménagement de gradin pour les côtes à forte pente de déclivité, l'installation de haies vives.

L'usage d'explosif est aussi fréquent lors d'une exploration, l'avertissement et évacuation du personnel avant le déclenchement, ainsi que le port de matériel de protection pour les ouvriers est un moyen d'éviter les accidents.

Pour des raisons écologiques, les ateliers de préparation devraient être installés sur le site même de la mine ou à proximité immédiate. Ceci évite le transport par camion, l'acheminement des matériaux pouvant des matériaux pouvant se faire par bandes transporteuses. On veillera également au choix de véhicule à faible niveau sonore et peu polluants, de façon à limiter les émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures, d'oxydes d'azote et de suie ainsi que le bruit ; au titre de mesures préventives en cours de transport, on pourra également humidifier le chargement et le déchargement de produits pulvérulents, les dispositifs devront être dotés de systèmes de captage et de dépoussiérage. Ces dispositions réduiront la pollution atmosphérique.

5.1.1.3 *La phase de fermeture*

En fin des travaux, on s'efforcera de faire retrouver au site son état initial ou d'exclure au moins d'autres effets de longue durée sur l'environnement.

Il est bien souvent possible de remblayer les zones exploitées dans le cours ou à la fin des opérations. Dans certains cas, il est possible de réduire la taille des bassins de stockage des stériles en employant les matériaux séchés pour remblayer les vides des mines souterraines. Cette solution n'est envisageable que sous certaines conditions, les caractéristiques du matériau en question ayant été profondément modifiées, et elle ne permettra pas de renoncer entièrement aux terrils et bassins de stockage des terrils.

Après dragage de gisement alluvionnaire, et en particulier dans les régions tropicales comme Madagascar, toutes les surfaces exploitées nécessitent un assainissement et un niveling, de manière à ne laisser aucune étendus d'eau ouverte qui puissent se transformer en un foyer de germes pathogènes (vecteurs de la malaria). D'un autre coté, il est possible dans

certains cas d'exploiter ces plans d'eau comme réservoirs pour les périodes sèches ou à des fins commerciales, en y pratiquant par exemple la pisciculture.

Pour ce qui est de l'évacuation des résidus non valorisables, on s'efforcera en premier lieu de les utiliser pour le remplissage de carrières ou de fosses ultimes à combler. Non seulement cela évitera l'aménagement de nouvelles décharges mais ces résidus auront ainsi une utilité. Les produits résiduaires devraient autant que possible être inoffensifs, soit qu'ils le sont dès le départ de par leur nature, soit qu'ils ont subi un traitement approprié réduisant les risques de lessivages de substances nocives.

Par ailleurs il faudra vérifier s'il n'est pas nécessaire de recourir à des dispositions telles que l'imperméabilisation, le drainage contrôlé ou le traitement des eaux d'infiltration afin d'éviter la contamination de la nappe phréatique ou des cours d'eau par des métaux lourds sous forme solubles ou d'autres substances contenues dans les résidus.

Lors de la phase d'exploration : la fragmentation de la forêt par le layonnage est le principal impact des explorations minières sur la biodiversité. Pour y remédier, l'opérateur peut à la cessation de ses activités prohiber ou limiter l'accès à la biodiversité par ces layons. L'entrée au cœur de la forêt par des layons doit être barrée jusqu'à la régénération totale de la végétation défrichée et homogénéisation de la forêt. Cette régénération peut être activée par le reconditionnement du sol compacté par la circulation après l'activité.

Après une exploitation des mines le repli des installations et nettoyage du site doivent être renforcés, des mesures de reverdisation sont recommandées. Pour les ressources eau, l'opérateur doit veiller à ce que les eaux retrouvent leur aspect initial.

5.1.2 Le milieu humain

L'approvisionnement du site en vivre et autre besoin peut réduire l'inflation dans les villages miniers et ses environnements.

La période d'exploitation moyenne d'un gisement se mesure à l'échelle d'une vie de travail humaine. Il arrive même souvent qu'elle dure plus longtemps, notamment lorsqu'il s'agit d'un projet de grande envergure. Dans ces conditions, on imagine la portée des implications sociales liées à un projet. Dès la mise en œuvre des premières mesures de la phase d'exploration, il faudra se pencher sur le problème des logements, de l'alimentation, de

la scolarisation, des services de santé et du contexte culturel, y compris la religion, autant d'aspect auxquels il doit en fait revenir la même importance qu'aux équipements purement techniques. On veillera à tisser les liens sociaux solides. Le processus d'industrialisation doit se faire pas à pas en permettant aux populations concernées de conserver leur patrimoine culturel et de le transmettre aux nouvelles générations.

Selon l'ampleur des effectifs nécessaires, les tâches peuvent être effectuées en grande partie par du personnel recruté et initié sur place. Il faudra donc veiller à l'encadrement de ces personnes. On assurera de plus les soins médicaux ainsi que les mesures d'hygiène et de sécurité nécessaires.

Le promoteur doit prévoir l'éventualité d'une migration démographique, les déplacements volontaires et planifiés de population doit être pris en compte, le dédommagement des propriétaires de terre affectée, un plan d'urbanisme pour le village minier doit être établi préalablement.

5.2 Le plan de gestion environnementale :

Les mesures de protection auront essentiellement pour but de minimiser les incidences écologiques et d'empêcher une dégradation de l'environnement, tant dans l'espace que dans le temps. Il importe avant tout de prévenir les dégâts irréversibles.

Il est essentiel par conséquent d'examiner la situation du moment afin de pouvoir apprécier à leur juste mesure les effets produits par la suite d'après les changements constatés.

Pour éviter tout imprévu et mener à bien la réhabilitation du site parallèlement à l'exploitation, il faut pourvoir un budget de réhabilitation dans le budget général des activités.

Dans le cadre de la planification, on pourra déjà obtenir une réduction sensible des effets sur l'environnement en établissant par exemple : un calendrier des travaux autorisant d'une part l'archivation et la conservation des éventuelles découvertes archéologiques ou l'abattage des bois d'œuvre dans la zone d'extraction, tout en écourtant le plus possible la période durant laquelle la mine sera ouverte.

Lors de la phase d'exploration

L'impact sur l'environnement des opérations effectuées dans cette phase est relativement limité et les mesures préventives ne requièrent pas de moyens trop importants.

Pour l'être humain, l'exploration ou exploitation peut avoir des répercussions socio-économiques et socioculturelles. Des études appropriées devront être menées préalablement, en tenant compte également des différences selon les sexes. La participation intensive des groupes de population concernée aux travaux de planification et aux décisions précédant les travaux devrait permettre de prévenir ou tout au moins d'atténuer d'éventuels conflits.

Les ressources géologiques étant liées à un site donné, le choix est très limité quant aux emplacements où effectuer les examens. Choisir les moments opportuns de l'année peut contribuer à limiter les répercussions sur l'environnement (par exemple en effectuant les travaux en dehors des périodes de végétations/couvaison).

Lors de la recherche, se faufiler entre les arbres pour une exploration est un moyen d'éviter ou de réduire le défrichage. Dans le cas où la coupure des arbres serait obligatoire, choisir les arbustes n'appartenant ni à des espèces endémiques, ni rares, ni en voie d'extinction. Cette coupure se fera si possible manuellement et avec la collaboration des techniciens des eaux et forêts.

Il est possible de limiter sensiblement ou même d'éviter d'éventuels dégâts, en appliquant les mesures suivantes :

- ✓ Ménager le site lors des travaux d'exploration en évitant par exemple l'emploi d'équipement lourd, d'ailleurs plus coûteux, et en prenant des mesures de protection des sols et de l'eau, de sécurité, de revégétalisation, etc....
- ✓ Sélection des emplacement d'intervention sur la base de considérations écologiques (y compris tranchée et voies d'accès, afin de minimiser les effets néfastes comme le morcellement). Ceci s'applique également aux sites où seront installés les camps et les équipements.
- ✓ Prévention des accidents de contamination (par exemple : bassins de collecte des huiles et produits chimiques)

La phase d'exploitation

Pour éviter le gaspillage, l'élaboration de fiche d'utilisation journalière est une solution simplificatrice pour la gestion de l'eau. Cette fiche d'utilisation précisera le besoin journalier en eau, le volume d'eau utilisé, la qualité physico-chimique à l'entrée et à la sortie de l'usine de traitement et le périmètre.

Afin de perpétuer les espèces et pouvoir les replanter après la fermeture de la mine : collaborer avec des organismes nationaux oeuvrant dans la protection de la biodiversité pour un conservatoire d'espèces floristiques et faunistiques. Pour pérenniser les espèces il faut aménager un site de pépinière pour les espèces existant sur le site afin de les réintégrer après la fermeture de mine.

Pour mener à bien les opérations de réhabilitation on peut établir une fiche de planification et de suivi des travaux d'exploitation et réhabilitation au fur et à mesure de l'avancement de la mine. Cette fiche doit préciser le suivi des croissances en hauteur et le taux de survie et d'adaptation des plantules.

Par ailleurs, assurer le bon fonctionnement du système de bassin de décantation peut se faire par l'analyse régulière des caractéristiques organoleptiques de l'eau en aval et le curage permanent du système devrait être programmé. Ce suivi peut se faire également par une fiche de suivi et de contrôle de qualité de l'eau à la sortie du bassin de décantation.

De même pour les engins et machines, l'entretien régulier est un moyen à la fois préventives et atténuant afin de prévenir les pollutions atmosphériques. Pour ce faire, une évaluation régulière du niveau sonore, d'échappement est nécessaire.

Pour les déchets domestiques et industriels, avant tout recyclage, les déchets seront collectés séparément ; les déchets à caractères biodégradables seront enfouis et les non biodégradables seront transférés à des décharges publiques ou incinérées.

Ces déchets et cendres peuvent par la suite être traités pour servir d'engrais ou de composte pour le sol.

La phase de fermeture

Le plan de fermeture d'un site minier vise à établir un programme de remise en état du site après l'activité minière c'est à dire le suivi des travaux de réhabilitation.

A cet effet, un plan de fermeture doit être envisagé et établi bien avant la fermeture définitive de la mine.

Ce plan de fermeture doit inclure la compensation des impacts négatifs sur les enjeux environnementaux du secteur minier et doit satisfaire les normes environnementales en matière de réhabilitation. Pour Madagascar ces normes doivent privilégier la biodiversité et la ressource en eau.

A Madagascar, le nettoyage du site est bien fait, certaines pratiques comme reverdisation des lieux est pratiquée mais ces pratiques peuvent encore être améliorées.

Des mesures efficaces doivent être prises par l'opérateur lors de la fermeture d'une mine pour compenser les impacts laissés par son activité. Mais pour que la réhabilitation soit efficace, l'administration minière et les opérateurs doivent y contribuer.

A cet effet, les recommandations suivantes fournissent des éléments à insérer dans l'élaboration de stratégie de gestion de l'environnement.

5.2.1 Amélioration de la connaissance sur les ressources naturelles :

5.2.1.1 *Etablir une base de données sur la biodiversité*

La richesse naturelle malgache a fait l'objet de plusieurs études antérieures, toutefois, ces études ne sont ni publiées, ni disponibles en sa totalité. Beaucoup d'autres sites naturels sont mal connus et toutes les espèces animales et végétales malgaches ne sont pas répertoriés.

Il est par conséquent recommandé de procéder à l'acquisition des données sur la biodiversité. Cette acquisition se fera soit par recueil des informations et résultats d'études antérieures, soit par des inventaires systématiques des formations végétales et populations animales dans les sites mal connus. L'objectif est de rassembler toutes les informations sur la biodiversité malgache.

De nombreuses études spécifiques, thèses, mémoires, études thématiques, inventaires forestiers, rapport d'activité sont publiées. Ces données sont malgré cela ni rassemblées, ni traitées. Or, une fois connues, assimilées par les organismes intéressés et concernés, ces données contribuent largement à la gestion des ressources naturelles.

Pour de meilleurs résultats, ces données doivent être couplées à un système d'information géographique : leur aire de répartition, leurs habitats, la délimitation des zones à haute protection tels que les aires protégées devront figurer dans les informations publiées.

La mise à jour systématique des informations doit être incluse dans le projet d'établissement de ce projet.

Les avantages que représente la mise en place de cette banque nationale de donnée sont, entre autre, la rapidité d'évaluation des EIE et de l'examen des dossiers de demande des permis miniers. La cartographie et requêtes des informations spécifiques concernant la biodiversité seront ainsi simplifiées, précises et fiables.

Pour améliorer l'élaboration des EIE, l'accès à ces informations par les opérateurs doit être facilité par voie de consultation ou de compilation payante.

Les indicateurs de suivi proposés sont :

- ✓ La compilation des données existantes réalisées ;
- ✓ La conception d'un système de diffusion des informations via Internet ou autre avec une participation sous forme de frais d'abonnement ;
- ✓ L'exigence de remise d'un rapport sur les recherches effectuées à Madagascar auprès de l'administration concernée, pour compléments et mise à jour des informations.

5.2.1.2 *Implanter une base de donnée sur les ressources en eau :*

L'importance de l'eau sur la santé publique, la biodiversité et l'environnement biophysique est capitale. Par conséquent, les projets nécessitant l'utilisation de l'eau, quelle que soit sa nature, doivent intégrer une planification de l'eau.

Pour ce faire, l’acquisition des données sur les ressources en eau par l’administration est nécessaire pour l’évaluation environnementale.

Malheureusement et à l’instar de la biodiversité, la connaissance des ressources en eau de Madagascar est très peu développée. Les informations publiées datent des années 70 et les autres informations sur les eaux souterraines et eaux de surfaces sont éparpillées ou confidentielles et les informations, résultats des forages d’alimentation en eau et des travaux hydrauliques récents sont rarement disponibles.

Vu le changement climatique de Madagascar depuis ces dernières années en raison des pratiques de tavy et de déforestation, une mise à jour de ces données est indispensable.

Les résultats d’étude et de mise à jour de ces informations sur les ressources en eau souterraine et superficielle permettent d’évaluer correctement les conséquences environnementales des activités minières. D’autre part, cette base de donnée permet d’alléger le coût d’une EIE pour les opérateurs miniers et de prendre des mesures préventives pour la préservation des ressources en eau.

Les autres avantages qu’apporte également cette base de donnée sont la possibilité d’utiliser ces données à d’autres domaines d’application entre autre l’alimentation en eau dans certaines régions de l’île après examen des informations sur les ressources disponibles ainsi que la reproduction de cartes et requêtes spécifiques.

La collaboration entre les différents ministères concernés allégera la charge de l’administration lors de l’élaboration de ce projet.

Comme pour la biodiversité, ces informations sur les ressources en eau doivent être disponibles pour les opérateurs, un bilan hydrique doit être par conséquent exigé dans l’EIE.

Les indicateurs de suivi proposées sont les suivantes :

- ✓ Inventaire des données disponibles ;
- ✓ Implantation de système d’acquisition des données ;
- ✓ Traitement des informations en base de données informatisées liées à un système d’information géographique ;

- ✓ Diffusion des informations.

5.2.2 Renforcement du système de gestion de l'environnement

5.2.2.1 *Exiger un bilan hydrique lors de l'élaboration de l'EIE*

Les eaux souterraines assurent 80% de l'alimentation en eau potable de la plupart des centres urbains de Madagascar. Parallèlement, l'eau assure également la survie des êtres vivants et constitue l'un des éléments principaux lors de l'exploitation minière en tant que matière première. Ce besoin en eau pour l'exploitation est largement supérieur au besoin en eau de la population et de la biodiversité.

A part les risques d'épuisement des ressources en eau pour satisfaire l'activité minière au détriment des autres utilisateurs de l'eau, les impacts des activités minières sur les ressources en eau sont très importants. A l'évidence, le bilan hydrique est le seul moyen d'évaluer les ressources en eau régionales et ainsi de les gérer rationnellement. Pourtant, cette opération est trop coûteuse pour un opérateur minier. De ce fait, la réalisation des bilans hydriques demande largement la collaboration de l'administration.

5.2.2.2 *Planifier les utilisations des ressources en eau*

Cette planification devra prendre en compte tous les projets ayant recours à l'exploitation ou utilisation des ressources en eau. Le but est de planifier des projets différents pouvant avoir une interférence et ainsi d'éviter une surexploitation ou une perturbation réciproque.

5.2.2.3 *délimiter des zones de conservation et de protection*

La biodiversité malgache fait partie du patrimoine mondial. Pour une conservation et pour assurer la pérennité des espèces endémiques, les zones qui présentent la nécessité d'une conservation et protection optimale doivent être définies. L'activité minière dans ces zones ou à sa proximité sera ainsi limitée ou interdite pour éviter toutes répercussions. Cette alternative a aussi pour avantage de faciliter les examens de demande de permis minier.

5.2.3 Etablir des normes environnementales :

Les normes environnementales n'existent pas encore pour l'industrie malgache dont le secteur minier. Toutes fois, Madagascar peut adopter les normes utilisées par d'autres pays jusqu'à l'élaboration des normes propres à l'industrie malgache.

Pour le moment, les contaminants chimiques ne sont pas encore utilisés dans l'industrie minière malgache, les normes doivent définir particulièrement les rejets solides, liquides dans les eaux et le sol.

5.2.3.1 Normes sur les rejets chimiques et industriels :

Les industries minières malgaches n'ont pas encore adopté de mesures environnementales pour les rejets chimiques et industriels issus des laveries. Pour que les mesures compensatoires sur les pollutions physiques et chimiques générées par ces rejets soit acceptées, une norme doit être établie.

5.2.3.2 Normes sur les conditions de travail et les mesures de sécurité dans les mines :

Les conditions de travail dans les mines sont souvent dangereuses, d'autant plus que pour les activités minières malgaches, peu sont les sociétés disposant de moyen de protection ou de prévention des accidents. Pour réduire les impacts sur la santé, sécurité des ouvriers mineurs, l'administration minière doit exiger une certaine mesure comme le port obligatoire de protection pour les ouvriers exposés à des dangers (casque, botte, gants, masque, ...), la mise en place d'une unité de premier secours sur place, le niveau d'hygiènes, etc.

5.2.3.3 Norme sur la réhabilitation :

Après la cessation des activités la remise en état du site doit être garantie; une norme sur la réhabilitation permet d'y parvenir.

La protection de sol contre l'érosion, l'esthétique du paysage, l'intégration de la qualité de l'eau seront précisées dans cette norme.

Des décrets sur les normes environnementales devront être adoptés et publiés.

5.2.4 Réaliser des inspections environnementales :

5.2.4.1 Intégration de l'inspection environnementale dans l'inspection minière

L'inspection environnementale vise à protéger le milieu naturel par l'assurance de la réalisation de plan de gestion environnementale. Cette inspection revient aux personnels des énergies et des mines.

Pour alléger la charge de l'administration, cette inspection environnementale peut être incluse dans les programmes d'inspection minière.

Une inspection environnementale est conduite à la fois pour le milieu physique que socioéconomique, les applications du code de travail dans les mines entre autre sur les conditions de travail (mesure d'hygiène et de sécurité, les couvertures sociales des mineurs, les travaux des enfants dans les mines, le taux de rémunération) sont à régulariser.

5.2.4.2 *Elaboration de fiche de contrôle :*

L'élaboration d'une fiche de contrôle est une option simplificatrice mais tout aussi fiable et intègre pour garantir la transparence de l'inspection.

Cette fiche précisera les contrôles sur les ressources en eau, le sol et la biodiversité. L'observation à l'issu de l'inspection conclue la conformité des actions réalisées avec le plan de gestion environnementale proposée dans l'EIE et par conséquent, de prendre de mesure correctrice suivant la nécessité.

5.2.4.3 *Renforcement et amélioration des moyens d'inspection :*

Les capacités techniques des personnes chargées des inspections environnementales, des moyens logistiques et des laboratoires locaux doivent être améliorées et renforcées pour réussir une inspection environnementale.

5.2.5 Formation en environnement et assistance technique des opérateurs miniers :

Cette initiative contribue à réduire les impacts des petites mines artisanales sur l'environnement. En effet, les principaux problèmes des artisans miniers sont le manque de technicité et de professionnalisme ainsi que la notion de protection de l'environnement.

5.2.5.1 *Former les artisans miniers en matière de protection de l'environnement :*

Les petits exploitants malgaches sont rarement des personnes ayant une connaissance en matière d'exploitation minière. Sur ce, la méthode d'exploitation dans les mines est dangereuse et aucune mesure n'est prise pour la prévention, l'atténuation, la compensation des dégâts environnementaux. Une formation de base technique et environnementale à

l'intention de ces petits exploitants, s'avère être une solution préventive pour améliorer le monde des petites mines artisanales malgaches.

Pour un meilleur résultat, cette formation doit être renforcée par des assistances techniques permanentes de la part de l'administration minière.

5.2.5.2 *Elaborer un guide pratique d'exploitation minière :*

Le guide pratique élaboré par le projet de réforme du secteur minier en 2000 pour les petits exploitants constitue un moyen d'encadrement technique théorique mais malgré cela ce guide n'est pas encore vulgarisé. Ainsi, sa vente et sa distribution peuvent être améliorée par une décentralisation de distribution.

5.2.5.3 *Elaborer un plan directeur d'élaboration d'une EIE de projet minier :*

L'administration et l'opérateur minier seront les bénéficiaires de l'existence de ce guide d'élaboration d'EIE.

Pour l'administration minière, l'examen des EIE sera facilité. Tandis que pour l'opérateur minier, l'élaboration de l'EIE sera orientée et aucune information exigée par le CTE ne sera omise. La demande d'informations complémentaires et autres rectifications sera ainsi évitée permettant de gagner du temps et de l'argent.

5.2.6 *Implanter une base de donnée sur le secteur minier national :*

L'environnement minier malgache est encore mal défini et mal connu : les informations sur la géologie et les ressources minérales sont insuffisantes, les activités minières sont multiples et en majorité informelle, les informations sur la production minérale ne sont pas fiables, beaucoup de gisements en exploitation artisanale ne sont pas répertoriés officiellement.

Cette défaillance sur la connaissance du secteur minier implique des difficultés quant à l'élaboration d'une politique de développement sectoriel, une politique qui inclue conjointement une politique environnementale. L'implantation de cette base de donnée nationale sur le secteur est par conséquent un outil clé pour le suivi de l'évolution de l'industrie minière nationale et une meilleure gestion particulièrement sur plan environnemental.

La mise à jour des informations techniques, économiques, sociales et environnementales permet par ailleurs d'élaborer des programmes de développement et de gestion environnementale réalistes adaptées au besoin du secteur.

5.2.7 Prévoir une stratégie de gestion des ruées vers de nouveau gisement :

Les impacts socioéconomiques et physiques de la ruée ou migration anarchique de population vers de nouveau gisement de pierres précieuses ou d'or sont aussi graves que ceux d'une société minière de moyenne ou grande envergure. Elle demande par conséquent une stratégie de gestion particulière de la part de l'administration.

Cette gestion de ruée vise principalement à l'amélioration des conditions socioéconomiques dans les villages miniers, sur l'hygiène, l'assainissement et la santé de la population. Il importe également de prévoir un outil de gestion d'éventuels conflits entre permissionnaire et artisans miniers. Enfin, étant donné l'inexistence généralisée de mesure environnementale sur ces sites, un plan de gestion environnementale régionale doit être établi pour préserver l'environnement.

Conclusion

Le produit minier constitue une ressource non renouvelable qui s'exploite au contact ou à proximité de la biosphère qui, elle, apporte des ressources renouvelables et comporte la biodiversité. Il faudra donc concilier une gestion durable de l'environnement (protection et mise en valeur) et une gestion de la ressource du sous-sol.

A Madagascar d'après notre connaissance du contexte « mine-environnement », il existe des aspects spécifiques qui sont d'autant plus délicats qu'il existe divers niveaux d'organisation de mines et de projet. Il sera donc très important de procéder à une évaluation environnementale à une échelle stratégique.

Cette étude nous éclaircit sur l'intérêt de l'élaboration de cette évaluation environnementale stratégique, ses avantages et la démarche à suivre pour sa réalisation à la différence d'une étude d'impact environnementale classique.

La réalisation de cette évaluation environnementale stratégique a permis d'exposer les aspects de l'environnement minier malgache aussi bien sur le cadre juridique que sur le milieu physique, biologique et humain. Elle a également présenté un aperçu des activités minières actuelles.

La capitalisation de ces données a permis d'identifier, en premier lieu, les conséquences des activités minières sur l'environnement physique et socioéconomique à l'échelle nationale et en second lieu, les enjeux environnementaux du secteur minier dont la ressource en eau et la biodiversité.

Cet ouvrage procure ensuite des éléments permettant à l'administration minière d'élaborer une stratégie de gestion environnementale cohérente avec les paramètres environnementaux par des recommandations à insérer dans l'élaboration des plans, politiques, programmes de gestion environnementale à savoir :

- ✓ L'amélioration de la connaissance du milieu naturel entre autre : la ressource en eau et la biodiversité ;

- ✓ Le renforcement du système de gestion de l'environnement ;
- ✓ La réalisation d'une inspection environnementale ;
- ✓ L'adoption des normes environnementales pour le secteur minier ;
- ✓ La formation environnementale et l'encadrement technique des opérateurs miniers malgaches ;
- ✓ L'implantation d'une base de donnée sur le secteur minier ;
- ✓ La prévision d'une stratégie de gestion de ruée ou rush minier.

Toutefois, la réalisation d'une évaluation environnementale stratégique ne veut pas dire qu'il faille négliger les problèmes environnementaux que pose un emplacement particulier en dépit du fait qu'elle met surtout l'accent sur des questions propres aux secteurs mais de régler les problèmes environnementaux à la source en intégrant les critères environnementaux et les objectifs du développement durable directement dans les processus de planification des politiques, plans ou programmes de développement du secteur.

Il convient à nouveau de souligner que cette politique environnementale représente inéluctablement des efforts financiers importants qui vont bien au-delà des coûts de l'étude d'impact environnementale et de son instruction ; et que cet effort doit être équitablement partagé entre l'état et les opérateurs.

Bibliographie

1. 3M-Mines Tany Hafa- Etude d'impact environnemental
2. ANGAP /ONE/PNUE- Monographie Nationale sur la biodiversité-1997
3. ANGAP-Nomenclature des formations végétales de Madagascar-Mars 1999
4. Arrêté interministériel n°4355/97 portant définition et limitation des zones sensibles
5. Arrêté interministériel n°12032/2000 du 13 janvier 2000 portant réglementation du secteur minier en matière de protection de l'environnement
6. Banque Mondiale-rapport n°17788.MAG : document d'évaluation du projet de réforme du secteur minier-juin 1998
7. BRGM –Plan directeur d'action pour la mise en valeur des ressources du sol et du sous sol de Madagascar-Novembre 1998
8. CHAPERON Pierre, DANLOUX Joël, FERRY Luc-Fleuves et rivières de Madagascar- édition ORSTOM DMH-CNRE –Paris 1993-874 pages
9. CHARTE DE L'ENVIRONNEMENT Malagasy-21 Décembre 1990
10. CNRIT/ONE- Rapport final ONE : Traitement et recyclage des eaux usées industrielles- Juin 1997
11. COLLINS/JOHNSON/FITZIMONS/HULSHER/POWELL/AMBELLO/RAZAKAMANANA – Néoproterozoïc deformation in central Madagascar: a section through part of the east African orogen –Février 2002
12. COLLINS, FOTZSIMONS, HULSHER, RAZAKAMANANA-Structure of the east African orogen in central Madagascar-Precambrian research- 16 Février 2002
13. Décret n°2001-008 portant code des aires protégées du 28 janvier 2001
14. Dinika International SA- Audit environnemental des sites d'exploitation de saphir : Ilakaka et Sakaraha ainsi que l'étude environnementale globale de la région- Février 2001
15. DYNATEC –Etude d'impact environnemental du projet d'exploration par forage 2003- 2004 dans les gisements de nickel cobalt d'Ambatovy Analamay- Septembre 2003-94 pages
16. GEOSUM-DINIKA : Formulation d'une politique minière à Madagascar-1997
17. INSTAT –Enquête auprès des ménages 2002 rapport final- Novembre 2002-118 pages
18. Le code de l'eau ou loi n°98-029 du 19 Décembre 1998
19. Le code minier loi n°99-022 du 30 Août 1999 et son décret d'application loi n° 2000-170 du 20 Février 2000
20. Décret de Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement du 10 juillet 2000

21. Loi n°96-025 relative à la gestion locale des ressources naturelles renouvelables- 101 Septembre 1996
22. loi n° 99-021 du 28 Juillet 1999 portant loi sur la gestion des pollutions industrielles
23. MINENV/ONE _Directive générale pour la réalisation d'une étude d'impact environnemental- juillet 2002- 26 pages
24. OCDE/Institut de développement économique de la Banque Mondiale- Evaluer les dommages à l'environnement- ODI 1996
25. ONE/MINENV – Tableau de bord environnemental (Madagascar) – édition 2002
26. ONE/ BM- Rapport sur l'environnement urbain cas de la zone d'Antananarivo-1997
27. ONE Guide sectoriel pour la réalisation d'une étude d'impact environnemental de projet aquacole- Décembre 2000- 36 pages
28. ONE Guide sectoriel pour la réalisation d'une étude d'impact environnemental de projet routier- Décembre 2000- 52 pages
29. ONE/ MINENV – Rapport sur l'état de l'environnement à Madagascar- Mai 1999
30. PNUD Madagascar /MINENV –Madagascar vers le développement rapide et durable (profil et vision)- 29 septembre 2002
31. QMM SA – Projet ilménite : Etude d'impact social et environnemental –volume I- Mai 2001- 377 pages
32. RAKOTOMANANA Dominique Edouard- Potentiels métallogéniques des complexes mafiques-ultramafiques de Madagascar (thèse de doctorat en géoscience et environnement de l'INPL)- 22 Novembre 1996
33. RAKOTONDRAINIBE Jean Herivelox- Les eaux souterraines de Madagascar- Avril 1983
34. RASOANANDRIANINA Lalaniriana/ Cabinet L2R – Document de synthèse capitalisation sur les évaluations environnementales stratégiques Annexes3- Mai 2002
35. SIAM- Etude d'impact environnemental d'exploitation aurifère dans la zone d'Analavoka- Juin 2001- 37 pages
36. Société Gondwana Gems- Etude d'impact sur l'environnement d'un projet d'exploitation minière sis à Ilakakabe- Mars 2002
37. Société ARSENE LOUYS_ Etude de mise en conformité de l'exploitation de graphite d'Andasibe –Octobre 2000 –132 pages
38. WALLE/JENNINGS – Guide sur la sécurité et hygiène dans les petites mines à ciel ouvert- BIT Genève 2001
39. www.ea.gov.au/assessment/eianet/index.html - l'évaluation de l'impact sur l'environnement menée par le Common Wealth en Australie-2003-10-07

Annexes

Annexe 1: Tableaux des données environnementales de Madagascar

Tableau 2: Le système Karroo Malgache

Source : RAZAFIMBELO Rachel in *cours de géologie sédimentaire quatrième année en géologie de l'ESPA*

Etape	Lithologie	Formation	Epaisseur
Lias sup	Alternance de grès et d'argile	II } Isalo	4000m
Lias inf	Dominance de grès et de grès conglomératiques	I	
Trias sup	Alternance d'argile et de grès	Supérieur	
Trias inf	Argile et schiste	Moyen }Sakamena	2500m
Perm sup	Grès et schiste	Inférieur	
Perm moy	Grès, argile et couche à charbon	Sakoa	2500m
Carbo sup			

Légende :

Sup : supérieur

Inf : inférieur

Moy : moyen

Perm : permien

Carbo : carbonifère

Tableau 3: Tableau récapitulatif des régimes hydrogéologiques de Madagascar

Modifiée d'après : RAKOTONDRAI NIBE J.H in Les eaux souterraines de Madagascar.
Avril 1982

Régime	Fleuve et rivière	Débit moyen annuel en m³/ s	Crue 1/25 ans en m³/s
Tsaratanana	Sambirano Ramenca	131.8 54.46	10.500 4.500
Côte est	Ivoanana Ivondro Manajary Namorona Vohitra	50 95.96 115.6 11.7 66.92	1.700 4000 3200 850 3100
Haut plateau	Sisaony Andombava Mangoro Ikopa Sahanivotry Mania Manandona	6.04 7.73 87.96 164.66 9.04 132.83 24	350 360 2150 2500 380 3.300 650
Nord ouest	Isinko	18.6	1500
Centre sud	Zomandao Ihosy Manantanana	10.63 13.66 73.77	1800 710 3200
Ouest	Morondava	53.3	4600
Sud	Menarandra Manambato Mandrare Fiherenana	12.9 5.28 10.15 -----	2300 1500 3100 3600
Mixte	Ikopa Betsiboka Mananara Mangoky	44.4 258.53 219.30 3.85	5000 12000 5800 26000

Tableau 4: Les nappes aquifères exploitées et leur niveau piézométrique

Modifié d'après Les eaux souterraines de Madagascar de RAKOTONDRAINIBE J.H HY 733 Avril 1983

Division géographique	Nappe exploitée	Profondeur aquifère
Antsiranana	Sable alluvionnaire et arène grenue	5 à 10 m
Mahajanga	Calcaire éocène, nappe d'alluvion	A partir de 50m
Tuléar	Sable quaternaire	7m
Amboasary	Sable argileux et alluvionnaire	7m
Toamasina	Sable de plage	0 à 30m
Haut plateau	Nappe d'arène	5 à 10m
Morondava	Nappe crétacé et calcaire éocène	30 à 90m
Extrême Sud	Sable superficielle et argileuse	7 à 10 m
Antsirabe	Eaux de sources issues de nappe de basaltes fissurées	
Antananarivo et Fianarantsoa	Arène grenue alluvion et sable	5 à 10 m 4 à 6 m

Tableau 5:Les bassins versant de Madagascar

Source : DANLOUX , CHAPERON in Fleuve et rivière de Madagascar, ORSTOM

Division naturelle des bassins	Superficie totale en km ²	Substratum	Fleuves et rivières	Observations
Versant Nord-Est et montagne d'Ambre	11200	Terrain volcanique néogène et quaternaire de basalte, sol ferrallitique très perméable	Besokatra et saharenana	Bassin allongé et très étroit à très forte pente
Versant de Tsaratanana	20000	Socle granitique et migmatitique sur sol perméable, coulée volcanique à l'est et formation de l'Isalo à l'Ouest	Sambirano et Bemarivo	De forme centrifuge à pente initiale forte et à relief vigoureux
Versant Est	150000 sur 1200 km de long	Sur socle cristallin granitique et migmatitique, roche éruptive basique néogène et quaternaire	Manongory, rianila, Mangoro, Manajary, Mananara	Formant des cuvettes marécageux d'Andilamena et le bassin lacustre d'Alaotra, de forme étroit et très allongée orienté W-E
Le Sud	49000	Sur leptynite, cipolin, quarzite, amphibolite, volcanique crétacé. A l'ouest sur le karroo et au sud sur des sols imperméables	Mandrare, Menarandra, Manambovo, Linta	En étroite vallée tectonique orienté N-S
Le versant ouest	365000	Leptynite, cipolin, quartzite, micaschiste, gneiss, karroo et formation alluviale dans la partie sédimentaire	Fiherenana, Betsiboka, Tsiribihina, Mangoky	Pente modérée entrecoupée de rapide à forte pente pour les hauts bassins, exutoirs en deltas avec forte potentialité aquifère pour, l'ensemble

Tableau 6: Récapitulatif des régimes climatiques de Madagascar

*In : Fleuves et rivières de madagascar de P. CHAPERON, DANLOUX, FERRY
Edition ORSTOM, 874 pages*

Région climatique	Précipitation moyenne annuelle (mm)	Température moyenne/ an (°C)	ETP moyenne par an ETR moyenne par an(mm)	Région concernée
Région perhumide	1500<P<3000 en saison sèche : P>100 par mois	20<T<25 avec forte humidité	900<ETP<1300 ETP=ETR indice d'humidité>100	Versant oriental entre Antalaha et Taolagnaro, Montagne d'Ambre et Nosy-Be, bas Sambirano
Région humide et climat d'altitude	1200<P<1500 en saison sèche 10<P<50	10<T<15	800<ETP<1200 ETR=80% ETP Indice d'humidité de 20 à 100	Haute-terre centrale, Mangoro-Alaotra, Isalo et Analavelona, les massifs montagneux
Subhumide à semi -aride	700<P<1500 en saison sèche P<15	T>25	1200<ETP<1800 ETR=50% ETP indice d'humidité : -35 à +20	A l'Ouest et au Nord Ouest, bordure orientale des hauts plateaux centraux, bassin sédimentaire de Majunga, région de Diégo, au sud Ouest continental, bassin de Morondava, plateau de Horombe, Isalo et Analavelona.
Région sèche	350<P<600 saison sèche=-15	20<T<25	1200<ETP<1300 ETR=20% ETP Indice d'humidité=-35	Avancées méridionales du socle, plateau Mahafaly et zone côtière entre Morombe et Ambovombe

Tableau 7: Les maladies les plus fréquentes par provinces

Maladie	Antananarivo	Fianarantsoa	Toamasina	Mahajanga	Toliara	Antsiranana
Paludisme	27.9	23.3	15.2	35.2	19.5	11
Diarrhée	29.2	43.8	51.4	14.6	47.3	27.6
Affection cutanée	16.4	10.6	10.7	7.6	18.5	8.3
Affection bucco dentaire	1.6	4.4	1.0	2.5	1.6	2.0
Blessures, brûlures	5.3	3.0	5.7	5.3	1.5	1.3
Infection de l'œil	4.5	5.5	6.3	12.9	6.3	5.2
Hypertension artérielle	1.5	1.0	3.2	2.1	1.8	42.0
Toux	7.6	0.7	1.4	3.2	3.9	1.3
Autres	6.0	7.9	5.0	16.8	2.4	1.5

Source : EPM 2002/INSTAT Rapport final Novembre 2002

Tableau 8: Distribution de la population selon le niveau d'instruction par milieu

Niveau d'instruction	Milieu		Sexe	
	Urbain	Rural	Masculin	Féminin
Non instruit	30	50.3	44.4	47.1
Primaire	44.6	41.8	42.8	42.1
Secondaire	18.9	6.5	10.2	8.5
Supérieur	6.5	1.4	2.7	2.4

Source : INSTAT /DSM/EPM 2002

Tableau 9: Taux de scolarisation par faritany

	Antananarivo	Fianarantsoa	Toamasina	Mahajanga	Toliara	Antsiranana
Primaire	85.7	74.2	80.7	54.9	50.4	72.5
Premier cycle du secondaire	30.3	11.1	9.6	10.5	15.0	7.2
Second cycle du secondaire	18.6	2.0	4.2	1.6	1.4	4.7

Source : INSTAT /DSM/EPM 2002

Annexe 2: Identification des sources d'impacts environnementaux des activités minières et le milieu affecté

Tableau 10: Les dégâts pouvant être occasionnés par la reconnaissance, la prospection et l'exploration de ressources minières

Activités		Effets sur la détérioration éventuelle de										Effets produits par détériorations éventuelles produites par						
		<i>Paysage</i>	<i>Flore</i>	<i>Faune/homme</i>	<i>Eau de surface</i>	<i>Nappe phréatique</i>	<i>Sols</i>	<i>Air et atmosphère</i>	<i>Climat</i>	<i>Biens matériels</i>	<i>Patrimoine culturel</i>	<i>Consom d'espace</i>	<i>Mise en place d'infra</i>	<i>Bruit</i>	<i>Déchets gazeux</i>	<i>Déchets liquides</i>	<i>Dépôts</i>	<i>Radiation</i>
Accès au site	Routes, tranchées, clairières	R	R	R	RE	RE	RE	RE		RE	RE			RE	RE	RE	RE	
Cartographie géologique et topographique	Levées de terrain, télédétection et photo aérienne		RE	RE	R									R	R	R		RE
Camps et installations auxiliaires	Logements, voies de transport, ateliers, laboratoire de terrain, stockage de matériel, infrastructures	R	R	R	R	RE	R	R		RE	R	R	R	R				
Géophysique	Méthode aérienne				R									R	RE			
	Sismique		RE	RE		RE	RE			RE	RE			R				
	Méthode non sismique		R	R	RE	RE								R	R			
	Examen géophysique					R									R		RE	
Examens hydro géologiques	Essais de pompage, injection, prélèvement d'échantillon d'eau, traceurs				RE	R	RE								RE		RE	RE
Reconnaissance du gisement	Mise à découvert, puits galeries, terrils, forations	R	R	R	R	R	RE	R				R	R	R	R	R		
Prélèvement d'échantillons	Echantillons de surface, échantillon souterrains, sousmarins	RE	RE		R		RE											
Analyses en laboratoire	Procédés divers				R			R				R	R	R	R	R		

Légende R : Risque écologique important RE : Risque écologique Eventuel

Tableau 11: Tableau récapitulatif des activités afférentes à l'exploitation comme source d'impact sur l'environnement et le milieu affecté

Milieu	Activité et source d'impact		Milieu affecté
Sol		<ul style="list-style-type: none"> • Décapages et extraction • Exploitation des carrières • Défrichage et aménagement des voies d'accès 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité et quantité du sol ; • Topographie ; • Ressources écologiques ; • Compatibilité de l'occupation du sol
Eau		<ul style="list-style-type: none"> • Rejet d'eau usée, • Rejet de déchet dans les eaux • Erosion de sol ; • Utilisation de l'eau pour l'ensemble des travaux de la mine et besoin domestique 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité biochimique des eaux de surface et souterraine ; • Qualités physiques des cours d'eau ; • Qualité et disponibilité des ressources en eau.
Air		<ul style="list-style-type: none"> • Décapage, • Exploitation • Transport des matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité chimique et physique de l'air et de l'atmosphère ; • Régime climatique régional
Flore		<ul style="list-style-type: none"> • Eaux de ruissellement ; • Décapage et exploitation ; • Transport ; • Défrichement 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversité de la richesse floristique, aquatique et terrestre
Faune		<ul style="list-style-type: none"> • Défrichement, • Eau de ruissellement ; • Rejets des débris matériaux et chimiques dans les eaux ; • Opération d'extraction et transport des matières 	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat et harmonie du monde animal ; • Diversité de la richesse faunistique aquatique et terrestre
Humain	Social	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les processus d'exploitation de ; • Manque d'hygiène et des mesures de sécurité dans les mines 	<ul style="list-style-type: none"> • Santé et sécurité du personnel et des habitants environnants ; • Structure sociale
	Economie	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration du projet dans le milieu 	<ul style="list-style-type: none"> • Contribution directe auprès des administrations locales ; • Structures des emplois locaux; • Niveau de vie des habitants

Annexe 3 : récapitulatifs des impacts et mesures d'atténuation

Tableau 12: Tableau récapitulatif des impacts et les mesures d'atténuation lors de l'activité de recherche

Milieu affecté	Impacts	Mesures d'atténuation
Sol	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation potentielle des risques d'érosion Augmentation de la sédimentation ; Réduction ou perte temporaire des productivités du sol Compactage accru du sol 	<ul style="list-style-type: none"> Emprunt de prise déjà existant Collecte et conservation de l'humus pour leur réintégration après les travaux ; Les routes temporaires ne doivent pas être damées, ni compactées Les trous de forage doivent être bouchés et marqués <p>Débarras de toutes installations et rebus après travaux</p>
Air	<ul style="list-style-type: none"> Emanation de poussières Nuisance sonore Pollution chimique du au gaz d'échappement 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de matériel insonorisé Entretien régulier des engins ; Humidification des routes de circulation
Ressource en eau	<ul style="list-style-type: none"> Dérangement ou déplacement temporaire des sources ; Suintement Dérangement temporaire des canaux d'écoulement d'eau ; Risque de pollution chimique par les rejets accidentels des lubrifiants 	<ul style="list-style-type: none"> Tracé de route loin des sources en eau Précaution sur l'utilisation des produits chimiques Utilisation rationnelle de l'eau Gestion des ressources en eau et des eaux usées
Flore	<ul style="list-style-type: none"> Destruction ou modification de la couverture végétale Augmentation des pressions sur les ressources environnantes Morcellement et fragmentation de la forêt Disparition ou perte d'espèces rares, menacées ou en voie d'extinction Diminution de la productivité de l'écosystème Perte d'habitat pour les animaux 	<ul style="list-style-type: none"> Se faufiler entre les arbres pour éviter la coupe ; Coupe des arbres par des moyens manuels ; Inventaire systématique des espèces végétales et ne couper que des arbres classés non endémiques ou espèces protégés ; Surveiller l'exploitation de la forêt
Faune	<ul style="list-style-type: none"> Destruction ou modification d'habitat faunistique ; Perturbation des mouvements migratoires ; Diminution de la chance de survie des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> Ne pas toucher les arbres portant des nids ou dortoir ; Respecter les exigences locales normatives sur la protection de la faune et flore ; Barrer l'accès vers la biodiversité
Socio économie	<ul style="list-style-type: none"> Création d'emploi ; Contribution au budget de l'état et de la communauté locale ; Risque de danger divers et accidents liés à l'activité minière 	<ul style="list-style-type: none"> Information et consultation de la population concernée par le projet ; Formation technique des ouvriers ; Recrutement des ouvriers locaux ; Mesures de protection des biens et des personnes.

Tableau 13: Tableau récapitulatif des impacts et leurs mesures d'atténuation lors de l'exploitation

Milieu	Impacts sur l'environnement	Mesures d'atténuation
Sol	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement de terre pour l'extraction • Modification du profil pédologique et le système de drainage en surface • Perte ou réduction de la productivité du sol • Augmentation du risque d'érosion du sol et des talus ; • Pollution des sols par les roches minéralisées et toxiques • Affaissement du sol et déformation du paysage 	<ul style="list-style-type: none"> • Re profilage et compactage du sol, • Installation de digue et de système anti-érosion, • Maîtrise de gestion des déchets et des morts terrains • Revégétalisation • Maîtrise de gestion de l'espace pour le stockage des morts terrains et des produits à risque de contamination
Eau	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du ruissellement et de la capacité érosive de l'eau ; • Dégradation des eaux de surface par les terrils et les matériaux stockés ; • Pollution des nappes profondes par les eaux usées et équipement de service ; • Perturbation et pollution des aquifères par excavation • Perturbation des régimes hydriques et baisse de débit 	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuation dans les règles des déchets liquides et solides, incinération, mise en décharge, stockage définitif ; • Recyclage de l'eau sortant de la laverie par des bassins de décantation et traitement chimique si besoin ; • Gestion des déchets pouvant affecter l'eau de surface et les nappes ; • Gestion spatiale des ressources aquifères du site lors d'un détournement, captage, exhaure, ou autres activités touchant les eaux de surface ou souterraines ; • Exploitation rationnelle de l'eau
Air	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisance sonore ; • Production de poussière pouvant affecter des infections respiratoires aiguës ; • Emission de poussière et dégagement de gaz ; • Nuisances dues aux particules en suspension causées par la circulation 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix d'équipement moins bruyant ; • Equipement de protection pour les ouvriers ; • Entretien régulier des machines et engins ; • Compactage des voies de circulation
Faune et flore	<ul style="list-style-type: none"> • Suppression de couvert végétal ou dégradation de la richesse floristique ; • Diminution de la capacité de régénération de la faune et flore ; • Diminution de la possibilité de 	<ul style="list-style-type: none"> • Revégétalisation ; • Gestion de la biodiversité ; • Intégration de nouveaux espèces végétatives à faciliter d'intégration et de régénération tout en respectant l'équilibre climatique du milieu

Milieu	Impacts sur l'environnement	Mesures d'atténuation
	<p>retour de végétaux dû au compactage du sol ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nuisance sonore à la faune • Migration des espèces, diminution de la biodiversité ; • Destruction de l'habitat floristique et faunistique ; • Modification de la végétation et introduction d'espèces exogènes ; • Facilité d'accès à la biodiversité ; • Perte ou diminution des champs cultivables 	
Humain	<ul style="list-style-type: none"> • Risque d'inflation ; • Apport de devise et impôt pour l'administration locale, régionale et nationale ; • Création d'emploi ; • Encadrement technique des ouvriers, migration démographique ; • Perturbation, création de ménage ; • Délinquance, débauche et acte de vandalisme, • Prolifération de maladie, • Augmentation de déchet et de consommation 	<ul style="list-style-type: none"> • Maîtrise des flux de migration ; • Recrutement de personnels locaux ; • Implantation des centres de santé, d'éducation et de loisir ; • Gestion des déchets et des besoins en consommation ; • Respect des contextes légaux sur les activités minières ; • Respect des richesses cultuelles, culturelles de la zone

Titre : Evaluation environnementale stratégique des activités minières à Madagascar

Auteur : HARIMALALA TSIVERISOA Herizo

Adresse : Lot II E 36 Bis G Ambohidahy Ankadindramamy

101 Antananarivo

Encadreur : Monsieur **RAZAFINTSALAMA Lalalison**

Nombre de pages : 80

Nombre de figures : 5

Nombre de tableaux : 13

Nombre d'annexes : 3

Résumé :

Le présent mémoire de fin d'étude est axé sur l'évaluation environnementale des activités minières malgache à une échelle nationale. Il a pour objectif de cerner les principaux impacts générés par les activités actuelles et par conséquent de proposer des recommandations pour prévenir, atténuer et compenser les conséquences négatives.

Pour ce faire, l'étude menée dans cet ouvrage se base sur les contextes juridiques et légaux du secteur minier et de l'environnement, la description de l'état actuel de l'environnement physique, biologique et humain ainsi que les activités minière actuelle. Elle présente également les problématiques du secteur minier en matière de protection de l'environnement et propose par la suite des recommandations générales pour une gestion environnementale stratégique.

Mots clés : évaluation, environnement, activités minières, impact, atténuation, plan de gestion environnementale, politique environnementale.