

## **Sommaire**

**Teny fisaorana**

**Liste des acronymes et abréviations**

**Liste des Figures**

**Liste des Photographies**

**Liste des Tableaux**

Introduction

Chapitre I : GENERALITES

I.1. Phases d'un projet minier

I.2. Autorisations minières et Permis Miniers

I.3. Cadres légal et institutionnel du secteur minier à Madagascar

Chapitre II : ASPECT TECHNIQUE

II.1. Choix et Eléments techniques nécessaires en projet minier

II.2. Etudes de reconnaissance

II.3. Estimation de réserves

II.4. Evaluations économiques, financières-investissement

II.5. Clé de répartition

II.6. Amortissement

II.7. Fiscalité et parafiscalité minière

II.8. Critères de rentabilité

Chapitre III : ASPECTS SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL

III.1. Aspect social

III.2. Aspect environnemental

Chapitre IV : ETUDE DE CAS : Projet d'exploitation d'or

IV.1. Aspect technique

IV.2. Aspects social et environnemental

Conclusion

**Références bibliographiques**

**Références webographiques**

**Table des matières**

## Liste des acronymes et abréviations

<b>ANPSR</b>	: Autorité Nationale de Protection et de Sûreté Radiologique
<b>BCMM</b>	: Bureau du Cadastre Minier de Madagascar
<b>COAP</b>	: COde des Aires Protégées
<b>EIE</b>	: Etude d'Impact Environnemental
<b>PAE</b>	: Plan d'Action Environnemental
<b>PE</b>	: Permis d'Exploitation
<b>PEE</b>	: Plan d'Engagement Environnemental
<b>PEE-RIM</b>	: Programme d'Engagement Environnemental pour les opérations en vertu d'un Permis R d'impact minimal
<b>PEE-RS</b>	: Programme d'Engagement Environnemental pour les opérations en vertu d'un Permis R Standard
<b>PN</b>	: Parc National
<b>PNE</b>	: Politique Nationale de l'Environnement
<b>PR</b>	: Permis de Recherche
<b>PRE</b>	: Permis de recherche et d'exploitation minière Réserve aux Petits Exploitants
<b>RNI</b>	: Réserve Naturelle Intégrale
<b>RS</b>	: Réserve Spéciale

## Liste des Figures

<b>Figure 01:</b> Typologie de gisements aurifères .....	31
<b>Figure 02:</b> Schéma simplifié d'une drague .....	32

## Liste des Photographies

<b>Photographie 01:</b> Lingots et de pépites d'or.....	30
<b>Photographie 02:</b> Matériels utilisables pour la récupération de l'Or .....	33
<b>Photographie 03:</b> Lavage de terres d'une exploitation d'Or .....	34

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 01:</b> Types de permis avec les obligations environnementales .....	5
<b>Tableau 02:</b> Principaux éléments pour une description technique d'un projet.....	12
<b>Tableau 03:</b> Modèle d'un amortissement linéaire.....	18
<b>Tableau 04:</b> Impacts de l'exploitation aurifère sur le milieu socio-culturel .....	34
<b>Tableau 05:</b> Mesures à prendre pour l'aspect environnemental .....	35
<b>Tableau 06:</b> Mesures à prendre pour la remise en état du site .....	36

## Introduction

Un projet minier nécessite de grands investissements et plusieurs années de recherches, d'études et ce à partir même de la phase d'exploration. En sachant pertinemment que l'objectif principal d'un tel projet consiste à effectuer une exploitation rentable des substances minérales.

Le succès d'un tel projet dépend d'un ensemble de facteurs qui doit être étudié au préalable. Ainsi, il est indispensable d'effectuer plusieurs études approfondies préliminaires qui concluent la faisabilité ou pas dudit projet. Cependant, l'identification d'anomalies dans une zone ne suffit pas pour la réalisation de son exploitation. Puisque dans ces études, on doit considérer plusieurs volets à l'instar des volets technique, économique, social, environnemental, etc. et ce qui conduisent à notre sujet qui est l'« *Elaboration d'un projet minier - Aspects technique, social et environnemental* ».

Afin de mieux cerner notre sujet, notre travail se divisera en quatre (04) chapitres dont le premier chapitre est consacré à des généralités, la seconde repose sur l'aspect technique d'un projet. Ensuite, le troisième chapitre porte sur les aspects social et environnemental d'un projet. Enfin, et non le moindre, le quatrième et dernier chapitre concerne une étude de cas : un projet d'exploitation d'or.



## **Chapitre I : GENERALITES**

Dans ce premier chapitre, parlons tout d'abord de tout ce qui concerne un projet minier que ce soit ces phases ou des documents requis à son élaboration.

### **I.1. Phases d'un projet minier**

Du début des prospections minières à la fermeture de la mine, on distingue différentes phases dans un projet minier telles que :

- phase d'exploration ;

La phase où on effectue la localisation du gisement, l'étude géologique, l'estimation de qualité du minerai, estimation des réserves, étude de pré faisabilité et de faisabilité, ... Bref, c'est dans cette phase qu'on met en évidence de concentrations minérales économiquement exploitables. Les dépenses effectuées à ce niveau ne conduisent pas nécessairement à la découverte d'un gisement exploitable.

- phase d'aménagement ou de développement ;

Si le gisement peut être exploité rentablement, cette phase est marquée par l'installation des infrastructures nécessaires pour l'exploitation, l'implantation du site, la construction de routes d'accès, hébergement du personnel, stockage pour les équipements, conception du plan de la mine, etc.

- phase d'exploitation ;

Après que toutes ces infrastructures soient installées, on réalise l'exploitation proprement dite de la mine que ce soit par le mode à ciel ouvert : délimitation des zones minéralisées, minage et abattage par explosifs si formations dures et par bull, pelles hydrauliques et chargeurs sur pneus si formations meubles ; soit en souterraine : exploitation par palier ou par bloc foudroyé ; transport du minerai : tapis roulant, camions ; traitement du minerai.

- phase de fermeture.

La phase où l'exploitation n'est plus rentable à cause de la baisse du prix du minerai ou de l'épuisement des ressources. La réhabilitation du site répondant à des critères environnementaux devrait être réalisée lors de cette phase.

En effet, chaque phase concernée consiste à la réalisation de plusieurs opérations et ces dernières peuvent alors engendrer des impacts qui, doivent impérativement être minimisés et/ou atténués.

## **I.2. Autorisations minières et Permis Miniers**

Les gîtes de substances minérales sont classées en :

- Carrières ;
- Mines ;
- Gîtes fossilifères.

Les carrières sont incluses dans la propriété du sol et elles en suivent le régime tandis que les mines et les gîtes fossilifères y sont séparés.

### **I.2.1. Carrières**

Les Communes sont responsables de la gestion et de la surveillance administrative des activités de carrière menées à l'intérieur de leur circonscription respective. Elles délivrent les autorisations d'ouverture de carrières, et en informent le bureau du Cadastre Minier, celui de la Direction Interrégionale du Ministère chargé des Mines et l'Autorité compétente de la Région concernée.

Toute autorisation d'ouverture de chantier d'exploitation de carrières est subordonnée à l'approbation préalable, par l'Autorité compétente en matière environnementale, d'un plan de mesures de protection environnementale élaboré par l'exploitant, dont le modèle est fixé par voie réglementaire.

La Région concernée est responsable du suivi et du contrôle techniques de toutes les activités de carrières. Le contrôle des substances explosives et détonantes détenues par les particuliers est fait conformément aux lois et règlements en vigueur.

### **I.2.2. Mines**

#### *I.2.2.1. Autorisation exclusive de réservation de périmètre « AERP »*

La prospection est libre sur le territoire en dehors des zones protégées, des zones réservées, des périmètres couverts par des permis miniers ou des Autorisations Exclusives de Réservation de Périmètre (AERP) sous réserve d'une déclaration préalable de prospection

minière pour une période de un (01) an au BCMM. Cette autorisation d'une durée de trois (03) mois et non renouvelable, confère à son titulaire de réserver un périmètre minier.

#### *1.2.2.2. Permis miniers*

Il existe trois (03) types de permis miniers dont :

- *le Permis Réserve pour les petits Exploitants ou PRE ;*

Ce permis de recherche ou d'exploitation d'une durée de huit (08) ans et renouvelable une ou plusieurs fois pour une durée de quatre (04) ans, confère à son titulaire :

- ❖ le droit d'effectuer la prospection, la recherche et l'exploitation des substances demandées conformément aux engagements contenus dans le plan type, sous réserve de l'approbation par l'autorité compétente sur la prospection environnementale : Une Etude d'Impact Environnementale pouvant être requise en cas de concentration des demandes de permis PRE dans une zone ;

- ❖ le droit de construire les infrastructures nécessaires ;

- ❖ le droit d'utiliser uniquement des techniques artisanales dans l'exécution des travaux d'exploitation ;

- ❖ le droit de transporter, de stocker les substances.

- *le Permis de Recherche ou PR ;*

Ce permis d'une durée de cinq (05) ans et renouvelable deux fois pour une durée de trois (03) ans, confère à son titulaire :

- ❖ le droit de faire la prospection et la recherche des substances demandées sous réserve de l'approbation par l'autorité compétente d'un plan d'engagement environnementale et de l'accord préalable du propriétaire du sol : une Etude d'Impact Environnemental peut être requise à partir d'un seuil d'avancement des travaux ;

- ❖ le droit de disposer des substances extraites pour les utiliser à des fins d'analyse, de recherche de débouchés ou d'essai industriel.

- *le Permis d'Exploitation ou PE.*

Ce permis d'une durée de quarante (40) ans et renouvelable une ou plusieurs fois pour une durée de vingt (20) ans, confère à son titulaire :

- ❖ le droit d'exploiter les substances demandées, de poursuivre la prospection et la recherche, sous réserve de l'approbation par l'autorité compétente sur la prospection

environnementale, des engagements contenus dans le document d'étude d'impact environnementale et de l'accorde préalable du propriétaire du sol ;

- ❖ le droit de construire les infrastructures nécessaires ;
- ❖ le droit de transporter, de stocker les substances.

Les activités, les obligations environnementales et les autorités en charge d'octroi ou de refus de chaque type de permis sont résumés dans le tableau 01 ci-dessous:

**Tableau 01:** *Types de permis avec les obligations environnementales*

Permis	Activités	Obligations environnementales	Autorité en charge d'octroi ou de refus
<b>PRE</b>	Prospection – Recherche- Exploitation	PEE	Directeur inter-régional concerné
<b>PR</b>	Prospection – Recherche	PEE-RIM PEE-RS	Ministère des Mines
<b>PE</b>	Prospection – Recherche – Exploitation	EIE	Ministre des Mines

#### *I.2.2.3. Autorisation d'orpaillage*

L'activité d'orpaillage est réservée au titulaire d'autorisation d'orpaillage délivrée par les autorités des Communes concernées suivant les modalités définies au présent Code. Elle est ouverte à tout titulaire d'autorisation sans qu'aucun ne puisse prétendre à une exclusivité quelconque dans un couloir d'orpaillage. L'autorisation d'orpaillage est valable sur tous les couloirs d'orpaillage situés à l'intérieur de la circonscription de la Commune qui l'a délivrée.

#### *I.2.2.4. Autorisation de recherche et exploitation des minerais et substances radioactifs*

Les activités de recherche et/ou d'exploitation des minerais et substances radioactifs sont autorisées exclusivement en vertu de permis standard, et sous réserve de l'obtention par le titulaire du permis, de l'avis favorable donné par l'Autorité Nationale de Protection et de Sécurité Radiologique (ANPSR) concernant les plans et engagements radiologiques ainsi qu'environnementaux y afférents.

Le document par lequel est signifié cet avis favorable doit comporter en outre, les instructions relatives à la radioprotection et à la gestion des déchets radioactifs conformément aux dispositions légales et réglementaires en vigueur sur la protection radiologique et environnementale. Lesdites instructions font partie intégrante des conventions particulières entre les opérateurs privés et l'Etat. Elles valent cahiers des charges pour lesdits opérateurs. »

### **I.2.3. Gîtes fossilifères**

Les gîtes fossilifères de troisième ordre à l'instar des bois silicifiés, etc., distincts des gîtes fossilifères de premier ou de second ordre, peuvent être l'objet de ramassage ou d'extraction en vertu d'une autorisation de ramassage ou d'une autorisation d'extraction conformément à la procédure fixée par voie réglementaire. Elle est valable pour une durée de un (01) an renouvelable plusieurs fois pour la même durée, et pour la quantité de production précisée d'avance.

## **I.3. Cadres légal et institutionnel du secteur minier à Madagascar**

### **I.3.1. Code Minier et son décret d'application**

La loi fondamentale dans le domaine minier est la Loi N°99-022 du 19 août 1999 portant sur le Code minier modifiée par la loi 2005-021 du 17 octobre 2005 accompagné de son Décret d'application N°2006-910 du 19 décembre 2006.

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.

La Loi définit le régime général des permis miniers et institue un régime particulier pour l'orpaillage et les gîtes de fossiles. Elle définit également :

- 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 socioéconomiques dans le domaine minier.

### **I.3.2. Charte de l'environnement Malagasy**

La Charte de l'environnement est une loi de l'État malgache, dont la première formulation remonte à 1990. Depuis, elle a été modifiée en 1997. C'est un document fondamental puisqu'il « fixe le cadre général d'exécution de la politique de l'environnement » (article premier).

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 qu'est le Plan d'Action Environnemental (PAE).

Cette loi explicite la définition de l'environnement comme étant l'ensemble des milieux naturels et artificiels y compris les milieux humains et les facteurs socio-culturels qui intéressent le développement national.

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

### **I.3.3. Décret MECIE (Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement)**

Le Décret N° 99-954 du 15 décembre 1999 modifié par le décret N° 2004-167 du 03 février 2004 relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement, représente, en quelque sorte, le décret d'application de la charte de l'environnement. Cette charte formule une obligation d'entreprendre une étude d'impact avant d'autoriser tout investissement privé ou public susceptible de porter atteinte à l'environnement. Pour donner suite à cet énoncé, un régime administratif a été mis en place par le Décret N° 95-377 du 23 mai 1995 visant la Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement (MECIE). Ce régime a par la suite été amendé par le Décret N° 99-954 du 15 décembre 1999.

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 exige 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).

### **I.3.4. AIME ou Arrêté Interministériel Mine-Environnement**

Afin d'harmoniser l'application concrète des différentes dispositions relatives à la protection de l'environnement dans le secteur minier, le gouvernement a édicté l'Arrêté interministériel N° 12032/2000 du 6 novembre 2000 sur la réglementation du secteur minier en matière de protection de l'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.

### **I.3.5. Code de l'eau et ses décrets d'application**

Loi N° 98-029 portant Code de l'eau est un instrument juridique ayant pour fondement la reconnaissance de l'eau, qu'elle soit de surface ou souterraine, comme composante du patrimoine commun de Madagascar. Il a pour objectif la conservation, la mise en valeur, la protection et la gestion en général de la ressource en eau.

Elle précise que :

- l'eau est un patrimoine public que ce soit de l'eau de surface ou souterraine ;
- 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 ;
- l'interdiction 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 (13) décrets relatifs au code de l'eau et quelques projets de texte. 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 :

- l'article premier 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 II définit les termes clés techniques employés dans ce projet de décret ;
- l'article III présente, en général, les différents intervenants dans le service public de l'eau potable tout en précisant leurs attributions respectives.

### **I.3.6. Code des aires protégées**

Pour donner suite à l'objectif de conservation du patrimoine malgache et de sa diversité biologique, l'État a adopté la Loi N° 2001/05 portant Code des aires protégées (COAP). C'est un outil visant la préservation des écosystèmes représentatifs de Madagascar ou la réhabilitation de ceux qui sont soumis à des pressions particulières.

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 classifie de délit le 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.

### **I.3.7. Loi sur les grands investissements miniers**

La Loi N° 2001-031 du 8 octobre 2002 établissant Régime spécial pour les grands investissements dans le secteur minier malagasy donne suite aux dispositions du Code minier permettant aux titulaires de permis de bénéficier d'une garantie de stabilité. Elle vient en particulier préciser que sont éligibles au régime spécial établi par la présente Loi les

investissements d'un montant supérieur à 1 000 milliards FMG avec un minimum de 25 % de fonds propres et de 75 % de financement extérieur à l'entreprise.

La Loi vient aussi préciser qu'un investissement est éligible en autant que sa planification ait franchi les étapes de préfaisabilité et de faisabilité.

### **I.3.8. 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);
- les droits, devoirs et obligations de l'exploitant ;
- la 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.

Connaissant toutes ces formalités en particulier les textes et réglementations touchant le secteur minier. Les exploitants devraient considérer les aspects techniques de leur projet d'exploitation minière.

## Chapitre II : ASPECT TECHNIQUE

Cette partie présente la séquence des activités sur le plan technique pour l'ensemble du projet depuis la phase d'exploration et confirmation de réserve à la phase de fermeture du projet minier. Elle inclue les travaux préparatoires et les infrastructures nécessaires pour l'exploitation, le traitement du minerai avec les moyens techniques pour réaliser ses opérations.

### II.1. Choix et Eléments techniques nécessaires en projet minier

A partir des données concernant le gisement et l'état du site, on peut procéder au choix du mode et méthode d'exploitation, le mode de traitement, le choix de matériels à utiliser pour l'abattage, le transport, le traitement, etc., mais également la méthode de gestion des rejets, des émissions et des déchets qu'ils soient dangereux ou pas. L'option la plus rentable et applicable serait le critère pour les choix.

Voici un tableau des éléments techniques à considérer pour un projet minier (tableau 02).

**Tableau 02:** Principaux éléments pour une description technique d'un projet

Composantes du projet	Éléments à prendre en considération
Installations et infrastructures	<ul style="list-style-type: none"><li>- Routes d'accès ;</li><li>- Bâtiments ;</li><li>- Installation pour le traitement des déchets (description des mesures, équipements) dont les eaux usées ;</li><li>- Installation pour la protection de l'environnement relativement aux émissions, aux rejets et aux répercussions auditives, olfactives, visuelles etc. ;</li><li>- Coûts estimatifs des infrastructures.</li></ul>
Matériels	<ul style="list-style-type: none"><li>- Engins, véhicules et machinerie ;</li><li>- Equipements de service.</li></ul>
Structures hydrauliques	<ul style="list-style-type: none"><li>- Barrages, digues, canaux ;</li><li>- Pompage des eaux d'infiltration ;</li><li>- Bassin de rétention et/ou bassin de décantation.</li></ul>
Energie	<ul style="list-style-type: none"><li>- Centre de production d'énergie ;</li><li>- Mode d'approvisionnement énergétique.</li></ul>

Composantes du projet	Éléments à prendre en considération
Approvisionnement en eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Source et Débit ;</li> <li>- Qualité ;</li> <li>- Quantité consommée (besoin journalier) ;</li> <li>- Mode de recyclage.</li> </ul>
Services temporaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Egout ;</li> <li>- Electricité ;</li> <li>- Concassage de matériaux d'emprunt, de préparation de béton.</li> </ul>
Personnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Embauche à l'étape de la construction ;</li> <li>- Durée des travaux ;</li> <li>- Hygiène du travail, sécurité, environnement ;</li> <li>- Horaire de travail sur le chantier</li> </ul>
Gestion des déchets	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Type et Volume ;</li> <li>- Lieux de décharge et de stockage ;</li> <li>- Mode d'élimination</li> </ul>
Restauration des lieux d'installations temporaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconstitution de la couverture végétale ;</li> <li>- Remise en état de la morphologie antérieure des terrains.</li> </ul>
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principe, normes et pratique de l'exploitation ;</li> <li>- Description des systèmes proposés pour chacune des composantes du projet ;</li> <li>- Bilan des matières et de l'énergie ;</li> <li>- Rejets liquides et solides ;</li> <li>- Mesures d'utilisation rationnelle de conservation, et de protection des ressources (sols, eaux de surfaces et souterraines, faunes et leurs habitats) ;</li> <li>- Questions liées à la sécurité du personnel et de la communauté ;</li> <li>- Plan de la réhabilitation ;</li> <li>- Durée de vie de la mine et les phases futures de développement.</li> </ul>
Fermeture	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de fermeture des opérations minières, fermeture des trous de mine ;</li> <li>- Plan de fermeture ou de rétrocession des zones restaurées le cas échéant ;</li> <li>- Plan de fermeture, de démantèlement ou de rétrocession des bâtiments ou infrastructures rattachées et utilisées par le projet.</li> </ul>

(Source : Office National pour l'Environnement, 2005)

## **II.2. Etudes de reconnaissance**

Les études de reconnaissance sont réalisées afin de caractériser les ressources minérales dans le sol et sous-sol puis les mettre en évidence pour exploitation économiquement rentable. Elles permettent aussi d'appréhender les problèmes qui peuvent se poser durant le projet.

Ils existent plusieurs méthodes comme les méthodes d'observation du terrain, soit en place, soit à l'aide d'échantillons (prolongement en profondeur de la géologie de surface) : puits, tranchées, sondages,... ; et les méthodes de mesure "*in situ*" basées sur la mesure d'une propriété physique du terrain, dont font partie les essais ou prospections géophysiques.

### **II.2.1. Cartographie géologique**

Une carte géologique est la représentation des roches et structures géologiques, présentes à l'affleurement ou en subsurface, d'une région. Son objectif est de présenter la répartition spatiale des facies lithologique, leur succession, ainsi que les diverses structures d'ordres tectonique.

Pour cela, on observe donc des puits, des galeries ou tranchées qui donnent une coupe généralement "fraîche" de sol et sous-sol. Il est aussi possible d'utiliser des cavités existantes. L'examen des carrières ou des tranchées, situées à proximité de la zone considérée, donne des précisions immédiates sur les sous-couches. La reconnaissance peut s'effectuer à l'aide de sondages dont certains exemples sont décrits au paragraphe de la reconnaissance géotechnique (II.2.4). Il sera aussi possible d'établir des coupes prévisionnelles ou même un bloc diagramme qui pourra être confirmé par les sondages.

### **II.2.2. Reconnaissance géochimique**

La reconnaissance géochimique est une méthode de recherche minière qui consiste à appliquer les outils et concepts de la chimie à l'étude du contenu d'un ou plusieurs éléments en trace dans la roche, le sol, le sédiment, l'eau et les gaz. Elle a pour but la mise en évidence d'anomalie géochimique (concentration anormale en certains éléments contrastant avec leur environnement et qui représente le fond géochimique ou background ou Clarke).

Cette reconnaissance a pour principe l'utilisation des variations ou anomalies sur les teneurs de fonds pour la recherche des zones de concentration minéral : les anomalies qui sont décelées dans les divers matériaux doivent être interprétées pour comprendre leur origine.

### **II.2.3. Reconnaissance géophysique**

La géophysique est une discipline importante des sciences de la terre. Elle concerne l'étude de la caractéristique physique du sol et sous-sol en utilisant des techniques de mesures indirectes (gravimétrie, géomagnétisme, sismologie, radar géologique, résistivité apparente, etc.).

Les méthodes de reconnaissance géophysiques permettent alors de déterminer la nature des couches jusqu'à une certaine profondeur. Il y a quatre types de méthodes de reconnaissance géophysique : les méthodes magnétique, électrique, sismique et gravimétrique.

### **II.2.4. Reconnaissance géotechnique**

La géotechnique est la technoscience consacrée à l'étude pratique de la subsurface terrestre sur laquelle une action directe est possible pour son exploitation. Elle est alors mise en œuvre pour étudier les caractéristiques mécaniques du sol pour des éventuelles études de stabilité, de compacité, etc.

On peut la catégoriser en deux (02) types :

- les essais « *in-situ* » : par la réalisation des sondages, des tranchées ;
- les essais en laboratoire
- les échantillons pris sur place sont renvoyés au laboratoire afin de réaliser des divers essais comme les essais d'identification (teneur en eau, poids spécifique, granulométrie, etc.) et de cisaillement,...

## **II.3. Estimation de réserves**

Les réserves minières sont une portion de ressources minières qui peuvent être exploitées légalement et à profit. Les recettes dégagées doivent couvrir la totalité de coûts opératoires y compris les amortissements des investissements à venir en équipements et en infrastructures liés à leur exploitation. Elles peuvent être classées en deux (02) :

- réserve prouvée ;

Une réserve de minerai « prouvée » est l'estimation de la masse (tonnage) et de la teneur/qualité de la ressource minérale « mesurée » qui peut être extraite légalement et à profit selon le plan minier choisi. Compte tenu de la faible marge d'erreur qui caractérise cette catégorie répond aux exigences de la planification et de la faisabilité de la production.

- réserve probable ;

Une réserve de minerais « probable » est l'estimation de la masse (tonnage) et de la teneur/qualité de la ressource minérale « indiquée » qui pourrait être extraite selon un plan minier. En conséquence de la marge d'erreur typique de cette catégorie de ressources, la faisabilité technique, la planification et les estimations des coûts de revenus, ne peuvent être établis que d'une façon préliminaire ou conceptuelle. Cette catégorie ne répond donc pas à toutes les exigences de la faisabilité de la production.

L'estimation des réserves disponibles présente un intérêt capital, car les approches et les investissements ont des chances de succès très variables selon le degré de connaissance atteint sur une région ou un gisement donné.

Deux (02) éléments essentiels sont à prendre en compte pour l'évaluation de ces réserves:

- la connaissance du milieu géologique ;
- la connaissance des ressources et des réserves minérales identifiées ou non.

Pour calculer, pour les expressions suivantes :

- le volume V occupé par le gisement:

$$V = S \times e_m \quad (m^3)$$

Avec: S: extension du gisement ( $m^2$ ) ;  $e_m$  : épaisseur ou puissance moyenne (m) ;

- les réserves estimées Q:

$$Q = V \times \rho_v \quad (t \text{ ou } 10^3 t)$$

Avec : V : volume occupé par le gisement ( $m^3$ ) ;  $\rho_v$  : poids volumique ( $t/m^3$ ).

- les réserves R en minéralisation recherchée :

❖  $c_p$  donné en termes de pourcentage :

$$R = Q \times \frac{c_p}{100} (t)$$

Avec : Q : réserves estimées ;  $c_p$  : composition moyenne en minéral principal (% g/t) ;

❖  $c_p$  donné en termes de g/t :

$$R = Q \times \frac{c_p}{1000} \text{ (kg)}$$

## II.4. Evaluations économiques, financières-investissement

Cette partie s'agit de la première étude technique et économique réalisée en cours d'avancement d'un projet minier et doit comprendre une première estimation des coûts d'investissement de chaque opération à réaliser, pour avancer, selon les cas, vers l'étude de préfaisabilité ou de faisabilité, si les conclusions de l'étude économique conceptuelle (résultats issus des analyses des investissements, et des critères de rentabilité à l'instar du Taux de Rentabilité Interne (TRI), du Valeur Actuelle Nette (VAN), de l'indice de profitabilité, etc.) justifient la poursuite des travaux. C'est le premier niveau d'évaluation technique d'un projet minier.

Ses buts sont :

- de déterminer si le projet a un potentiel de viabilité économique après avoir pris en compte toutes les composantes techniques, environnementales et sociétales du projet ;
- d'identifier les problèmes éventuels à résoudre nécessitant des études détaillées ;
- d'identifier et de décrire, avec le budget correspondant, les différentes options possibles pour la poursuite du projet.

En effet, l'évaluation financière du projet est indispensable car il faut considérer la disponibilité des capitaux nécessaires à l'accomplissement de chaque phase du projet minier. Elle inclue d'abord les investissements durant le projet, qui, doit au moins comprendre les analyses des coûts des investissements fixes (immobilisation incorporelle ; coûts des matériels techniques et des engins ; frais d'aménagement, réhabilitation, et construction, frais de remise en état du site ; etc.) et les investissements en fond de roulement qui sont les calculs des charges annuelles de l'exploitation (frais du personnel, utilités, frais de rechange, ...). Par la suite, le moyen de financement de l'exploitation adéquat (source de financement, plan de financement, emprunt et le plan de remboursement de ces emprunts, amortissement,...)

## II.5. Clé de répartition

On appelle clé de répartition un procédé pour déterminer le partage des charges indirectes classées par nature entre les différentes parties du projet. En effet, pour chaque charge

indirecte, il s'agira de déterminer la clé de répartition qui conviendra la mieux pour répartir le plus justement possible la charge sur le projet. La meilleure représentation de la clé de répartition est sous forme d'un tableau et exprimée en pourcentage (%).

## II.6. Amortissement

Un amortissement correspond à une cotation de perte de valeur d'un bien ou d'un matériel, du fait de son usage (usure physique) de l'évolution technique ou tout simplement du temps. La durée de cet amortissement doit correspondre à la durée réelle d'utilisation d'un bien par l'entreprise.

Et pour calculer ces amortissements, il y a trois (03) principales méthodes :

- l'amortissement linéaire qui consiste à répartir de manière égale la perte de valeur de la mobilisation de manière constante sur la durée de vie de ce dernier ;
- l'amortissement variable qui consiste à amortir un bien sur la base des unités d'œuvre qu'il consomme ;
- l'amortissement dégressif : il consiste à appliquer un coefficient fiscal au taux linéaire (1,25 pour les amortissements comprises entre trois (03) et quatre (04) ans ; 1,75 pour ceux entre cinq (05) et six (06) ans et 2,25 pour les durées supérieures à six (06) ans).

Voici un modèle d'un amortissement linéaire d'un projet minier (tableau 03) :

**Tableau 03:** *Modèle d'un amortissement linéaire*

Désignation	Durée (année)	Valeur d'acquisition (Ariary)	Rembourse- ment par an (Ariary)	Valeur nette en fin d'exercice (Ariary)
Frais d'ingénierie				
Matériels et équipements				
Bâtiments et constructions				
Frais d'installation				
Frais de transport				
Intérêts intercalaires				
Divers				
Total				

## II.7. Fiscalité et parafiscalité minière

Le régime fiscal dans l'industrie extractive se compose de l'ensemble des impôts, taxes, droits et redevances que paie l'opérateur en contrepartie de l'exploitation, voire de l'épuisement des richesses. Ce sont :

- les droits fixes ;
- les redevances ;
- les frais de douanes divers ;
- les impôts sur les bénéfices ; les taxes sur le profit additionnel ;
- les taxes proportionnelles ;
- les fonds de réhabilitation de l'environnement ;
- les contraventions ;
- les dividendes perçus sur le pourcentage de participation gratuite de l'Etat ;
- le bonus.

Ici, à Madagascar, selon l'article du Code Minier Malgache, le taux de redevance minière (à la première vente) est de 0,6% tandis que la ristourne est de 1,4%, soit au total de 2%.

Les recettes de la redevance minière sont réparties entre le bureau du Cadastre Minier, l'Agence de l'Or, le Comité National des Mines et le budget général pour le compte de la Direction centrale chargée des Mines, de la Direction Interrégionale chargée des Mines concernée et de la Police des mines.

## II.8. Critères de rentabilité

La rentabilité résulte de la confrontation de l'ensemble de tous les coûts, et des revenus générés par la vente de la production. On a :

- taux de rentabilité brut et nette Tr ;

Ils dégagent le bénéfice brut et net du projet et est calculé par la formule :

$$Tr = \frac{\text{bénéfice}}{\text{investissement total}}$$

- seuil de rentabilité ;

C'est le volume de minerai ou le chiffre d'affaire qui correspond au montant de chiffre d'affaires pour lequel l'entreprise ne réalise ni perte ni profit.

$$P_m = \frac{\text{charges fixes totales} \times \text{chiffres d'affaires}}{\text{chiffres d'affaires} - \text{chiffre variable totale}}$$

- teneur de coupure ;

C'est une teneur qui se définit comme la portion du minerai qui sera considérée au niveau de la mine afin de démarquer deux lignes de conduite : soit exploiter un gisement ou le laisser en place, soit traiter le minerai ou le rejeter. Elle est utilisée au cours de l'exploration et aux différentes étapes de la planification de l'exploitation d'un gisement, pour définir géographiquement et quantitativement les limites du minerai potentiel: le minerai au-dessus de la teneur de coupure est exploité, celui en dessous reste sur place. Tandis qu'au début de l'exploitation, elle détermine à court terme quelle portion du minerai peut être gardée en réserve et quelle portion peut être acheminée.

La teneur de coupure est notamment précisée en fonction de plusieurs paramètres incluant : méthode d'exploitation, dimension des installations, coûts opératoires, prix du métal, calendrier de production, exigences de l'usine de traitement.

- durée de vie d'une mine ;

Elle est donnée par la formule ci-après :

$$\text{Durée de vie} = 0,2 (\text{réserves})^{0.25}$$

- taux de rentabilité interne ;

Il est la valeur pour laquelle le bénéfice et les dépenses actualisés sont nuls. Plus précisément, il montre la rentabilité du projet pendant la durée de sa vie productive et représente la rentabilité moyenne annuelle du capital.

$$VAN = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{(R-D)}{(1+r)^j} - I$$

Avec :

I: taux d'actualisation égale à taux de rentabilité interne ;

N: durée de l'activité ;

D: dépenses réelles hors amortissements ;

I: investissement total ;

R: recettes totales ;

V.A.N: Valeur Actuelle Nette.

- Indice de profitabilité  $I_p$ .

Elle est calculée suivant l'expression:

$$I_p = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} \frac{(R-D)}{(1+r)^j}}{I}$$

Avec :

I: taux d'actualisation égale à taux de rentabilité interne ;

D: dépenses réelles hors amortissements ;

I: investissement total ;

N: durée de l'activité ;

R: recettes totales ;

V.A.N: Valeur Actuelle Nette.

Si :  $I_p > 1$  : le projet est jugée rentable ;

$I_p = 1$  : le projet ne peut pas être qualifié de rentable ;

$I_p < 1$  : le projet n'est pas rentable.

L'aspect technique devrait tenir compte les aspects socio-économiques.

## Chapitre III : ASPECTS SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL

Dans un projet minier, outre l'aspect technique, il faut tenir compte également des aspects social et environnemental, qui sont des aspects fondamentaux au bon déroulement d'un projet.

### III.1. Aspect social

#### III.1.1. Impacts

On sait qu'un projet minier comprend plusieurs phases et on va étudier ces phases une à une.

##### *III.1.1.1. Phase d'exploration*

Les impacts sociaux pendant la phase d'exploration se focalise essentiellement sur l'absence prolongée au domicile pour travailler au loin :

- les travailleurs ont alors moins de temps consacré aux activités traditionnelles ;
- ils sont aussi séparés de leurs familles pendant plusieurs jours ou semaines d'où l'existence des problèmes conjugaux, de la possibilité de rencontrer de nouvelles personnes.

Les impacts culturels essentiels sont par contre :

- la présence d'étrangers dans la communauté qui cause des différences culturelles et aussi des travailleurs qui sont venus d'ailleurs ;
- les nouvelles idées et technologies peuvent aussi créer de nouvelles possibilités, mais aussi perturber le mode de vie traditionnel ;
- la possibilité de perturbation des périodes de chasses et de pêche en raison des activités d'exploration minière.

##### *III.1.1.2. Phase d'aménagement*

L'aménagement d'une mine offre des possibilités d'emploi et des occasions d'affaires dans une communauté mais il y a aura alors des répercussions sociales négatives que positives comme :

- la perturbation des sites archéologiques et patrimoniaux ;
- moins de temps consacré aux activités traditionnelles ;

- les travailleurs peuvent être séparés de leurs familles pendant plusieurs jours même des semaines, possibilité de rencontrer de nouvelles personnes;
- l'investissement socialement responsable volontaire de la société minière peut augmenter les avantages localement; il est important que ces avantages soient collectifs et qu'ils ne provoquent pas la dépendance ni ne favorisent certains groupes particuliers ;
- les différences culturelles des travailleurs venus d'ailleurs donc perturbations du mode de vie traditionnel ;
- l'accroissement de la population par migration ;
- toute croissance soudaine de la population peut exercer une forte pression sur les services existants ;
- les changements culturels peuvent aussi être rapides avec le développement des infrastructures, des routes et l'offre de nouveaux biens et services aux communautés locales.

#### *III.1.1.3. Phase d'exploitation*

L'exploitation d'une mine comporte des risques et des avantages pour les communautés avoisinantes. En connaissant bien ces risques et avantages, les communautés sont en mesure de réduire les éventuelles répercussions négatives et de tirer le maximum des retombées qu'offre le développement minier. Ces répercussions sont à peu près citées ci-dessous:

- la perturbation de sites archéologiques et patrimoniaux ;
- la perturbation de lieux ayant une valeur esthétique ;
- le travail en quarts ou en rotation offre moins de temps consacré aux activités traditionnelles ;
- les travailleurs sont séparés de leurs familles ;
- les étrangers augmentent encore dans la communauté d'où l'augmentation de la population et le financement accru des activités traditionnelles et aussi l'augmentation des pressions sur les services existants et l'aggravation des problèmes sociaux existants.

#### *III.1.1.4. Phase de fermeture*

Ceci est la marque de la diminution de la capacité de la communauté : perte de services sociaux : la perte d'emplois, la diminution des revenus, l'inutilisation des compétences des ouvriers et enfin la réorientation vers les compétences traditionnelles.

### **III.1.2. Solutions pour l'atténuation des impacts**

#### *III.1.2.1. Phase d'exploration*

Pendant la phase d'exploration la planification des activités en fonction des horaires de travail, la création de groupes ou de programmes de soutien pour atténuer les problèmes familiaux culturels devraient être faites: séances de sensibilisation culturelle données par des membres de la communauté afin que les personnes de l'extérieur se familiarisent avec les valeurs et les traditions de la communauté.

#### *III.1.2.2. Phase d'aménagement*

La désignation et protection des sites archéologiques et patrimoniaux sont primordiales pour le bon déroulement des opérations sur la communauté.

Pour le travail par quarts ou en rotation il faudrait planifier des activités en fonction des horaires de travail et il faut mettre en place des groupes ou des programmes de soutien pour atténuer les problèmes familiaux.

En ce qui concerne la présence d'étrangers dans la communauté, il faut organiser des séances de sensibilisation culturelle données par des membres de la communauté afin que les personnes de l'extérieur se familiarisent avec les valeurs et les traditions de la communauté.

Enfin, pour le cas de l'accroissement de la population par migration, il est nécessaire d'établir des partenariats, de promouvoir le développement durable et la conservation du savoir traditionnel.

#### *III.2.2.3. Phase d'exploitation*

D'abord il faut protéger les terres; désigner et protéger les sites archéologiques et patrimoniaux afin d'éviter les conflits. Et il faut des planifications des activités en fonction des horaires de travail, la mise en place de groupes ou de programmes de soutien pour atténuer les problèmes familiaux causés par la séparation et la prise en compte de la nouvelle dynamique dans la communauté.

Pour la présence d'étranger dans la communauté c'est la même solution que pour la phase d'aménagement.

#### *III.2.2.4. Phase de fermeture*

A cause de la diminution du nombre de la population par le départ des étrangers il faut trouver de nouvelles ressources et de nouveaux moyens de mettre en valeur les capacités de la communauté.

Et pour les ouvriers il faut acquérir des compétences principalement des aînés du village ou de l'entreprise afin de ne pas être au chômage la fin de la période d'emploi.

### **III.2. Aspect environnemental**

#### **III.2.1. Impacts**

##### *III.2.1.1. Phase d'exploration*

Les répercussions environnementales de l'exploration minérale, en particulier celles de l'exploration préliminaire, sont généralement minimales. Outre les bonnes pratiques volontaires, les sociétés d'exploration doivent se conformer aux lois provinciales, territoriales et fédérales et respecter les communautés près desquelles elles exécutent leurs travaux. Ces mesures permettent d'atténuer les répercussions environnementales, ne les éliminent pas totalement.

Il y a cependant utilisation des terres avec la construction des camps, les ouvertures de layons, les programmes de forage, le stockage de combustible, la construction de routes pour l'exploration avancée ; ensuite sur l'utilisation de l'eau il y a surtout impact par les déchets des programmes de forage (boues) et les trous de forage ; et enfin sur la faune : les animaux qui sont attirés par les déchets et la nourriture et la flore (destruction des corridors forestiers, des îlots de forêt, destruction des habitats naturels de la faune, destruction des habitats naturels de la faune).

##### *III.2.1.2. Phase d'aménagement*

Les travaux d'aménagement diffèrent selon la mine, tout comme leur répercussion sur l'environnement.

L'utilisation des terres et la destruction de la flore pendant la phase d'aménagement sont généralement causées par :

- l'aménagement de routes d'accès et de lignes de transport d'électricité, accès non contrôlé au site minier ;
- la construction de bâtiments, d'ateliers, d'une usine de traitement et d'un camp permanent ;

- l'échantillonnage en vrac et importants programmes de forage ;
- le stockage de combustible et de produits chimique ;

La pollution de l'air a pour cause les poussières des routes et des activités d'aménagement du site.

La phase d'aménagement a aussi des effets sur la qualité de l'eau de surface et souterraine et aussi sur la faune : comme pour les animaux qui sont attirés par les déchets et la nourriture, et commence aussi à avoir des répercussions sur les poissons et les pêcheries et perturbe l'exploitation agricole et perturbe aussi les activités récréotouristiques.

#### *III.2.1.3. Phase d'exploitation*

En général, sur l'utilisation des terres pendant cette phase, il y a perturbation des sols par les activités minières, c'est-à-dire, les excavations minières, stockage des résidus et les dépôts de résidus et digues à résidus.

La qualité de l'air est généralement impactée par les poussières des routes et des activités minières ainsi que par les émissions des camions et des générateurs (groupe électrogène ou centrales thermiques) d'énergie électrique du site.

A propos des eaux de surface et souterraine, des plumes de contamination ruissellent vers les ruisseaux ou les lacs et il y a aussi répercussions sur les débits d'eau et tout cela à cause surtout des décapages qui polluent par érosion des zones décapées. Il y a aussi le déversement accidentel de produits chimiques dans les barrages de retenue d'eau par les eaux usées de l'exploitation (DMA : Drainage Minier Acide).

Pour la flore, augmentation de la perte de surface végétale et diminution de la productivité et accélération de la déforestation.

Enfin pour la faune, les animaux sont attirés par les déchets et la nourriture et ils sont gênés en raison de la présence humaine, du bruit des équipements et des moteurs. Il y a aussi impacts sur les poissons et enfin migration spontanée causé par la destruction de leur habitat naturel.

#### *III.2.1.4. Phase de fermeture*

Pendant la phase de fermeture, il n'y a plus beaucoup d'impact : pour l'utilisation des terres les stabilités à long terme des haldes de stériles et des talus, et les ouvrages de confinement des résidus.

Et pour la qualité de l'eau, elle est polluée par le drainage rocheux acide ou lixiviation des métaux.

### **III.2.2. Mesures prises**

Il est cependant possible d'atténuer, compenser ces répercussions environnementales au moyen de techniques de pointe, d'une planification adéquate et d'une surveillance environnementale rigoureuse.

#### *III.2.2.1. Phase d'exploration*

Pour l'utilisation des terres pendant cette phase, il faut:

- se conformer aux règlements gouvernementaux pour les camps, les routes ;
- minimiser la superficie ;
- rétablir la végétation (selon la région et les circonstances) ;
- prévoir l'évacuation des résidus de forage, suivre les normes de stockage du combustible ;
- établir un plan d'intervention en cas de déversement

Pour la qualité de l'eau, il faut planifier soigneusement le programme de forage pour prévenir la pollution de l'eau.

Pour la faune, il faudrait :

- éliminer les déchets conformément aux règlements locaux ;
- sensibiliser les équipes de travailleurs à la faune environnante ;
- planifier le calendrier du programme pour éviter les périodes critiques pour la faune.

#### *III.2.2.2. Phase d'aménagement*

Sur l'utilisation des terres, l'élaboration d'un plan afin de réduire la perturbation des terrains attribuable aux routes et l'installation de barrières de sécurité et la prise en considération du point de vue des communautés sur la conception et l'emplacement des bâtiments et l'utilisation minimale des terres et la planification détaillée visant à minimiser la perturbation des terres, le respect des normes de stockage de combustible, le plan d'intervention en cas de déversement et le programmes de gestion des combustibles sont nécessaires pendant cette phase.

Pour la qualité de l'air, l'arrosage des routes pour réduire les émissions de poussière est nécessaire.

Et sur la qualité de l'eau, il faut une maîtrise du drainage, le respect des normes d'évacuation des eaux usées, la surveillance de la qualité de l'eau et la recherche d'autres sources d'eau.

Pour la faune, il faut un programme de gestion des déchets et utilisation des études environnementales préliminaires pour comprendre le comportement de la faune dans le secteur et la sensibilisation des employés et des entrepreneurs à leur responsabilité à l'égard de la faune et protection des zones de frai et d'élevage de poissons et enfin établissement de zones d'interdiction de pêche et de chasse.

### *III.2.2.3. Phase d'exploitation*

Pour l'utilisation des terres, toujours se conformer à l'approbation requise des organismes réglementaires car il y a des règles strictes concernant l'emplacement, la construction et l'exploitation.

Pour la qualité de l'air, il faut arroser les routes pour réduire les émissions de poussière et aussi surveiller les émissions pour déterminer les effets sur la végétation et la qualité de l'air.

Sur la qualité de l'eau, il est impératif d'établir un plan de gestion de l'eau (*doit être approuvé par le gouvernement*) et informer les employés et les entrepreneurs sur le plan de gestion de l'eau et surveiller la qualité de l'eau et rétablir les débits d'eau, éviter la perturbation de rivières ou les zones humides et pour les eaux usées il faudrait les traiter efficacement.

Sur la faune, il faut :

- utiliser les pratiques exemplaires d'incinération des déchets alimentaires et autres rebuts ;
- évacuer les déchets qui ne peuvent être incinérés ;
- établir un plan de gestion des déchets et de formation des employés pour aider à réduire les répercussions sur la faune ;
- observer le comportement des animaux ;
- modifier les activités d'exploitation, le cas échéant et éviter certaines activités pendant les périodes de migration ;
- Protéger les zones de frai et d'élevage de poissons.

Pour la flore, il faudrait embaucher de main d'œuvre local et faire des reboisements énergétiques en dehors de la concession.

#### *III.2.2.4. Phase de fermeture*

L'utilisation des sols dans cette phase est moindre. Il faut faire des inspections annuelles jusqu'à ce que la stabilité définitive soit démontrée et mener des surveillances et entretiens périodiques.

Pour la qualité de l'eau, la seule solution est le traitement de l'eau.

Prenons maintenant un exemple concret, une exploitation aurifère, pour examiner les aspects précédemment.

## Chapitre IV : ETUDE DE CAS : Projet d'exploitation d'or

L'étude de cas concerne un projet d'exploitation d'or (Photographie 01). Avant de juger de sa faisabilité conduisant à la continuité de la réalisation des phases d'un projet minier, il est nécessaire d'exécuter plusieurs études mais ici, on ne se contentera que des études techniques, sociales et environnementales.



**Photographie 01:** *Lingots et pépites d'or*

Cependant, la réalisation détaillée d'un tel projet va de soi avec la connaissance, d'une part des propriétés physico-chimiques de l'or, bref ses caractéristiques ; le roche porteur, le type de gisement ; les dimensions des particules d'or à récupérer et d'autre part du cadre ou de la zone où se tiendra l'exploitation elle-même en insistant néanmoins sur le contexte du milieu physique : son hydrographie, sa végétation, son climat, sa géologie, sa pédologie, puis le contexte géologique, ensuite le contexte géographique et contexte socio-économique.

Alors, on tient à souligner que cette étude de cas ne donnera qu'un aperçu global ou, du moins, les points à prendre impérativement en compte pour ce genre de projet.

### IV.1. Aspect technique

Pour un projet d'orpaillage, la considération du volet technique tend sur la description des techniques ou méthodes d'exploitation utilisées, des outils et matériels nécessaires, et des traitements pour récupérer l'or.

#### IV.1. Techniques ou méthodes d'exploitation utilisées

Le choix de techniques ou méthodes d'exploitation dépend du type gisement de l'or, soit un gisement primaire soit secondaire (Figure 01).

Pour les gisements primaires, le principe de base est simple : on opère à l'abattage du gisement en place puis facultativement aux opérations de débouillage et de lavage. En outre, il se peut qu'on ait recours au broyage selon les caractéristiques de la roche porteuse d'or.

En ce qui en est des gisements secondaires, on cherche à récupérer les sites / dépôts conteneurs d'or à l'instar des placers,...

Les résultats des études géochimiques (ex: Stream sediment) sont des outils importants pour localiser des sites de concentration.

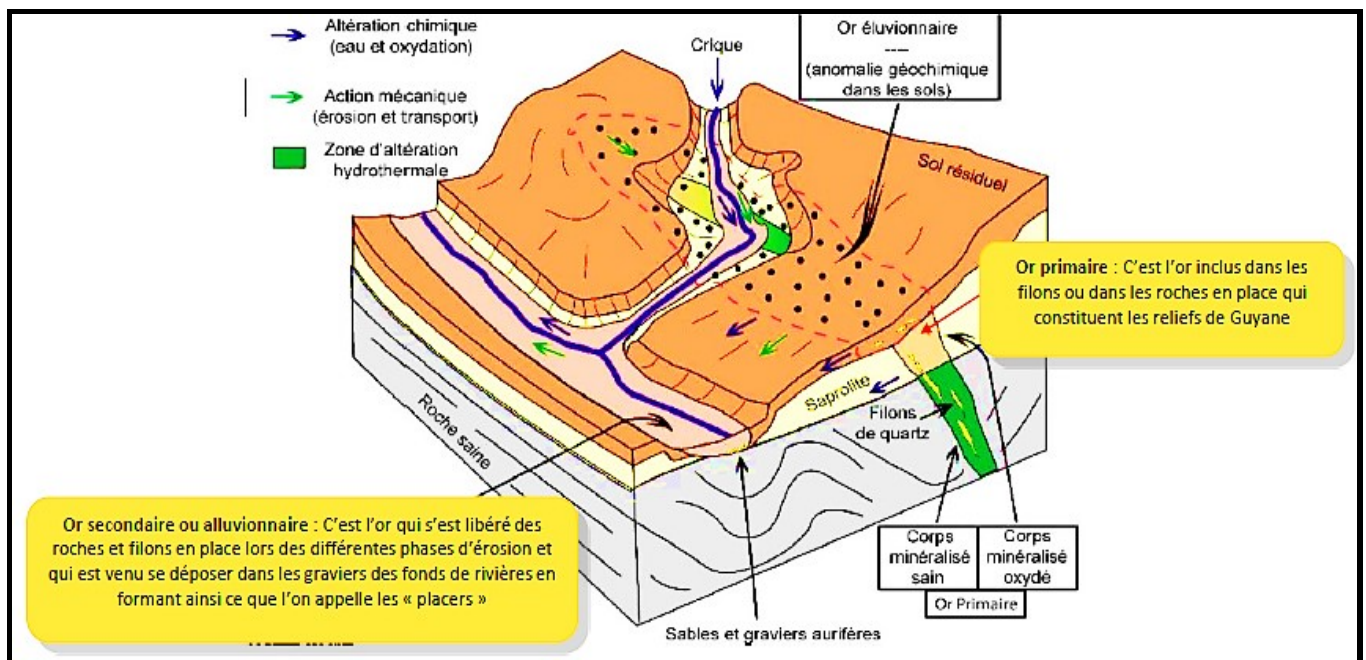
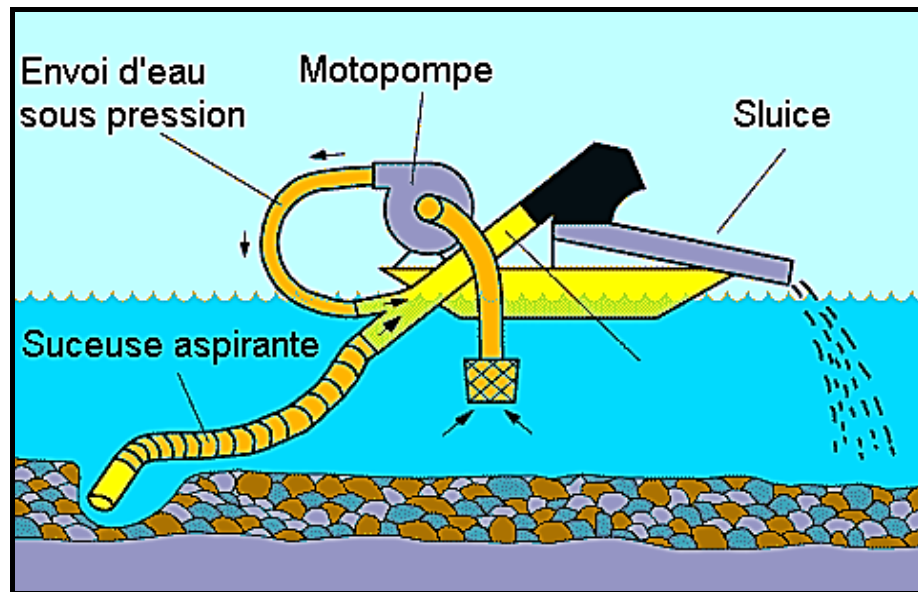


Figure 01: Typologie de gisements aurifères

#### IV.2. Matériels, outils à utiliser

Il existe une panoplie de matériels, outils pour l'exploitation de l'Or selon le choix du mode d'abattage et d'exploitation, allant de la méthode traditionnelle : l'utilisation de barre à mine, de pelles, de seaux, etc... à la méthode semi-industrielle jusqu'à la méthode mécanisée : des bulls, pelles, dragues, etc.

La figure 02 ci-après montre un schéma simplifié d'une drague.



**Figure 02:** Schéma simplifié d'une drague

#### IV.3. Traitements pour la récupération de l'Or

Le type de récupération de l'or et son mode de traitement ainsi que le choix du matériel à utiliser (Photographie 02) se fait en fonction du minerai contenant l'or ou de l'or proprement dit (granulométrie, etc.):

- Minerai ou l'Or est libre et grossier (alluvions; éluvions; filonien oxydé) :
  - ❖ traitements physiques et physico-chimiques
    - ✓ particules  $> 200 \mu\text{m}$  :
      - gravimétrique (de base : jig, sluice, tables)
    - ✓ particules  $< 200 \mu\text{m}$  :
      - gravimétrique (base améliorée + centrifuge)
      - flottation => hydro et pyrométallurgie
- Minerai ou l'Or est libre mais finement disséminé ( $\ll 50\mu\text{m}$ ) ou inclus dans un autre minéral (pyrite; arsénopyrite; zone sulfurée) :
  - ❖ traitement physique et physico-chimiques :
    - gravimétrique de pré-concentration (centrifuge)
    - flottation
  - ❖ traitements chimiques :
    - prétraitement par bio-métallurgie ou voie thermique
    - hydrométallurgie (cyanure; thyourée,...)

La photographie 02 ci-après montre quelques matériels utilisés pour la récupération de l'or.



**Photographie 02:** *Matériels utilisables pour la récupération de l'Or*

## IV.2. Aspects social et environnemental

### IV.2.1. Impacts environnementaux

Voici quelques impacts :

- destruction de la végétation au niveau des installations des zones d'exploitation. D'où, il y a transformation visuelle totale du paysage par occupation. Destruction total des sols faisant l'objet de l'exploitation dans leur structure et leur profil. L'exploitation future du terrain abandonnée par l'exploitation sera alors non productive ;
- pollution des eaux des cours d'eau par augmentation des taux de matières en suspension résultant du processus de lavage des terres extraites (Photographie 03) susceptibles de renfermer l'or qui pourrait même causer l'ensablement ou obstructions partielles des chenaux d'écoulements ;
- pollution de l'air par les engins de transport et les extractions, qui parfois conduisent à la contraction de maladies graves de certains exploitants.



**Photographie 03:** *Lavage de terres d'une exploitation d'Or*

#### IV.2.2. Impacts sur le milieu socio-culturel

Il y a plusieurs excellents points à souligner en ce qui concerne les impacts sur ce milieu qui sont généralement dans le tableau ci-dessous (tableau 04) :

**Tableau 04:** *Impacts de l'exploitation aurifère sur le milieu socio-culturel*

IMPACTS NEGATIFS	IMPACTS POSITIFS
<ul style="list-style-type: none"><li>• la pollution des ressources en eau, pour les communautés : apparition possible de maladies diarrhéiques et de dysenteries par des parasites d'origines fécales ;</li><li>• diminution des ressources en bois pour les populations riveraines causée par le décapage ;</li><li>• existence de bruits et de nuisance sonore liés temporairement aux diverses infrastructures et émis par les machines ;</li><li>• sur le milieu culturel, il y a mal compréhension de la vie culturelle, ce qui veut dire création de conflits et mauvaises relations entre les exploitants et la population locale ;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• l'amélioration des différentes infrastructures : changement du mode de vie de la population locale car on doit réhabiliter les pistes, les routes permettant l'évacuation des produits locaux ;</li><li>• recrutement de personnel : problème d'habitation enlevé, nouvelle construction érigée par le personnel non douteux, création d'emploi ainsi que transfert des connaissances ;</li><li>• amélioration du niveau intellectuel de la population : transfert de savoir-faire, de technologie ;</li><li>• augmentation du niveau de vie : la rémunération des paysans ouvriers assure l'augmentation de leur niveau de vie. Et les</li></ul>

IMPACTS NEGATIFS	IMPACTS POSITIFS
<ul style="list-style-type: none"> <li>la sécurité de la région devient critique à cause essentiellement des exploitations illicites ;</li> <li>il y a aussi impact sur la production agricole: par la destruction des rizières irriguées des fonds de vallées hydromorphes par le dépôt de déblais et des envasements pendant la période de pluie.</li> </ul>	<p>ouvriers peuvent encore exercer d'autres occupations comme l'agriculture et l'élevage ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>existence de la source d'énergie : soudures des équipements des paysans, électricité pour la population.</li> </ul>

#### IV.2.3. Mesures

Les mesures à prendre pour l'aspect environnemental sont mentionnées dans le tableau suivant (tableau 05):

**Tableau 05:** Mesures à prendre pour l'aspect environnemental

Eléments considérés	Proposition de mesures
Sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>- éviter le compactage accru du sol après réhabilitation ;</li> <li>- conserver la qualité des terres végétales stockées ;</li> <li>- proposition de mettre en place un petit jardin botanique et des pépinières pour la régénération et multiplication des espèces pour le maintien, de l'équilibre géologique.</li> </ul>
Paysage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- planter des haies pour le camouflage du chantier pour réduire l'impact visuel sur la grandeur apparente du site ;</li> <li>- préservation du milieu naturel ;</li> <li>- conservation de la végétation existante ;</li> <li>- maintien de la valeur du paysage.</li> </ul>
Hydrologie et hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- traitement des eaux usées (décantation, augmentation du pH) pour un recyclage (gestion de l'eau) compensatoire ;</li> <li>- l'huile de vidange sera récupérée dans des bacs sûrs et mises en stock en citerne. Les entretiens et réparation de véhicules auront lieu sur des endroits sûrs ;</li> <li>- constructions des latrines de faible profondeur pour les décharges domestiques ;</li> <li>- curage éventuel et périodique des boues des bassins.</li> </ul>
Bruits	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dotation d'appareils dotés de dispositifs d'amortissement de bruits pour éviter les nuisances sonores;</li> </ul>
Bruits	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utilisation des engins de niveau sonore inférieur à 80 Db (A) ;</li> <li>- plantation de haies autour du site pour isoler en partie l'effet sonore.</li> </ul>

#### IV.2.4. Remise en état du site

La remise en état du site consiste à réintégrer les surfaces exploitées dans l'environnement de façon à leur redonner l'aspect d'un paysage naturel. L'exploitation et la réhabilitation en générale se font simultanément afin de minimiser l'impact des perturbations et le potentiel d'érosion des surfaces exposées et c'est ce qu'on va voir sur le tableau ci-dessous (tableau 06):

**Tableau 06:** Mesures à prendre pour la remise en état du site

	Proposition de mesure
Remodelage de la surface de la zone exploitée	<ul style="list-style-type: none"><li>- affectation des sols après exploitation ;</li><li>- adaptation du profil topographique (reprofilage de l'ensemble) ;</li><li>- morphologie de surface.</li></ul>
Mesures prises pour assurer les écoulements des eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"><li>- plan de drainage (fossés, pistes drainant, barrages, bassins de collecte) ;</li><li>- suivi des qualités des eaux.</li></ul>
Revégétalisation du site	<ul style="list-style-type: none"><li>- remise en végétation des espèces natives des sites ;</li><li>- installation d'une végétation pérenne et diversifiée respectant l'écologie du site.</li></ul>
Régénération des milieux	<ul style="list-style-type: none"><li>- reboisement ;</li><li>- restauration des équilibres écologique perturbés ;</li><li>- création de milieux compatibles avec les populations animales et végétales locales ;</li><li>- création des zones d'activités et de loisirs, etc.</li></ul>

## Conclusion

Pour conclure, l'exploitation d'une mine, qu'elle soit souterraine ou à ciel ouvert, implique une série d'étapes à réaliser, de la découverte du gisement à la fermeture de la mine. Les étapes sont : l'exploration et les études de préfaisabilité et de faisabilité, l'aménagement et la construction, l'exploitation minière, la fermeture et la restauration du site.

Dans cet ouvrage, on a présenté les études préliminaires à faire pour un projet minier c'est-à-dire ce qu'il faut savoir d'une exploitation minière du point de vue technique, social, environnemental selon chaque phase d'un projet minier. Plus précisément, nous avons parlé des éléments techniques à réaliser, des impacts que pourrait engendrer un projet minier sur les volets social et environnemental ainsi que des mesures pour traiter, atténuer ces risques, et cela pour chaque phase dudit projet. Ensuite, nous avons pris une étude de cas de ces volets au dépend d'une exploitation d'or.

En effet, un projet minier est une activité génératrice de revenu et peut constituer un levier de développement pour un pays. Toutefois, il présente des impacts positifs et négatifs. Cependant, ces impacts négatifs peuvent être réduits ou atténués en prenant des mesures appropriées.

A vrai dire, l'extension de cette étude serait la considération d'autres volets à l'instar du volet financier, l'étude de marché, etc. en prenant concrètement un cas de projet d'exploitation. Par conséquent, le document obtenu peut être jugé comme étant une étude de préfaisabilité « complète ».

## Références bibliographiques

- Office National pour l'Environnement, 2005. Elaboration d'un guide pour la réalisation d'une EIE d'un projet d'exploitation minière à ciel ouvert, *Rapport final. Ministère des Eaux et Forêt, Ministère de l'Energie et des Mines* ;
- Andriatsitohaina R. F., 2014. Etude de pré faisabilité de l'exploitation du gisement d'or alluvionnaire de la société Zolataia Zvezda Madagasikara SARL - Cas du gisement de Miandrivazo, *Mémoire de fin d'études, ESPA, Univ. Antananarivo* ;
- Miadantsoa M. R. E., 2001. Etude de pré faisabilité de l'exploitation des saphirs dans la région du Benenitra, *Mémoire de fin d'études, ESPA, Univ. Antananarivo* ;
- Tecsalt International Ltd, 2003. Évaluation environnementale sectorielle des mines, Rapport, volume I et II. *République de Madagascar, Ministère de l'Energie et des Mines* ;
- Gouvernement du Canada, 2013. Guide sur l'exploration et l'exploitation minières pour les communautés autochtones ;
- Gnamien Y., 2014. Ressources minérales, décentralisation et paix en Côte d'Ivoire - Vers une nécessaire répartition équitable des revenus miniers.

## Références webographiques

- <http://www.geosoc.fr/quid/138quid/ressourcesminerales/753potentiellmineskister.html>, consulté en mai 2017;
- <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01388636>, consulté en mai 2017 ;
- <http://catalog.ensmp.fr/programme.php?id=459>, consulté en mai 2017 ;
- <http://www.lb.auf.org/kourdey/Reconnaissance.htm>, consulté en mai 2017 ;
- <https://perfectionnement.polymtl.ca/formations/etudes-geotechniques-...2>, consulté en juin 2017;

## Table des matières

Teny fisaorana .....	i
Sommaire .....	ii
Liste des acronymes et abréviations .....	iii
Liste des Figures.....	iv
Liste des Photographies.....	v
Liste des Tableaux.....	vi
Introduction .....	1
Chapitre I : GENERALITES.....	2
I.1. Phases d'un projet minier.....	2
I.2. Autorisations minières et Permis Miniers.....	3
I.3. Cadres légal et institutionnel du secteur minier à Madagascar.....	6
Chapitre II : ASPECT TECHNIQUE.....	12
II.1. Choix et Eléments techniques nécessaires en projet minier .....	12
II.2. Etudes de reconnaissance .....	14
II.3. Estimation de réserves .....	15
II.4. Evaluations économiques, financières-investissement.....	17
II.5. Clé de répartition .....	17
II.6. Amortissement.....	18
II.7. Fiscalité et parafiscalité minière .....	19
II.8. Critères de rentabilité.....	19
Chapitre III : ASPECTS SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL.....	22
III.1. Aspect social .....	22
III.2. Aspect environnemental .....	25
Chapitre IV : ETUDE DE CAS : Projet d'exploitation d'or.....	30
IV.1. Aspect technique .....	30
IV.2. Aspects social et environnemental .....	33
Conclusion.....	37
Références bibliographiques .....	vii
Références webographiques.....	vii
Table des matières .....	viii