

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités sur le saphir.....	2
I.1 - historique.....	2
I.2 - saphir.....	3
I.2.1 - Définitions générales.....	3
I.2.2 - Propriétés physico-chimiques du saphir.....	5
I.2.3 - Autres propriétés du saphir.....	6
I.2.4 - Utilisation du saphir.....	7
Chapitre II : Etude monographique.....	8
II.1-Contexte géographique.....	8
II.2- Population.....	9
II.3- Culture et élevage.....	9
II.4- Ressources minières.....	9
II.5 -Produits forestiers.....	11
II.6- Produits aquatiques.....	11
II.7- Climat.....	11
II.8- Réseaux hydrographiques.....	11
Chapitre III : Etude géologique.....	12
III.1 – Schistes cristallins.....	12
III-1-1 Système du Vohibory.....	12
III-1-2 Système du graphite(groupe d’Ampanihy).....	12
III-1-3 Cadre géologique de la région	13
III-1-4 Système Androyen(Groupe d’Ampandrandava).....	14
III.2- Roches éruptives anciennes orthogneiss et migmatites.....	15
III.2.1Orthogneiss de granite.....	15
III.2.2 Serpentes.....	15
III.2.3Roches à faciès migmatitiques.....	16
III.2.4Série syénitique.....	16
III.3_Le terrain sédimentaire.....	17
III.4 formations superficielles récentes.....	17
III.4.1 Carapace calcaire.....	17
III.4.2 Sols et alluvions.....	18
Chapitre IV : Etude de marché.....	20
IV.1 - Etude de marché.....	20
IV.2 - Etat actuel du secteur minier.....	20
IV.2.1 - Evolution de l’exportation de saphir.....	22
IV.3 - Analyse du marché.....	23
IV.3.1 - Marché local.....	23
IV.3.1.1 - Principales régions de productions.....	23
IV.3.1.2 - Centres de taillage.....	23
IV.3.1.3 - Prix du saphir local.....	24
IV.3.2 - Marché mondial.....	25
IV.3.2.1 - Principaux pays producteurs de saphir	25
IV.3.2.2 - Principaux pays destinataires.....	26
IV.3.2.3 - Spécificités du marché.....	27
IV.3.2.4 - Prix du marché mondial.....	28

IV.3.3 – Prix typiques du saphir.....	28
Chapitre V : Exploitation du gisement.....	30
V.1 - Introduction.....	30
V.2 - Présentation du site d'exploitation.....	30
V.3 - Travaux préparatoires et infrastructures.....	32
V.4 - Exploitation.....	35
V.4.1 - Différentes phases d'exploitation.....	35
V.4.2 - Choix du mode et de la méthode d'exploitation.....	35
V.4.3 - Opération de décapage.....	37
V.4.4 - Opération d'abattage.....	38
V.4.5 - Exhaure.....	39
V.4.6 - Choix des matériels.....	39
V.4.6.1 - Introduction.....	39
V.4.6.2- Matériels de transport, d'abattage, et de décapage...	40
V.4.7 - Evaluation de la production annuelle de séquence d'exploitation....	46
V.5 - Traitement de minerais.....	49
V.5.1 - Introduction.....	49
V.5.2 - Préparation, séparation, et épuration des espèces.....	49
V.5.3 - Taille.....	50
Chapitre VI : Evaluation économique.....	51
VI.1 - Introduction.....	51
VI.2 - Evaluation financière.....	51
VI.2.1 - Structure de l'entreprise.....	51
VI.2.2 - Analyse des coûts des investissements fixes.....	52
VI.2.3 - Ventilation du frais du personnel.....	57
VI.2.4 - Coût d'achat de carburant et de lubrifiant.....	59
VI.2.5 - Coût d'achat de pièce de rechange.....	61
VI.2.6 - Coût d'achat des matières consommables diverses.....	61
VI.2.7 - Coût d'achat des fournitures de bureau.....	62
VI.2.8 - Coût des emballages.....	62
VI.2.9 - Fonds de roulement.....	62
VI.2.10 - Investissement sans intérêts intercalaires.....	63
VI.2.11 - Financement.....	63
VI.2.11.1 - Emprunts bancaires.....	63
VI.2.11.2 - Calcul des intérêts intercalaires.....	64
VI.2.11.3 - Plan de financement.....	66
VI.2.11.4 - Tableau de remboursement des emprunts.....	67
VI.2.12 - Tableau des amortissements.....	68
VI.2.13 - Différentes charges.....	69
VI.2.14 - Compte d'exploitation prévisionnel.....	70
VI.2.15 - Plan d'investissement et de financement.....	71
VI.2.16 - Bilan prévisionnel.....	72
VI.2.17 - Valeur ajoutée.....	73
VI.2.18 - Critères simples de rentabilité prévisionnelle.....	74
VI.2.18.1 - Taux de marge.....	74
VI.2.18.2 - Taux de rentabilité.....	75
VI.2.18.3 - Autonomie financière.....	76
VI.2.18.4 - Productivité économique.....	76
VI.2.18.5 - Ratio d'affectation de la valeur ajoutée.....	76
VI.2.18.6 - Calcul de point mort.....	77
VI.2.19 - Taux de rendement interne.....	77
VI.2.20 - Délai de récupération.....	79
VI.3 - Evaluation socio-économique.....	80
VI.3.1 - Coefficient d'intégration.....	80

VI.3.2 - Taux de change de projet.....	80
VI.3.3 - Indicateur de rentabilité socio-économique.....	81
VI.3.4 - Flux de ressources.....	82
Chapitre VII : Analyse des effets du projet sur l'environnement.....	83
VII.1 - Introduction.....	83
VII.2 - Identification et analyse des impacts.....	83
VII.2.1 - Impacts négatifs.....	85
VII.2.2 - Impacts positifs.....	86
VII.3 - Mesures de réduction des nuisances.....	86
VII.3.1 - Introduction.....	86
VII.3.2 - Mesures envisagées sur l'exploitation.....	87
VII.3.3 - Mesures envisagées pour les ouvriers.....	88
VII.4 - Remise en état du site.....	89
VII.4.1 - Objectif.....	89
VII.4.1.1 - Remodelage de la surface de la zone exploitée.....	89
VII.4.1.2 - Mesures prises pour assurer les écoulements des eaux de surfaces.....	89
VII.4.1.3 - Revégétalisation du site.....	90
VII.4.1.4 - Régénération des milieux.....	90
VII.5 - Ordonnancement de la remise en état.....	90
VII.6 - Coût annuel de la remise en état.....	92
Conclusion.....	93
Annexe A : Liste des tableaux	
Annexe B : Liste des figures	
Annexe C : Récapitulation	
Annexe D : Abréviations	
Annexe E : Bibliographie	
Annexe F : Résumé	

INTRODUCTION

Le sol et sous-sol malgaches recèlent d'importantes ressources minières, actuellement sous-exploitées : minerais industriels (graphite, chromite, mica, quartz, ...), pierres précieuses(rubis, saphir, émeraude,..) ainsi que des pierres fines(béryl, tourmaline , grenat, cordiérite,...).

L'existence de ces pierres (fines et précieuses) fait de notre pays un centre de production de minéraux convoité par les différents professionnels du monde entier.

Dans un pays comme Madagascar, l'exploitation des ressources minières est une nécessité pour sortir le pays de la pauvreté .

En effet, l'exploitation minière présente des avantages aussi bien économiques(exportation) que socio-économiques(création d'emplois).

Le présent mémoire s'intitule : « Etude de pré faisabilité de l' exploitation des saphirs dans la région de Benenitra ».

L'objet de cette étude consiste à une étude de pré –faisabilité technico- économique du gisement qui nous permettra de présenter une méthode d'exploitation rationnelle et de faire une analyse de rentabilité financière et socio –économique en partant des données géologiques disponibles dans la bibliographie et complétées sur le terrain.

L'ouvrage comprend sept chapitres

- ▶ Le premier chapitre traite des généralités sur le saphir
- ▶ Le second concerne l'étude monographique du saphir
- ▶ Le troisième se rapporte à l'étude géologique
- ▶ Le quatrième est consacré à l'étude de marché.
- ▶ Le cinquième consiste à l'étude de l' exploitation proprement dite du gisement
- ▶ Le sixième est axé sur l'étude économique et financière.
- ▶ Enfin, la dernière partie analyse les effets du projet sur l'environnement

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SAPHIR

I.1 - Historique :

Madagascar a très tôt attiré l'attention des divers chercheurs (géologues), par des récits signalant la présence dans son sol de minéraux divers. Dès 1547, l'existence de "pierres de valeur" est mentionnée dans des écrits relatifs à la Grande Ile. Il s'agit principalement de cristal de roche exporté vers l'Europe pour tailler des objets d'art. Après 1885, les gemmes malgaches sont reconnues et ce n'est qu'en 1903 que les services des mines fasse état des gemmes à Madagascar dans son rapport annuel. Madagascar est le pays des Béryls. A partir de 1920, l'exploitation d'une bonne partie des gisements et substances se poursuit régulièrement jusqu'à la crise de 1929. Une production orientée vers le marché local subsistera jusqu'aux années 50. La relance de la production de béryl a été marquée par un développement accru des lapidaires et des exportateurs. Cette dynamique se poursuit jusqu'à nos jours et est marquée par un "boom" du saphir depuis 1998.

L'octroi de permis d'exploitation a été multiplié par 5 entre 1992 et 1993 suite à la politique de libéralisation économique des années 90 vers la fin de l'année 1997, les permis artisanaux représentaient 68% du total des permis et en décembre 1999, ils ne représentaient plus que 45% du total. Ces données soulignent une gestion plus saine du secteur après une période fortement spéculative.

La production officielle du rubis a débuté en 1993, puis elle a chuté de 1994 à 1998. La production d'émeraude est relativement stable durant les cinq dernières années. A partir de 1996, la production de saphir n'a pas cessé d'augmenter suite à la découverte de nouveaux gisements dans le Sud et le Nord.

La production de pierres industrielles depuis 1996 a diminué progressivement jusqu'en 1998, l'attrait de l'exploitation des pierres précieuses, en particulier le saphir, peut expliquer ce phénomène.

Au niveau de l'exploitation, les professionnels dénoncent la méconnaissance de la géologie par la majorité des paysans qui s'y adonnent à titre d'activité d'appoint, ce qui entraîne de nombreux dégâts sur les pierres extraites. Et par ailleurs, ils estiment que les équipements du Laboratoire des Mines ne sont plus appropriés car

ce laboratoire n'arrive plus à distinguer certaines caractéristiques des pierres (notamment pour le corindon).

Le manque de professionnalisme, le phénomène saphir, la concurrence sur le marché international et la perméabilité du marché malgache sont les points saillants du contexte socio-économique actuel.

Pourtant le sous-sol de Madagascar recèle une grande variété de pierres d'origines diverses allant des pierres précieuses, qui peuvent être commercialisées à l'état brut ou non, aux pierres industrielles, en passant par les pierres fines. Elles sont présentes sur presque toute la superficie de l'île.

I.2 - Le saphir :

I.2.1 - Définition générale :

Avant d'évaluer le projet, il est utile de connaître la définition de « saphir »

Le saphir désigne toutes les variétés de couleurs de corindon à l'exception du rouge qu'est le rubis. Toutefois, le mot saphir sans autre précisions est toujours réservé au corindon bleu.

Les saphirs viennent du Sri Lanka, de Thaïlande, d'Australie, et du Cambodge; Mais le Nigéria, le Kenya, la Tanzanie, la Chine, le Vietnam, Madagascar, ainsi que les Etats Unis en produisent aussi.

Les sources de saphirs les plus connues sont: le Cashmire et Birmanie, qui produisent de très petites quantités de saphirs, mais qui sont d'une qualité et d'une finesse reconnue dans le monde entier.

Depuis 1800, saphir et rubis se partageaient la même famille de pierres appelées « corindon » .

A Madagascar, des noms ont aussi été donnés à ces diverses variétés de saphir. Par exemple, le saphir bleu est appelé vatomanga, le jaune masopiso et le saphir rose est plus connu sous le nom de felapaiso.

Les saphirs les plus précieux, ont une couleur « bleu vif moyen ». Les meilleurs qualités, restent brillantes sous toutes les sortes de lumière; Les notes de noirs, gris ou verts mélangés aux bleus ne réduisent pas la valeur de la pierre.

Le plus précieux et le plus rare des saphirs est le Paparadja; Sa couleur est rose orangée; Mais l'exacte définition de ses couleurs a toujours été très controversée . Certains vendeurs et laboratoires à travers le monde ne sont pas d'accord sur l'exacte description de sa couleur . Certains négociants disent que ce terme ne devrait pas être limité aux tons pastels des saphirs Sri Lankais, mais devrait aussi inclure les tons plus vifs, rouges orangés de la vallée Umba en Tanzanie. Bien que le débat ne soit pas clos, la beauté de ces pierres est toujours aussi admirée.

En général, plus la pierre est claire, et la couleur vive, plus le saphir est précieux. Les inclusions et les défauts sont toujours plus visibles dans les pierres claires, même les non professionnels peuvent les apercevoir C'est pourquoi, les vendeurs préfèrent toujours présenter des pierres très nettes.

Vers 1900, le saphir synthétique fut découvert et les propriétés de synthèses sont fortement proches du saphir naturel. Les saphirs synthétiques de qualité utilisés en joaillerie sont produits depuis 1947.

En 1996, on découvre dans les gisements alluvionnaires dans le Nord de la Birmanie le plus gros saphir étoilé du monde pesant 12,6 kg, c'est-à-dire 63 000 carats.

I.2.2 - Propriétés physico-chimiques et appellations des saphirs:

a°/ Variété de couleurs du saphir :

- Bleue	: reçoit l'appellation saphir
- Verte	: reçoit l'appellation saphir vert
- Jaune	: reçoit l'appellation saphir jaune
- Rose	: reçoit l'appellation saphir rose
- Violette	: reçoit l'appellation saphir violet
- Orangée	: reçoit l'appellation saphir orangé dit aussi "Paparadja"
- Incolore	: reçoit l'appellation leuco saphir

b°/ Caractéristiques du saphir :

- Groupe	: corindon
- Système cristallin	: Rhomboédrique
- Couleur du trait	: blanche
- Clivage	: séparations notables
- Cassure	: conchoïdale
- Formes cristallographiques	: Bipyramides, tabulaires, rhomboèdres
- Composition chimique	: Oxyde d'aluminium (Al_2O_3)
- Transparence	: Transparent à opaque
- Fluorescence	: Violette, orange, jaune
- Dureté	: 9 sur l'échelle de Mohs
- Poids spécifique	: 3,80 à 4,00
- Indice de réfraction	: 1.76-1.77
- Dispersion	: 0.018
- Pléochroïsme	: Bleu-violet, bleu-vert

Tableau I.2.2.ab.1 : Propriétés physico-chimiques et appellations des saphirs

I.2.3 - Autres propriétés du saphir :



Les saphirs sont taillés le plus souvent en forme de coussin, qui est en fait une sorte de rectangle arrondi, ou en forme ovale. Mais on trouve aussi des saphirs plus petits, taillés en brillant et dans une grande variété de forme plus fantaisistes, en triangle, en carré, taille émeraude et marquise, ou en forme de poire, baguette ou cabochon.

Certains saphirs qui ont de petites inclusions, sont taillés en cabochon, pour mieux montrer les six rayons de l'étoile. Les saphirs étoilés, devenus plus rares, sont demandés pour des bagues d'homme. Leur préciosité et leur qualité sont jugées, sur la forme régulière de l'étoile ainsi que sur la couleur du corps du saphir. Il est d'ailleurs très rare de trouver un très beau saphir étoilé.

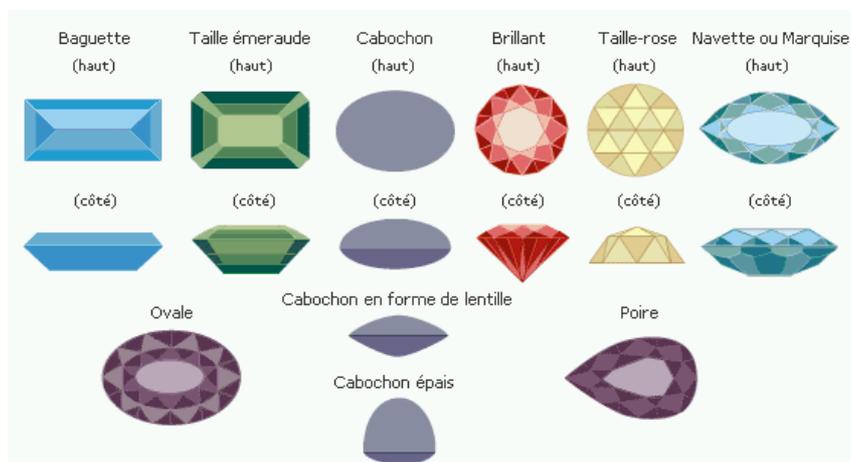


Les ancêtres considéraient les saphirs comme des talismans aux grands pouvoirs, qui pouvait guider les voyageurs, et retrouver les objets perdus.



Il n'y a pas qu'une seule couleur de saphir, on les trouve dans toute une gamme de couleur (jaune, rose, vert et incolore); Même le rouge, mais on l'appellerait rubis! En effet, l'ensemble de ces pierres sont des variétés de la famille des corindons roses. Les saphirs de couleurs sont souvent considérés comme des saphirs fantaisies.

Les corindons roses sont reconnus pour être des rubis, ou saphirs roses. Mais ce rubis rose, n'a été apprécié sur le marché mondiale que depuis quelques années, à cause de la demande importante venant du Japon.



Encyclopédie Encarta, © Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Figure I.2.3.1 : Listes des différentes tailles des pierres

La taille aussi est très importante, surtout pour les pierres claires; Elle doit réfléchir la lumière également sur toute la surface, pour que la pierre soit la plus belle possible. Lorsque la pierre est plus foncée, la taille n'est pas aussi importante, car la couleur crée son propre impact.

I.2.4 - Utilisation du saphir :

Le saphir est utilisé dans plusieurs domaines selon sa qualité. Ainsi, les variétés gemmes sont utilisées en joaillerie. La beauté envoûtée du saphir et ses différentes caractéristiques physiques permettent en effet la taille de ces saphirs gemmes. Les bijoutiers peuvent ainsi fabriquer plusieurs bijoux avec ces pierres. Cette pierre précieuse est considérée comme l'excellence immédiatement après le diamant.

Le saphir, la pierre des Papes, est le lien entre la terre et les esprits célestes. La légende, suivant l'époque ou l'origine géographique, lui prête des vertus de guérison des maladies des yeux, il protège de la peste, rend invincible, donne la sérénité et la fortune à son propriétaire. Les plus beaux saphirs sont ceux des anciennes mines du Cachemire. Aujourd'hui fermées, ces mines donnaient des saphirs d'un bleu velouté exceptionnel. Actuellement, les plus beaux spécimens proviennent du Sri-Lanka, de Myanmar(ex Birmanie), et du Cambodge Mine de Pailin.

Le saphir "Padparadja" que l'on trouve au Sri Lanka est d'une subtile couleur rose orangée. Son prix peut atteindre des sommes considérables. Les saphirs de mauvaise qualité sont traités et chauffés dans une substance colorante à des températures d'environ 1600 degrés. Le but de ce traitement est de donner une couleur uniforme et velouté au saphir. Par contre, ce traitement détruit la structure cristalline du saphir, et sa valeur en est largement affectée. Ce traitement peut être détecté par un gemmologue expérimenté.

Le saphir est donc vraiment un minéral très utile non seulement pour sa très grande valeur mais aussi pour les divers services qu'il peut nous rendre

II.2 - Population :

La sous préfecture de Benenitra a 26 631 habitants dont 9340 appartiennent à la commune de Benenitra. La population est essentiellement formée de Bara, Antanosy et Antandroy. 98 % de la population sont analphabète. Il existe 40 écoles primaires publiques et 1 Collège d'Enseignement Général. Les élèves qui arrivent en classe de seconde poursuivent leur études soit à Bekily ou à Toliara.

II.3 - Culture et élevage :

La culture n'est pratiquée que de façon sporadique et à l'échelle familiale . Ceci s'explique par l'éparpillement extrême et à faible superficie des rares zones alluviales riches. Les produits cultivés sont par ordre d'importance : manioc, patates, riz, légumes(oignons, choux de Chine).Par contre , l'élevage est très important ,ils élèvent de bovins, porcins, volailles, agneaux et chèvres.

II.4 - Ressources minières :

L'exploitation du saphir est actuellement en activité.

Les différents produits miniers rencontrés dans la sous préfecture de Benenitra sont :

- ▶ saphir, rubis, béryls (bleu, rose, jaune, incolore) : Ambahibo commune Ambalavato
- ▶ aigue –marine : Ankazomanga lanapera
- ▶ poudre d’or, fer, cuivre, charbon de terre, tourmaline : Vohiboro
- ▶ poudre d’argent : Tsanarena sud
- ▶ tourmaline bleue : Horombe-lanapera
- ▶ grenat clair : Ambahibo commune Ambalavato
- ▶ grenat violacé : Vohipisaka – lanapera
- ▶ grenat vert : Ankatrafay commune Ambalavato
- ▶ grenat Bordeaux (appellation locale) : Vohipisaka
- ▶ spinelle : lanapera
- ▶ améthyste, or, cristal de roche, quartz rose : laborosy – lanapera
- ▶ calcaire blanc : Beraketa Est

Pour les carrés concernés par notre étude, nous citons les différentes localités suivantes où nous avons trouvé des saphirs :

- ▶ Morarano
- ▶ Morahariva
- ▶ Ambondrombe
- ▶ Ampasindrasoa
- ▶ Topira

Il existe beaucoup des petits exploitants « illicites », sans permis qui travaillent là. Ils se regroupent actuellement dans une association dénommée FELAPAIISO.

Ils assurent la main d’œuvre. Le bailleur ou « patron » selon eux prend en charge la nourriture et le motopompe. La répartition des produits est la suivante :

a) avec motopompe

- Patron : 60% (50% pour prise en charge des vivres et 10 % pour apport motopompe)
- Ouvrier : 40%

b) sans motopompe :

- Patron : 50 %
- Ouvrier : 50 %

Il est à noter que c'est le patron qui achètera la part des ouvriers qui ne seront plus rémunérés et 10 % des valeurs déclarées des produits reviennent à la commune de Benenitra.

Vu le bon état actuel de la route qui mène vers Benenitra, il existe déjà des Sri Lankais et Thaïlandais qui viennent régulièrement là bas pour acheter des pierres. On peut y aller en une journée et demi actuellement. Le marché de Benenitra est le vendredi, c'est pendant cette journée que les petits exploitants de saphirs viennent vendre leur produits. Ces exploitants qui sont en général des originaires du Sud et sont très méfiants, ils ont peur qu'on borne leur terrain. Ils se promène en général avec des fusils de chasse. Il est à noter également que c'est une zone rouge (présence des dahalo) mais actuellement il existe des éléments de la gendarmerie et de l'armée qui assurent la sécurité de ces exploitants miniers.

II .5 - Produits forestiers :

On rencontre des produits suivantes :

- miel (qui coûte 1000 FMG le kapoaka)
- Cocon d'Isalo : Ambalavao, qui n'est pas exploité jusqu'à maintenant
- Palissandre
- Prumier de Madagascar qu'on appelle « lamoty » d'après les gens du village
- Tamarin(100 000 FMG la charrette)

II.6- Produits aquatiques :

- Peau de crocodile
- Crevette
- Poisson

II .7 - Climat :

Le climat est de type tropical sec à moussons très atténuées et humidité intermittente, et se caractérise par une exagération de la sécheresse. Compte – tenu des courants atmosphériques, ce climat appartient encore au type «sous le vent » avec saisons bien tranchées et des végétations à feuilles caduques et xérophytiques. La température moyenne annuelle oscille entre 30°C en Janvier et 21°C en juillet , avec des variations absolues très fortes de 42°C en Janvier à 43°C en Juin-Juillet.

II .8 - Réseaux hydrographiques :

Limitée au sud par la ligne de partage des eaux de l'Onilahy, et au nord par celle de Sakamare. Tous les cours d'eau sont dotés d'un régime spécial intermittent. Ils sont relativement courts et n'ont pas de source véritable . C'est une région très pauvre en eau, une des plus pauvres de Madagascar mais l'écoulement souterrain est généralement très accessible et très suffisant pour les besoins de la consommation familiale digène.

CHAPITRE III : ETUDE GEOLOGIQUE

La zone étudiée fait partie de la feuille Benenitra. On trouve dans la zone les formations géologiques ci - après, dans l'ordre chronologique, des plus anciennes aux plus récentes :

- Schistes cristallins
- Roches éruptives
- Terrains sédimentaires
- Formations superficielles récentes

III-1 SCHISTES CRISTALLINS

L'origine de la majeure partie du socle précambrien est sédimentaire .Il existe trois groupes de schistes cristallins : l'Ampanradavien et le Vohiborien à la base et l'Ampanihien au sommet qui sont stratigraphiquement distincts et séparés par des discordances.

III-1-1 Système du Vohibory

Pétrographiquement, la région est marquée par la prédominance des faciès amphiboliques, représentés par des amphibolites et des gneiss très amphiboliques. Statistiquement, la roche dominante est un gneiss à amphibole.

D'autres faciès pétrographiques apparaissent en bancs ou îlots plus ou moins développés, ce sont des leptynites , des quartzites et des leptynites quartzites à pyrite.

La série de gneiss apparaît à la base du Vohibory en visible dans la région étudiée. Cette série est fortement métamorphisée, localement affectée par la mise en place de granite et montre des formations gneissiques dominantes. Les gneiss prédominants sont typiquement calco-alcalins(orthoclases absents ou très rares) et riches en éléments colorés.

III-1-2 Système du graphite(groupe d'Ampanihy)

Ce système marque le niveau le plus élevée du socle précambrien observable dans la région étudiée. Sa caractéristique pétrographique est la prédominance des leptynites(gneiss hololeucocrates à quartz aplati), associées à des gneiss leptynites à biotite et à amphibole.

III-1-3 Cadre géologique de la région :

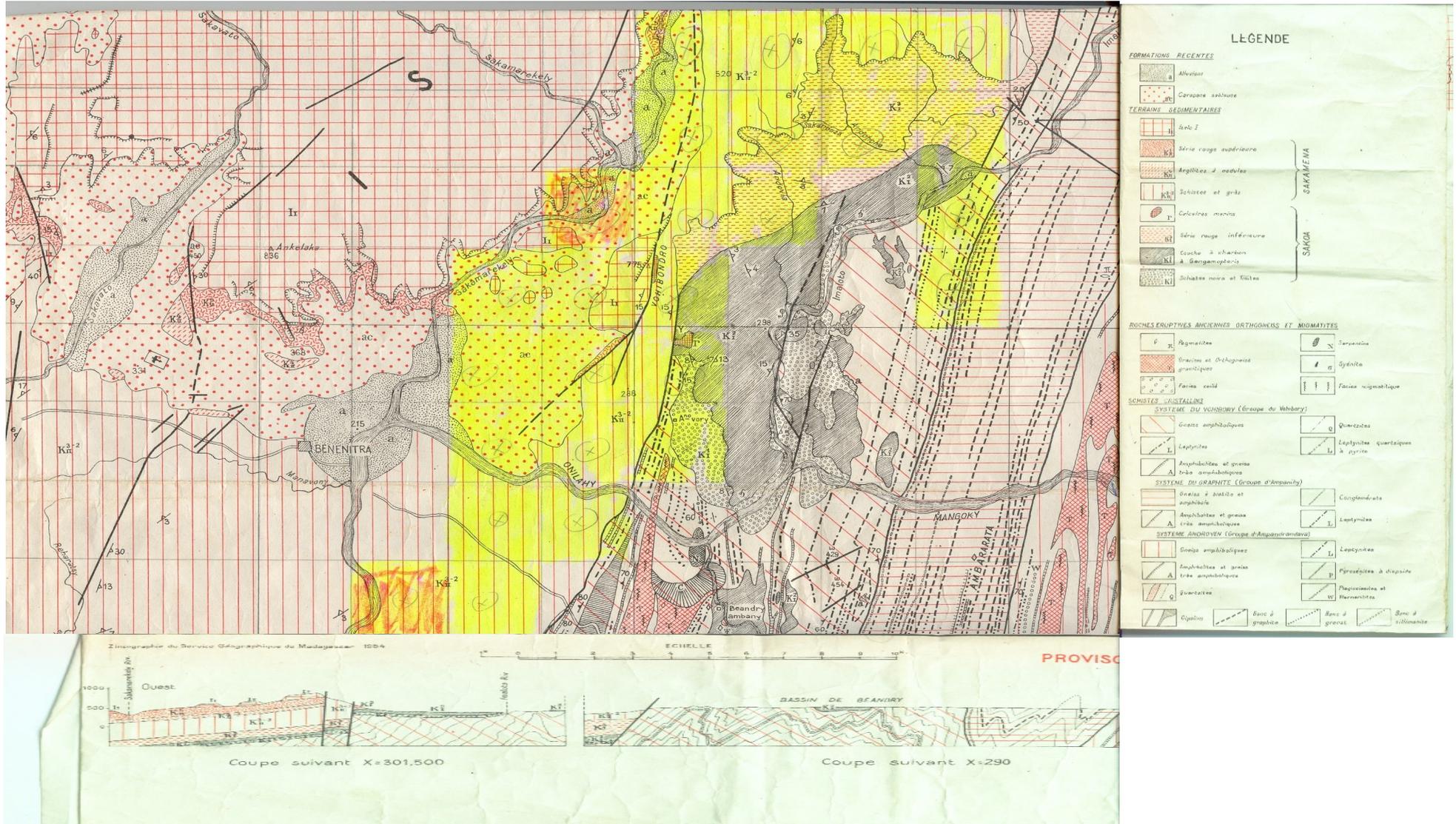


Figure III.1.3.1 : La carte géologique de Benenitra à l'échelle de 1/100 000

Le mode de gisement des roches est typique : la schistosité très prononcée des faciès prédominants (leptynites et gneiss) permettant le débit de ces roches en dalles ou plaquettes de toutes tailles, est remarquable. Les amphibolites et pyroxénites apparaissent en bancs, rarement isolés, mais discontinus avec passages latéraux fréquents d'une roche à l'autre.

Sur la feuille du Benenitra, on a deux séries

- série à faciès amphibolique(gneiss et amphibolites)
- série gneissico-leptynitique à graphite

Ces séries correspondent à des séquences sédimentaires différentes : une séquence à prédominance pélitique au sommet donnant une série supérieure à faciès amphibolique et une séquence inférieure à caractère arénacé prédominant donnant une série graphiteuse à la base, débutant par des conglomérats.

III-1-4 Système Androyen(Groupe d'Ampanrandava)

L'Ampanrandavien est formé de schistes métamorphiques de la catazone. Statistiquement, la roche dominante est un gneiss amphibolique, présentant parfois un faciès malgachitique, associé à des leptynites grenatifères ou non. Il existe dans cette zone des formations secondaires variées : amphibolites, pyroxénites à diopside et phlogopite, wernéritites, cipolins.

Sa caractéristique minéralogique est l'abondance de l'amphibole qui apparaît essentiellement dans des gneiss et plagioclases, mais encore des leptynites et des cipolins. L'association minéralogique courante est la suivante : plagioclases, amphibole, diopside, grenat, biotite.

Le mode de gisement des roches est assez mal défini du fait de la variété du matériel lithologique et la migmatisation localement forte des bancs gneissiques. La schistosité est très variable, forte dans la formation des leptynites et paragneiss, elle disparaît parfois totalement dans les niveaux à cipolins et pyroxénites à diopside. Dans le " fond " gneissique , les leptynites apparaissent toujours en bancs étroits, mais réguliers et continus, tandis que les amphibolites et pyroxénites se présentent toujours en lentilles et bancs ou moins nombreux, toujours discontinus avec passage

latéraux d'une roche à l'autre. Les pyroxénites passent également à des werneritites et sont fréquemment associées à de petits amas irréguliers de cipolins à caractère bréchoïde.

III. 2 ROCHES ERRUPTIVES ANCIENNES ORTHOGNEISS ET MIGMATITES

On trouve deux groupes de roches dans deux cycles différents. Le premier contient les plus vieilles roches éruptives de la région étudiée, et présente les caractères d'une mise en place contemporaine du métamorphisme et syntectonique(cycle syntectonique), le second cycle renferme, au contraire des roches recoupant en discordance nette les schistes cristallins et les roches éruptives au premier cycle(cycle postectonique).

III.2.1 Orthogneiss de granite

Les orthogneiss granitiques montrent les mêmes constituants que les granites précédents, dont ils dérivent par recristallisation plus ou moins poussée. Ils gardent un caractère monzonitique microclonique net et montrent au microscope la composition minéralogique suivante : quartz, microcline, myrmékite, perthite, plagioclase, biotite, apatite, zircon, magnetite.

Ces orthogneiss ont subi des déformations intenses aussi montrent ils, sur le terrain, une foliation nette soulignée par l'alignement des files de biotite au microscope, des textures cataclastiques prononcées, marquées par du quartz onduleux et en gouttelettes, des feldspaths corodés, des résidus en grains, et des restes de néoformations(quartz secondaire, myrmékite, microcline , naissant ou envahissant au sein du plagioclases résiduels).

III.2.2 Serpentes

La transformation serpentineuse est parfois complète, ne laissant subsister aucun noyau résiduel.

Sur toute l'étendue de chacune de ces préparations, le fond de la roche est constitué par un empilement et un juxtaposition de lamelles accolés, de même orientation. Ces lamelles sont incolores ou présentent une teinte jaune très pâle. Leur extinction onduleuse se fait suivant l'allongement. Examinée aux forts grossissements, les lamelles se résolvent en une infinité de fibres accolées, disposées normalement aux longs côtés des lamelles.

Les caractères optiques négatifs (biréfringence voisine de 9 ; signe optique négatif, uniaxie) nous font rapporter ce minéral à orite. Dans la masse d'antigorite, on distingue encore le contour des anciens cristaux épigénisés, du fait d'une légère différence de taille et d'un très faible décalage dans l'extinction des lamelles d'antigorite épigénisant deux cristaux voisins. L'ancien contour est d'ailleurs souligné de certains cas, par un liséré discontinu d'oxyde de fer.

Parfois, il existe encore, dans la masse d'antigorite lamelle, presque incolore, de traces d'anciens cristaux transformés en une serpentine à la maillée et fibreuses, légèrement colorée en jaune, d'une réfringence et d'une biréfringence un peu supérieure à celle de l'antigorite lamellaire. L'orientation des fibres est indépendante de l'orientation de l'antigorite en lamelles, les filets s'orientent suivant les contours ou les clivages des minéraux originels.

Dans certains cas la masse d'antigorite est finalement découpé par un réseau plus ou moins dense, irrégulier, mais orienté dans son ensemble normalement à l'allongement des lamelles d'antigorite. Le réseau est formé de rubans étroits de chrysotile, les fibres d'amiante étant toujours disposées perpendiculairement à l'axe des rubans.

III.2.3 Roches à faciès migmatitiques

Les roches à faciès migmatitiques sont rares. Il s'agit de gneiss d'injection présentant des termes à biotite seule ou accompagnée de hornblende seule avec ou sans grenat. Ces roches se distinguent des paragneiss par la présence d'orthoclase du type microcline en cristaux envahissants. Seuls les termes à biotite sont riches en microcline. Ces roches migmatitiques sont observables dans les régions granitisées : groupe d'Ampanrandava et couches inférieures du groupe du vohibory.

III.2.4 Série syénitique

Nous avons cartographié deux lames de syénites traversant les séries Ampanradaviennes de la partie orientale de la feuille Benenitra. La roche de couleur jaune à rouge brique est généralement leucocrate. La structure à grain moyen devient parfois très grossière du type pegmatitique. La roche est essentiellement formée de perthite. Cette perthite est la plus souvent fusiforme fine. On rencontre toutefois dans les syénites pegmatitiques de la perthite punctiforme en

gros cristaux tordus et entourés de grains de perthite, de microcline et de plagioclase. L'élément ferromagnésien est le plus souvent absent, mais on rencontre parfois de petits diopsides verts. On trouve également, mais très accessoirement, de la magnétite, du sphène, et du zircon.

III.3 LE TERRAIN SEDIMENTAIRE :

Le terrain sédimentaire est composé de :

- Isalol
- Groupe de Sakamena composé de série rouge supérieure, des argilites à nodules et des schistes et grès
- Groupe de Sakoa qui comprend des calcaires marins, une série rouge inférieure formée de grès et d'argiles, des couches à charbons à Gangamopteris et des schistes noires

Ces sédimentaires du Karroo à charbon reposent directement sur le socle cristallin métamorphique. Les sédiments sont continentaux, glaciaires, détritiques à la base (schistes pélitiques, varves et tillites..), passant plus haut à des faciès d'eau douce avec des faisceaux de couches de charbon, pour revenir à des faciès continentaux avec les grès et les argiles de la série rouge inférieure. Le groupe de la Sakoa se termine par une formation calcaire. La série est recouverte invariablement par le Groupe de la Sakamena transgressif et discordant.

III.4 FORMATIONS SUPERFICIELLES RECENTES

Nous avons classé dans ce groupe les deux formations suivantes :

- Carapaces calcaires
- Sols et alluvions

III.4.1 Carapace calcaire

Une carapace calcaire discontinu couvre les collines de cipolins et parfois les formations amphiboliques. Elle représente une épaisseur notable et une certaine continuité que dans la région d'Anavoha Nord et le quartz sud – ouest de la feuille Benenitra. Sur les collines de cipolins de Benenitra, région plus humide et plus accidenté, l'érosion joue en surface plus rapide que l'altération et les cipolins sont dénudés et mis à nu avant d'avoir pu donner naissance à une carapace épaisse et continue. Aussi ne trouve-t-on dans cette zone que des carapaces discontinus et peu développées, surtout visible au pied des collines

III.4.2 Sols et alluvions

Les sols sont peu épais, souvent squelettiques. Cette faible végétation laisse jouer librement une érosion importante et c'est généralement la zone d'altération qui affleure et parfois même la roche-mère. Seules les zones basses possèdent de véritables sols : ce sont les terres rouges et les alluvions.

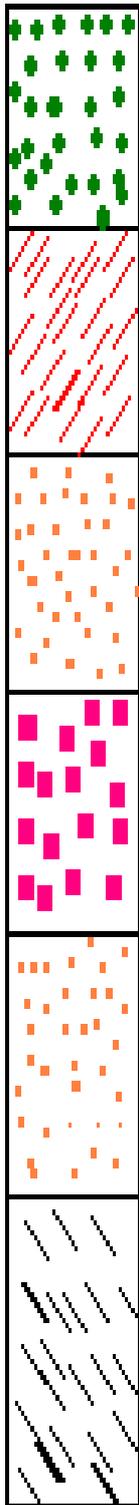
Les zones étudiées sont entièrement sur le socle cristallin constitué des gneiss, des leptynites, des amphibolites, des quartzites, des cipolins des pyroxénites, des épidotites, des granites et des filons de quartz et pegmatites.

Les gisements de saphir de Madagascar proviennent surtout du magmatisme d'épanchement basaltique affectant les roches métamorphiques ou sédimentaires riches en alumine (bauxite, calcaire,...). Les saphirs doivent donc leur existence à une formation de minéraux par métamorphisme de contact. Il y a plus de 500 millions d'années, des pegmatites en fusion par exemple furent pressées à partir du magma dans les failles des roches en place.

C'est lors du refroidissement de la matière en fusion que se formèrent les pierres précieuses les plus diverses. Telle fut l'origine des gisements primaires de minéraux lourds (rubis, saphir, spinelle, ...).

Sur le plan géologique, la formation est essentiellement constituée de grès tendre de couleur jaune clair et de bancs puissants. Elle se charge de niveaux d'argiles rouges avec intercalations de grès tendre à ciment calcaire qui font leur apparition à partir d'Ilakaka. Elles sont en général surmontées de grès fins, sableux à stratification entrecroisée. Il s'agit donc d'une formation sédimentaire à partir de l'Isalo II qui présente un faciès essentiellement continental. Elle est constituée de grès à stratification oblique et entrecroisée avec d'importantes intercalations argileuses. Sa couleur générale est rougeâtre et les contrastes lithologiques entre les couches sont remarquables. Les couches à galets sont épaisses et s'amincissent vers les hautes terrasses mais le tout est facilement exploitable.

En se référant au rapport du service géologique présentant certains types de gisement dans la région et en faisant le recoupement avec les résultats du terrain, on pourrait avoir les formations suivantes citées du haut vers le bas :



Couche A : terre végétale constituée par des savanes(épaisseur 40cm)

Couche B : argile rouge très sableuse(épaisseur50cm)

Couche C : Première couche à galets de 2m d'épaisseur

Couche D : Alternance d'une schiste altérée 2m

Couche E : Deuxième couche à galets enrichie en minéraux lourds et de qualité gemme(4m)

Couche F : Bedrock constitué par le grès d'Isalo

Figure III.4.2.1 : Coupe généralisée du gisement de Benenitra

NB : Les couches A et B constituent les morts-terrains

CHAPITRE IV: ETUDE DE MARCHÉ

IV.1 - Etude de marché :

L' étude de marché est nécessaire avant d'exécuter le projet d'exploitation. Elle permet à l'exploitant d'organiser et de planifier ses opérations de production. Elle a pour objet de faire l'analyse de l'offre et la demande de produits cibles, sur le plan national et voire international., elle donne également des renseignements sur les différents paramètres existants sur le marché local et mondial afin d'estimer la demande intervenant dans la détermination du niveau de prix de revient .

IV.2 - Etat actuel du secteur minier :

Madagascar a une puissance de production en ressources minières et recèle de divers types de pierres précieuses(rubis, saphir, émeraude,...) ainsi que celle de semi- précieuses(béryl, tourmaline, grenat, cordiérite,...).

La présence de cette richesse entraîne peu d'impacts positifs considérables dans la vie des ménages malgaches. En effet, la participation du secteur minier au PNB est ultérieurement inférieure à 3% , contrairement du celui de plusieurs pays comme la Tanzanie, l'Afrique du sud ou l'Angola.... Dans ces pays, le secteur minier fournit une très grande partie de la recette nationale et contribue largement au redressement de l'économie nationale.

Actuellement, l'autorité malgache utilise le nouveau code minier afin d'attirer les investisseurs internationaux et nationaux venus au pays. Mais le secteur minier est un domaine très complexe à Madagascar. Le développement de cette filière est freiné par certaines contraintes aussi bien sur le plan politique que sur la plan juridique, fiscal et sur l'organisation administrative.

Ainsi, le secteur est profondément marqué par différentes sortes d'obstacles. L'insuffisance des moyens humains et matériels pour encadrer le secteur , le manque d'infrastructure, le faible participation du secteur au PNB du pays et les non-fiabilité des déclarations sur la production minière constituent les problèmes fondamentaux. De plus, des problèmes sociaux existent avec les difficultés relationnelles entre propriétaire des sols et permissionnaires. Enfin, la prédominance du secteur informel dans la commercialisation des produits constitue un obstacle.

Cette difficulté d'évolution dans la filière conduit en effet les opérateurs dans l'illégalité.

Actuellement, la commune rurale de Benenitra est devenue un melting-pot où des Thaïlandais, des Africains..., des Malgaches de toutes origines s'y côtoient. Pour quelle raison ? parce qu'elle conserve quelque chose d'importance capitale. Le sous-sol de Benenitra contient du saphir et d'autres pierres précieuses de valeur comme le rubis, sans parler des pierres industrielles diverses. Ces produits se vendent librement sur les marchés publics. "La commune urbaine n'en bénéficie rien, même si ces étrangers disposent d'une centrale d'achat ici, au cœur même de la ville", murmure l'autorité locale.

Malheureusement ce phénomène qui devrait éveiller l'attention des observateurs avertis - l'État devrait en tirer plusieurs milliards de FMG mais ils échappent à son contrôle , s'est produit et se déroule à l'insu des autorités compétentes. Le directeur de la Protection de l'environnement, affirme qu'aucune demande de permis d'exploitation minière n'est jamais parvenue auprès de son service, pour dire qu'il n'est pas au courant de cette illégalité manifeste. Cependant, cette démarche administrative est dictée par les réglementations en vigueur en matière d'exploitation minière, étant donné que le cas de Benenitra touche une zone sensible. Les exploitants miniers opérant dans la région ont pénétré, depuis un certain temps, dans le corridor forestier qui fait l'objet d'une stricte préservation même si l'on sait qu'aucun cadre juridique clair y afférent n'est encore mis en place.

IV-3 Evolution de l'exportation de saphir

BRUTES

ANNEE	1999		2000		2001		2002		2003	
	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité (G)	Valeur (Fmg)
Saphir	3 809.770	72.199.517.45 2	9.536.205,95	82.344.612.264	8.469.766,4	30.833.299.160	9.325.994,93	36.498.707.013	7 391 360,77	37 479 425 825

TAILLEES

ANNEE	1999		2000		2001		2002		2003	
	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité (G)	Valeur (Fmg)	Quantité en (carat)	Valeur (Fmg)
Saphir	181,102	59.748.569	809,238	353.606.451	12.249	1.059.305.623	9.772,85	1.061.218.312	11 475,79	501 960 227

Tableau IV.3 .1 : Evolution de l'exportation de saphir

Ces statistiques représentent uniquement les produits déclarés auprès de l'administration minière. Les produits du secteur informel sont difficilement estimables.

IV-4 Analyse du marché :

Dans cette partie, nous analyserons le marché au niveau locale et sur le plan mondial

IV-4-1 - Le marché local :

IV-4-1-1 Les principales régions de production :

SAPHIR	
Lieu	Province
Ilakaka	Fianarantsoa
Sakaraha	Toliary
Bezaha	Toliary
Andranondambo	Toliary
Ambondromifehy Anivorano Nord	Antsiranana

Tableau IV-4-1-1-1 : Sites des productions existantes

IV-4-1-2 Les centres de taille :

Nous présentons les principaux centres de taille locaux avec leurs caractéristiques respectives dans le tableau

Tananarive	Antsirabe	Diego, Tuléar
C'est un centre de taille plus performant car on trouve des machines robustes pour pouvoir mesurer des angles (3 personnes d'employés de gros en effectif).	Travail individuel (une équipe formé de 10 personnes), On travaille avec des machines assez rudimentaire	Le plus petit nombre de lapidaire

Tableau IV-4-1-2-1: Centres de taille des pierres

IV-4-1-3- Les prix du saphir local :

Il est à noter que les prix que nous reportons ici sont à titre indicatif car ils peuvent changer d'un moment à l'autre et ils dépendent également des différents facteurs (les 4c : color, clarity, carat, cut) pour les pierres taillées .

► Le saphir

Lieu \ Qualité	Diego	Ilakaka	Andranondambo
A(moins qualité) <ul style="list-style-type: none">• Bleu très pâle, très foncé• 1 gramme• pas d'inclusion	250 000 à 500 000 FMG	1 000 000 à 1 200 000 FMG	1 200 000 à 1 400 000 FMG
AA(la moyenne qualité) <ul style="list-style-type: none">• un peu plus foncé et un peu plus pâle• 1 gramme• pas d'inclusion	750 000 FMG	1 400 000 FMG	1 500 000 FMG
AAA(la bonne qualité) <ul style="list-style-type: none">• couleur vive(joli bleu)• 1 gramme• pas d'inclusion	900 000 FMG	1 700 000 FMG	2 000 000 FMG

Tableau IV-4-1-3.1 : Prix qualitatif de saphir

► Le saphir rose

Pour avoir le prix du saphir rose, il faut ajouter 20% celui du saphir bleu. Madagascar est le premier production du saphir rose, l'augmentation de la demande ainsi que sa rareté fait augmenter le prix.

► Pour le saphir padparadscha

Ce saphir présente une couleur zaccaranda. C'est un marché uniquement asiatique, son prix est de 10% en plus de celui de saphir rose à Ilakaka.

► Le saphir orange

Le prix se négocie comme le saphir bleu

► Le saphir vert

C'est le plus bas prix

► Le saphir violet

Le prix de celui ci dépend de l'objectif de traitement

Depuis la découverte du saphir dans le sud de Madagascar(Andranondambo, Ilakaka,...), l'exploitation des pierres précieuses connaît une très remarquable d'évolution, la quantité de l'offre sur le marché n'a cessé d'augmenter. Antananarivo reste le pôle de ce marché. C'est là que s'effectue le plus souvent les plus importantes opérations de vente ou d'achat des substances. Certes, des comptoirs d'achat et de vente peuvent exister dans les différentes zones d'exploitation(exemple à Ilakaka) mais ils sont encore difficilement opérables. C'est là que les petits exploitants ou les associations communautaires vendent leurs produits. Les intéressés les achètent alors à un prix assez bas pour les revendre ensuite soit à un plus gros vendeur local, soit directement à l'extérieur. La plupart du temps, ce sont les sociétés minières qui travaillent dans ces zones d'exploitation qui achètent ces produits de la localité. Le prix d'un gramme de saphir brut varie de 50 000 FMG à 20 millions de FMG selon la qualité, la grosseur, la clarté et la couleur de la pierre.

Suite à la détérioration des termes de l'échange mondial, les prix des marchandises sur les marchés locaux sont très bas. Les sociétés de transformations sont insuffisantes voire inexistantes. En effet, seuls quelques rares bijoutiers ou lapidaires essaient de transformer ces pierres en bijoux. La taille en cabochon est plus courante que les autres tailles connues. En général, 80% des pierres achetées sur le marché intérieur vont ensuite être exportées.

IV-4- 2 Le marché mondial :

IV-4-2-1 - Les principaux pays producteurs de saphir:

Les principaux pays producteurs de saphir brut sont :

- Cachemire : la production est irrégulière donc à prix élevé.
- Australie : produit énormément de saphir mais la couleur n'est pas bonne.
- Cambodge : il existe beaucoup de saphir bleu de moyenne qualité.

- Miammar (à côté de Thaïlande) : C'est eux qui sortent de très jolies couleurs de rubis et du saphir.
- Tanzanie : produit beaucoup de saphir pour la société SONGEA comme le cas d'Ilakaka.

Après le diamant et l'émeraude, le rubis et le saphir occupent sûrement une place importante sur le marché des pierres précieuses. Si le marché mondial du diamant est sous l'influence des produits sud africains, le marché mondial du saphir et du rubis est surtout dominé par la Thaïlande et les pays du Sud-Est asiatique(Sri Lanka,...).

Ce sont ces pays qui déterminent les cours des produits sur le marché. A Madagascar, il existe des filiales de plusieurs sociétés étrangères qui achètent les produits conformément aux commandes faites par les maisons mères. Ces maisons mères sises en Asie, Europe, Etats- Unis dominant donc le marché mondial et la concurrence existe entre ces différentes succursales multinationales.

L'augmentation de l'offre et la diminution de la demande incitent les gens à engager de nouvelles charges pour améliorer la qualité de leur produit. Les opérations de transformation subites par les pierres brutes haussent toujours la valeur de ces pierres. La transformation entraîne en effet des notions de valeur ajoutée sur les pierres.

IV-4-2-2 - Les principaux pays destinataires :

Les principaux pays destinataires des saphirs malgaches sont :

Thaïlande- Israël- Italie- France -Suisse

Sur le marché mondiale, des normes de qualité ont été admises par tous les opérateurs. C'est une commission européenne, la CIBJO(Conseil Inter fédéral de la Bijouterie Joaillerie Orfèvrerie) qui a défini ces normes pour les pierres précieuses. Concernant le saphir, le N.E.T(Natural Enhance Treated) détermine alors la qualité de la couleur du minéral :

- Natural pour dire que la couleur de la pierre est naturelle,
- Enhance si la pierre a subi un traitement thermique,
- Treated pour une pierre qui a été traité chimiquement.

Malgré la concurrence avec le Brésil, l'Asie, l'Afrique du sud,.... on peut dire que le marché malgache commence à être reconnu sur le plan mondial. Toutefois, les conditions d'exploitation doivent être améliorées pour que les exploitants puissent honorer la demande mondiale et dominer la concurrence en matière de prix et de qualité.

Le centre de taille du saphir et du rubis se trouve à Thaïlande, et pour le centre de négoce, on en trouve aussi ainsi qu'au Bangkok.

Les principaux pays consommateurs sont : Amérique, Suisse, Europe, Chine(qui commencent à acheter)

IV-4-2-3 - Les spécificités du marché :

Nous trouvons dans le tableau suivant les spécificités du marché en fonction de la couleur , de la taille et de la pureté des pierres de couleurs.

Paramètres Pays	Couleur	Taille	Pureté
U. S. A	33%	33%	33%
Japon(Allemand)	20%	40%	40%
Suisse	33%	33%	33%
Italie	60%	20%	20%
France(Moyen Orient)	60%	20%	20%

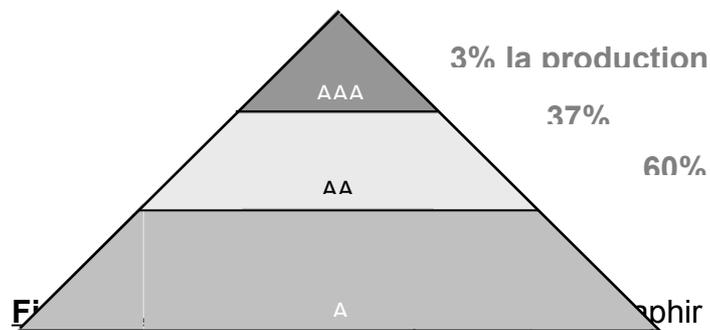
Tableau IV-4-2-3.1 : Taux des spécificités du marché

On peut vendre toutes les qualités aux Etats- Unis. Pour le Japon, il est très sensible à la taille. Les japonais n'acceptent pas les pierres traitées , le marché japonais et allemand sont identiques. La Suisse possède un marché très spécial car c'est le rendez vous des acheteurs mondiaux. C'est un marché des pierres tops(extrêmement chères). L'origine de la pierre comme le saphir de Cachmire et celui de

la Birmanie, a une valeur très importante en Suisse. Au moyen Orient, ils peuvent avoir acheté des pierres en petit cailloux ou en grandes pierres.

IV-4-2-4 - Les prix du marché mondial :

Voici un schéma représentant la répartition des saphirs dans le marché mondial selon leur qualité



Les prix du saphir varient entre 70\$ à 5600\$ selon la qualité

IV-4-3- Prix typiques de saphir :



Saphir : Possède plusieurs couleurs, plusieurs types d'énergies en fonction des nuances de ses couleurs, saphir bleu : Très utile dans toutes les maladies nerveuses ; fortifie la peau et les cheveux ; convient à toutes les personnes intuitives pour développer cette qualité ; aide contre l'insomnie. Saphir jaune très joli taillé,

pour le 3ème carat ; saphir vert : relie les carats 4-5.

Prix de pierre brute : 15.00 € soit 98.39 F



Saphir étoilé : Saphir brut poli sur une face pour faire apparaître son étoile, sa couleur n'est pas bleue et il ressemble assez au rubis, mais contenant moins d'aluminium que lui, il est considéré comme un saphir, c'est une pierre à mi-chemin entre rubis étoilé et saphir,

utile pour la guidance et l'intuition, pour nous aider à rester centré et connecté avec notre vérité intérieure.

Prix de pierre brute : 12.00 € soit 78.71 F



Saphir Madagascar : Variété moitié jaune, moitié bleu de saphir, bien que non bleu, ce saphir est très doux et perceptif, il nous aide à organiser nos énergies de façon harmonieuse en progressant vers la relation à notre

âme, c'est une pierre bonne pour les gens sensibles, nerveux, émotifs, elle aide à guérir les

maladies de peau (eau de saphir sur le visage, ou pendentif) .

Prix de pierre brute : 9.00 € soit 59.04 F



Saphir morceaux : Variété primitive de saphir foncé souvent mélangé à du graphite gris, si vous désirez un morceau bien bleu, précisez-le dans votre commande, cette qualité de saphir est en relation avec les carats supérieurs 6/7/8, pour développer nos perceptions, notre sensibilité aux plans vibratoires élevés, il est utile pour stimuler les

flashes intérieurs et les visions.

Prix de pierre brute : 15.00 € soit 98.39 F

CHAPITRE V : EXPLOITATION DU GISEMENT

V.1 - Introduction :

Dans cette étude de pré faisabilité, l'évaluation économique sera faite sur 4 carrés de 2,5 km de côté. La teneur du gisement est estimée à 0,2g / m³ et le rendement de la taille à 40 %.

Une étude géologique détaillée permettra d'avoir plus de précision sur les données techniques (caractéristiques géométriques du gisement, teneur, réserve probable , ...) et les résultats obtenues seront ajustés en fonction de ces données complémentaires lors l'éventuelle étude de faisabilité.

V.2 - Présentation de site d'exploitation :

Le gisement se trouve dans la commune de Benenitra et concerne 4 carrés de 2,5 km de côté. Le permis d'exploitation a été octroyé à une société de

droit malgache. Le plan de masse montrant les infrastructures du projet d'exploitation

est représenté par la figure suivante:

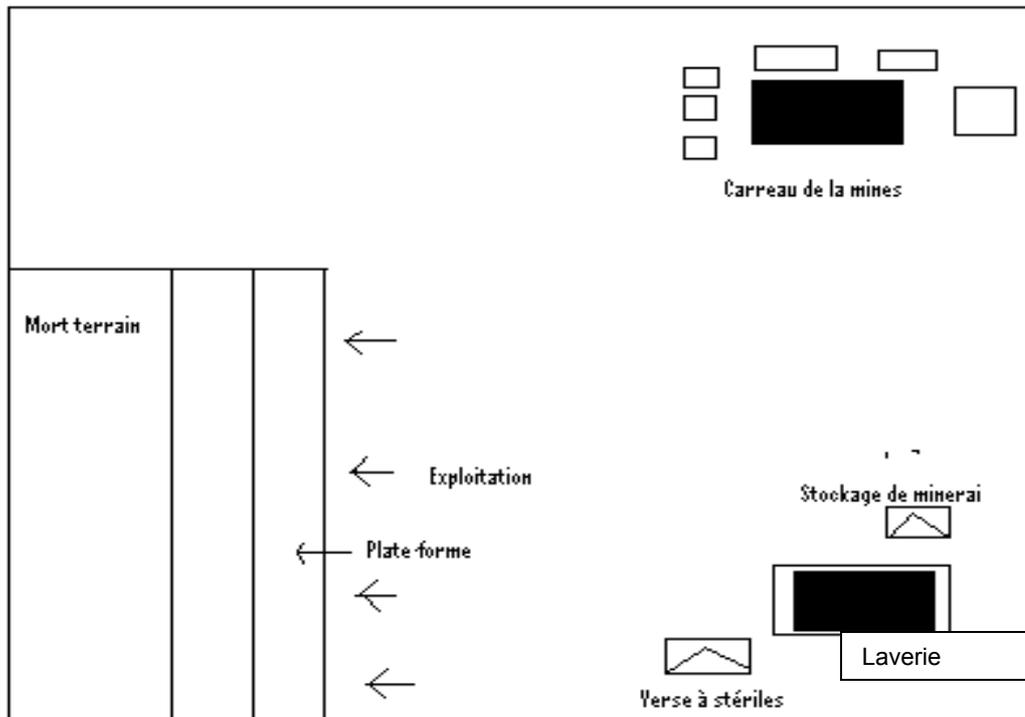


Figure V.2.1 : Le plan de masse

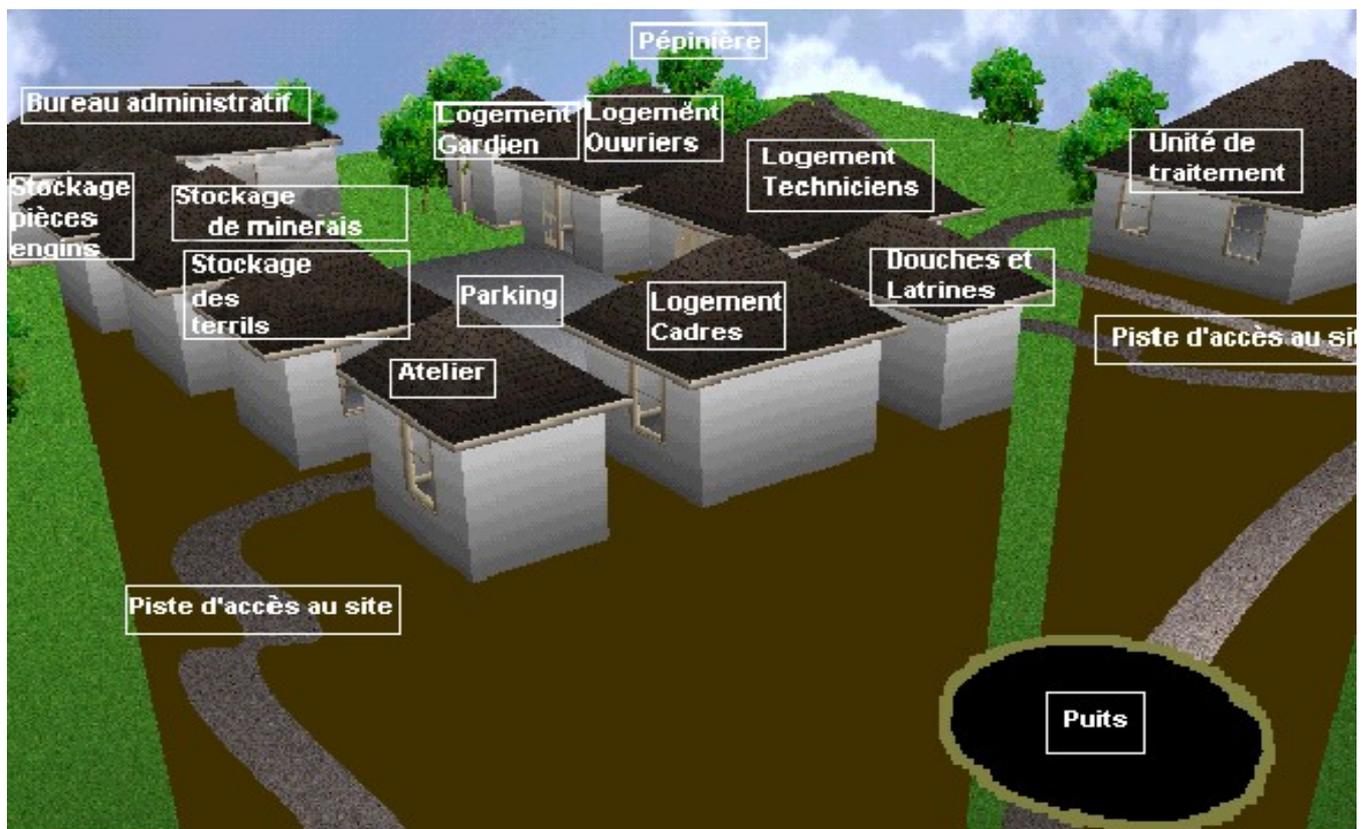
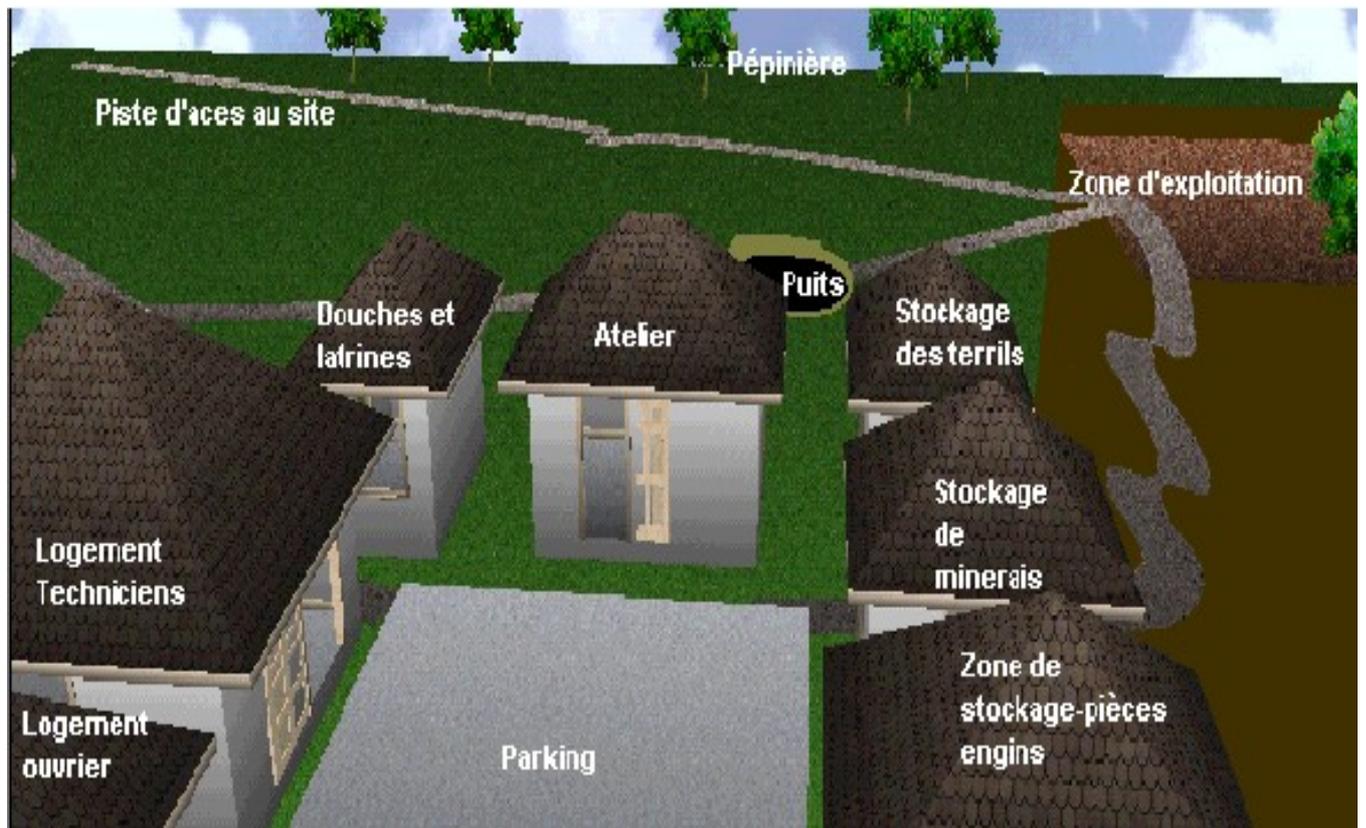


Figure V.2.2 : Vue globale de site

Les infrastructures de l'exploitation sont composées essentiellement :

- Des constructions servant d'habitation au personnel
 - De l'atelier de réparation et d'entretien avec tous leurs accessoires y compris l'alimentation du site en énergie électrique.
- Des voies d'accès aux gisements et entre les différents secteurs de travail.
- Du chantier d'extraction(carrière)
- De la laverie des tout-venants.
- De la zone de stockage de minerai utile
- De la verse à stériles

Le carreau mines est composé essentiellement des installations servant de bureaux, d'habitation, d'ateliers mécanique et électrique.

Les voies d'accès sont constituées d'une série de pistes qui relient le carreau aux différents points du site.

Le chantier d'extraction concerne les zones d'exploitation proprement dites où se côtoient les engins d'extraction et de chargement(pelles) et de transport (camions).

La zone de traitement est réservée à l'emplacement des matériels destinés au lavage, au calibrage par méthode gravimétrique des tout-venants et à la séparation des minéraux utiles des stériles.

Enfin, la verse à stériles concerne la zone où se trouvent les rejets provenant des unités de traitement.

V.3 - Travaux préparatoires et infrastructures :

Ces travaux comprennent la construction des plates formes, des pistes et des surfaces pour les déblais et les stocks de minerais utiles. Le choix de l'implantation des plates-formes doit tenir compte de l'éloignement de toute zone pouvant polluer l'atmosphère et de la possibilité d'extension du gisement.

En premier lieu, on doit aménager les pistes qui relient les différents accès à la carrière et l'usine de traitement.

Dans le carreau mines, la construction des bureaux et logements ainsi que du hangar d'entretien des engins doit être prise en compte.

Au chantier d'exploitation, on envisage un espace pour la mise en place de l'unité de traitement des minerais, des bassins d'appoints et de décantation-recyclage des eaux.

Opérations	Désignation	Durée moyenne d'exécution [jours]
• Déplacements vers site, rituel et aménagement du lieu de campement	a	5
• Etudes géologiques détaillée délimitation zone à exploiter	b	45
• Aménagement : -voies d'accès -site carreau mines	c	1
	c	3
• Installation et construction de logements, hangar, unité de traitement	d	90
• Etude d'impacts sur l'environnement	e	60
• Préparation prioritaire	f	60

Tableau V.3.1 : Les travaux et la durée d'exécution d'installation pré-exploitation

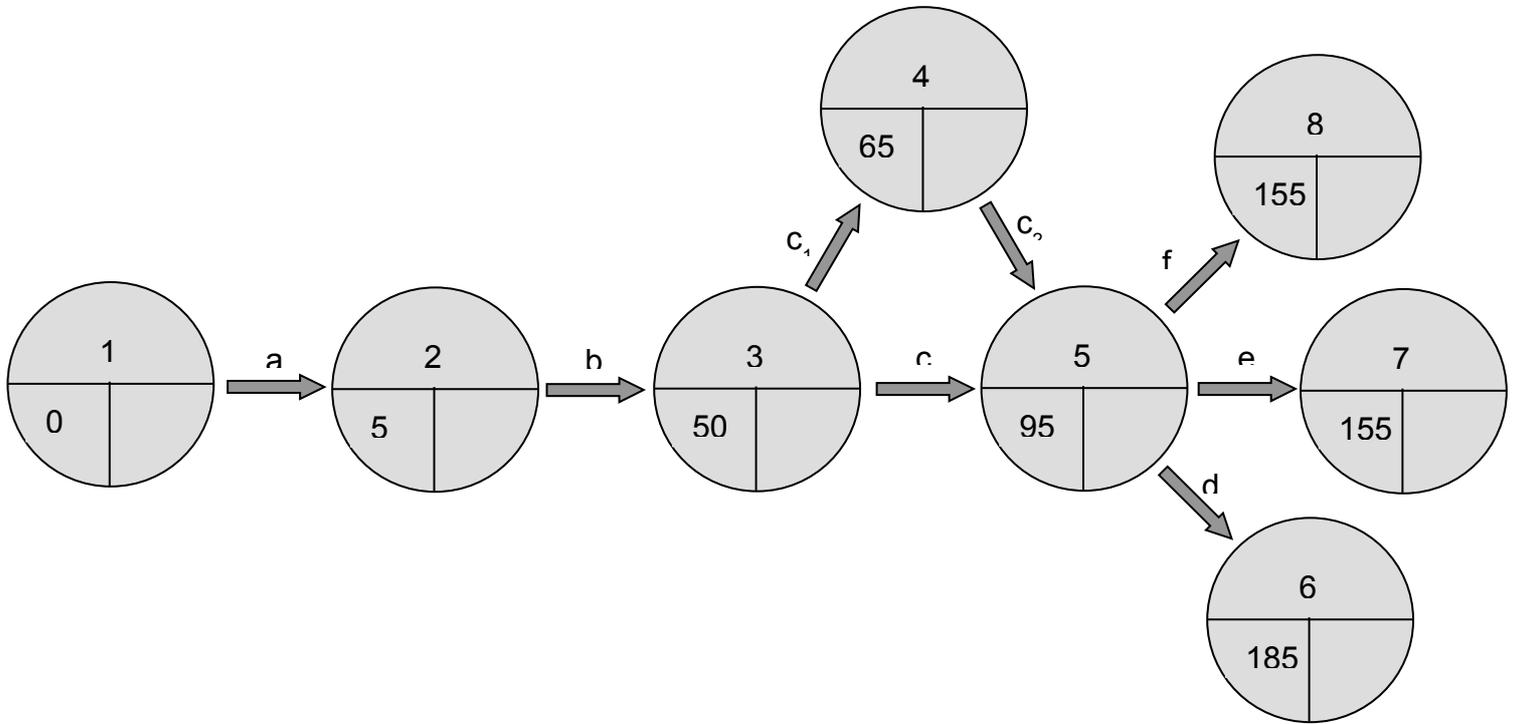


Figure V.3.1 : Le graphe PERT associé à la Pré-exploitation

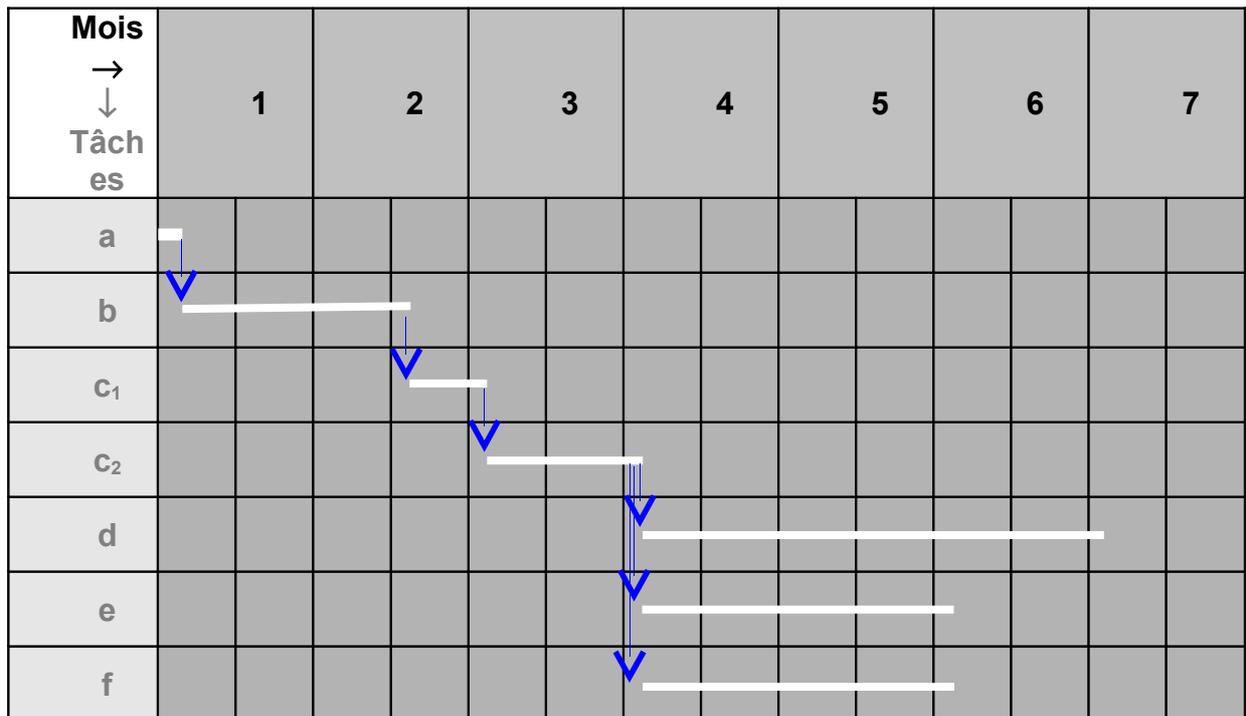


Figure V.3.2 : Le diagramme de GANTT de pré-exploitation

V.4 - L' exploitation :

V.4.1 - Les différentes phases de l'exploitation :

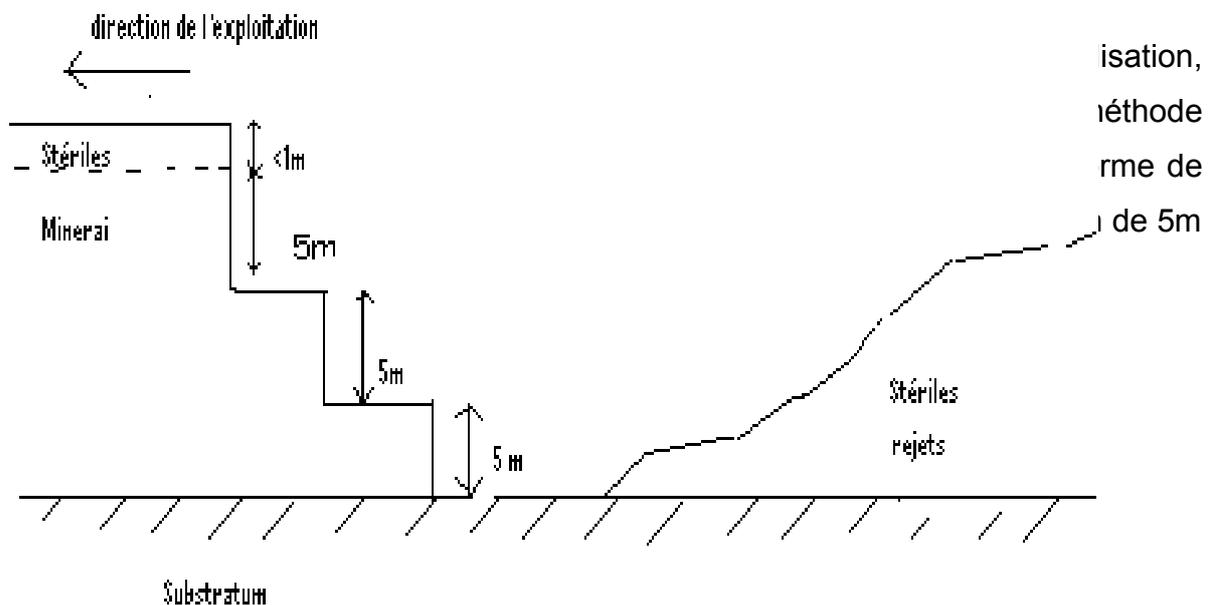
L'exploitation comprend deux phases :

- Phase 1 : action de découverte (décapage)
- Phase 2 : extraction du minerai.

L'action de décapage concerne le défrichage des couvertures végétales à l'aide d'un bulldozer et la conservation des terres végétales et morts – terrains dans un endroit de conservation propice pour la réhabilitation ultérieure.

Après l'opération de décapage, on entame l'extraction du minerai suivant un mode et une méthode d'exploitation adaptés à la nature et aux caractéristiques du gisement.

V.4.2 - Choix du mode et de la méthode d'exploitation :



FigureV.4.2.1 : Schéma de la fosse

Le minerai est transporté par un camion vers l'usine de traitement située à 250m au Sud -Est du gisement

Le stérile et les rejets provenant de l'usine de traitement sont remblayés à l'arrière pour remplir l'espace vide créé par l'exploitation. Cette opération évite des dépenses en plus pour la remise en état du site après exploitation.

, l'organisation du travail se présente comme suit :

Opérations	Désignation		Durée moyenne d'exécution [j]
<ul style="list-style-type: none"> • Opération de découverte [bulldozer] <li style="padding-left: 20px;">-terre végétale : a_1 <li style="padding-left: 20px;">-mort terrain : a_2 	a	a_1	30
		a_2	15
<ul style="list-style-type: none"> • Traçage des fronts d'exploitation 	b		15
<ul style="list-style-type: none"> • Extraction, chargement, transport pour traitement, lavage et séparation, récupération du saphir et exhaure 	c		190
<ul style="list-style-type: none"> • Stockage gangue et transport vers l'espace vide créé par l'extraction du minerai. 	d		190

Tableau V.4.2.1 : Les travaux et la durée d'exploitation

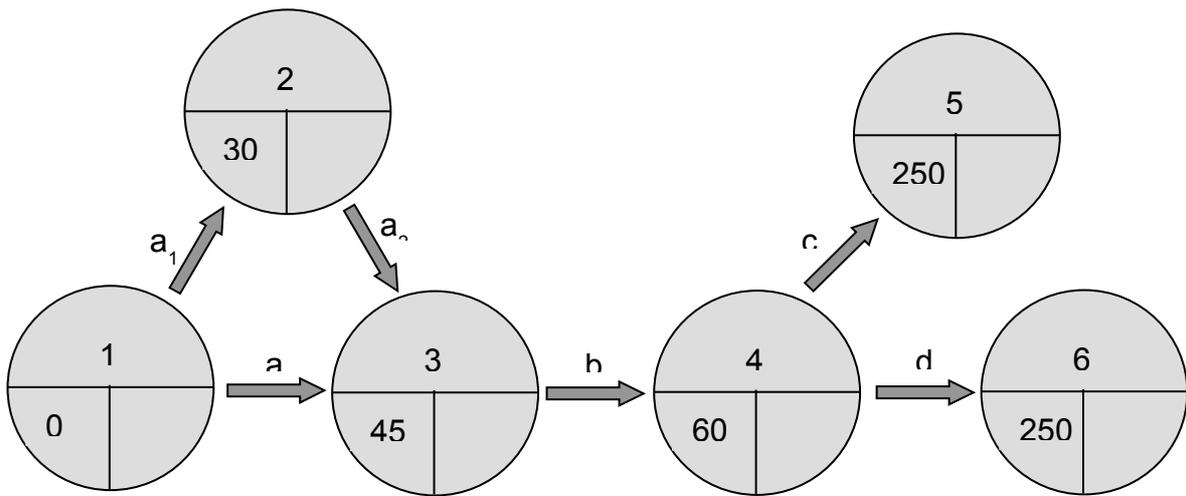


Figure V.4.2.2 : Le graphe PERT associé à l'exploitation

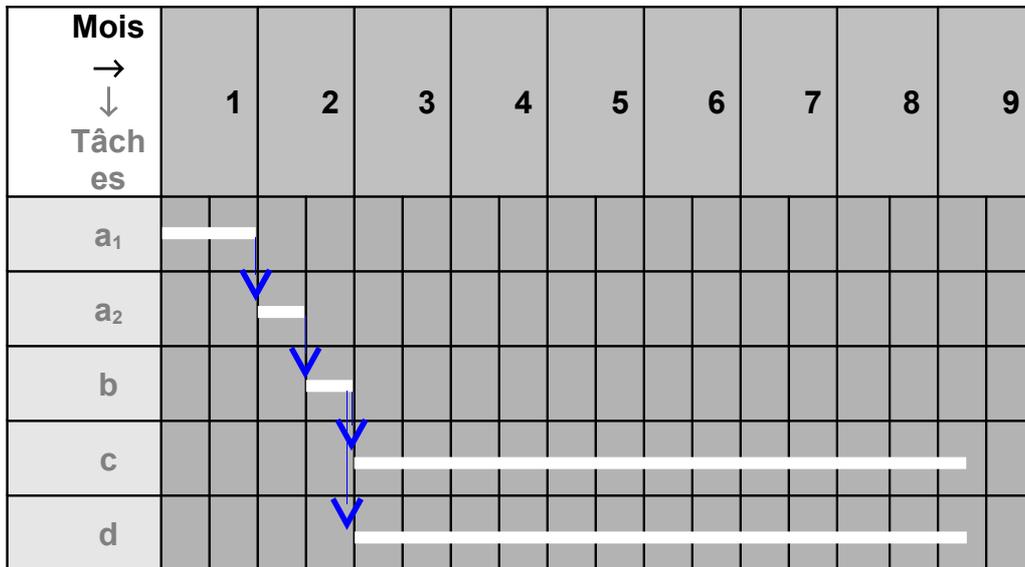


Figure V.4.2.3 : Diagramme de GANTT d'exploitation

V.4.3 - Opération de décapage :

La gangue est principalement constituée par une formation superficielle de cuirasses ferrugineuses, ainsi que des alluvions récentes constitués par des dépôts des terres rouges et des sables rares.

Les volumes à décaper dépendent du niveau de production annuelle qu'on veut atteindre.

Détermination du ratio de décapage

Le ratio de décapage se définit comme étant la quantité moyenne de stérile à déplacer pour extraire une unité de minerai. Il est le facteur essentiel du prix de revient d'une exploitation. C'est pourquoi, par suite de l'avancement des travaux, si le ratio de décapage devient trop élevé et incompatible avec les conditions économiques, on devrait prendre les décisions adéquates. Compte tenu des données diverses tel que le prix du mètre cube de décapage, le prix du minerai, on déterminera alors le ratio global de décapage comme suit :

Le ratio global de décapage serait donc

$$R = \frac{V_{\text{stérile}}}{V_{\text{minerai}}}$$

$V_{\text{stérile}}$ = volume du stérile

V_{minerai} = volume du minerai

$$\text{AN : } R = \frac{V_{\text{stérile}}}{V_{\text{minerai}}}$$

$$R = 2/1 = 1$$

C'est un des facteurs qui conditionnent l'exploitation du gisement. Notons que ce ratio de décapage varie au fur et à mesure que l'exploitation progressera en profondeur.

V.4.4 - Opération d'abattage :

La structure interne exacte des couches minéralisées du pegmatite n'est pas encore bien connue, il est donc conseillé d'éviter l'abattage à l'explosif. L'abattage se fera par une pelle chargeuse sur chenille afin de conserver la minéralisation.

V.4.5 - Exhaure :

Pour résoudre le problème d'évacuation d'exhaure qui se présente déjà après ,un forage d'environ 6 m de profondeur sur place, l'évacuation de l'eau se fait à l'aide d'une pompe à eau(motopompe) vers la surface à environ 20 à 30 m du chantier selon le schéma suivant :

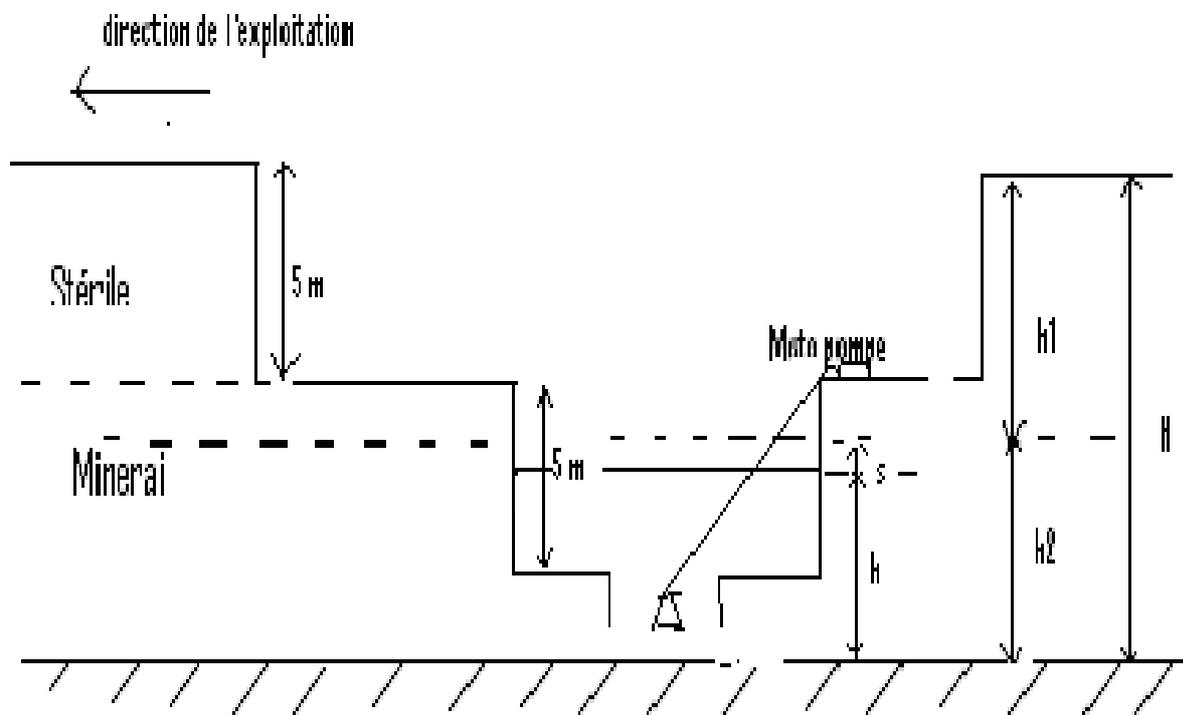


Figure IV 4 5 1 : Schéma d'évacuation de l'eau

L'utilisation d'une motopompe de débit nominal de 50 à 80 m³ est souhaitable pour résoudre tout problème d'exhaure.

V.4.6 - Choix des matériels :

V.4.6.1 - Introduction :

Le choix de matériels d'exploitation dépend de :

- La nature des matériaux en place ;
- Le rythme de la production journalière ;
- Les critères de plus bas prix de revient et de ventilation des matériels ;

- Les conditions de chantier (pente, adhérence et portance du sol).

Comme le rythme d'exploitation est fixé, il faudrait orienter le choix sur les matériels qui seraient aptes à satisfaire ces exigences.

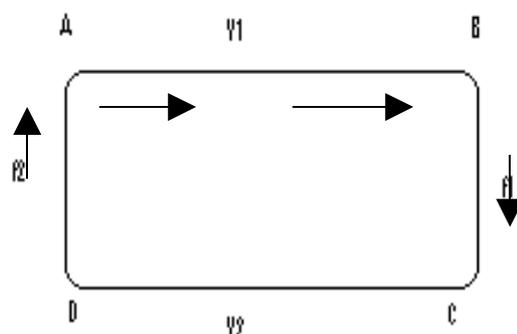
Pour le temps de travail, nous prévoyons 10 mois de travail effectif (pendant la saison des pluies et de cyclones, le chantier est fermé) et 25 jours de travail pendant un mois et 8 heures de travail par jour.

V-4-6-2 Matériels de transport, d'abattage, et de décapage :

On a besoin de camion pour transporter les stériles du chantier vers le point de décharge et le minerai tout venant vers la laverie.

Comme ces points de décharge seront implantées à 250 m de la carrière, les engins de transport doivent satisfaire aux conditions techniques imposées par le trajet :

- Schéma du trajet de l'engin de transport





FigureV.4.6.2..1 : Le schéma du trajet

Avec :

V_1 : Parcours aller en charge A vers B durant t_{v1}

f_1 : manœuvre de déchargement B vers C durant t_{f1}

V_2 : Parcours retour à vide C vers D pendant une durée de t_{v2}

f_2 : manœuvre de chargement D vers A durant t_{f2}

Notons :

$t_v = t_{v1} + t_{v2}$, temps variable

$t_f = t_{f1} + t_{f2}$, temps fixe

V_1 : vitesse à l'aller = 25 km/h

V_2 : Vitesse au retour = 30 km/h

$t_{f1} = 3\text{mn}$

$t_{f2} = 6\text{ mn}$

On en déduit :

$t_f = 9\text{ mn}$

$$t_v = \frac{0,25 \times 60}{25} + \frac{0,25 \times 60}{30} = 1,1\text{mn}$$

avec $T = t_f + t_v$

et la durée totale du cycle T est égale à :

$T = 10,1\text{ mn}$

Le nombre de cycles d'un camion pour le transport de stérile est :

$n = t_e / T$, avec t_e , temps de travail effectif = 50 mn

$n = 50 : 10,1 = 5\text{ cycles par heure}$

En une heure, un camion chargé de 7 m^3 peut transporter :

$V_m = 7\text{m}^3 \times 5\text{ cycles/h} = 35\text{ m}^3/\text{h}$.

a°/ Matériels lourds :

- **Un camion benne** de marque Renault dont les caractéristiques sont rassemblées au tableau suivant, conviendra bien à ce type de transport :

Paramètres	Unités	Caractéristiques
Modèle		KERAX
Puissance au volant	CV	350
Capacité	m ³	7
Poids	tonne	19
Consommation	l / 100 km	40 lit / 100
Prix	€	82 072,881
	FMG	1 210 575 000

Tableau V.4.6.2. 1 : Caractéristiques du camion (**NB** : Source MADAUTO Akoronrano)

On a choisi les différents engins suivants selon leur utilisation :

- **Bulldozer** (défrichage des couvertures végétales) :

Paramètres	Unités	Caractéristiques
Type		D5NXL
Moteur		3126B
Puissance au volant	kW/CV	86/115
Poids en ordre de marche	kg	12 820
Lame	V	en V

Prix	€	138 866,420
	FMG	2 048 279 700

Tableau V.4.6.2.2 : Caractéristiques du bulldozer (**NB** : Source MADAUTO Akoronrano)
- **Pelle hydraulique** (décapage, extraction et chargement) :



Figure V.4.6.2.1.a.3 : Photo de pelle hydraulique

1.

Paramètres	Unités	Caractéristiques
Type		320 CLN
Moteur		3066ATAAC
Puissance au volant	kW/CV	103/138
Poids en ordre de marche	kg	21 415
Portée / profondeur		9,16 / 6,40
Prix	€	157 677,680
	FMG	2 325 745 785

Tableau V.4.6.2.3 : Caractéristiques de pelle hydraulique

- Chargeur sur pneus :



Figure V.4.6.2.2: Photo de chargeur sur pneus

Paramètres	Unités	Caractéristiques
Type		938GII
Moteur		3126B ATAAC-4EHI
Puissance au volant	kW/CV	119/160
Poids en ordre de marche	kg	14 300
Capacité	m ³	2,3 - 3

Prix	€	138 004,881
	FMG	2 035 572 000

Tableau V.4.6.2.4 : Caractéristiques de chargeur sur pneu

b°/ Autres :

- Marteau perforateur :

Paramètres	Unités	Caractéristiques
Marque		ATLAS COPCO, WACKER
Type		RH57-5L
Puissance	kW	1,1
Consommation d'air	l / s	39 (électrique)
Pression de service	bar	6
Prix avec accessoire	€	5 305,139 à 2135,620
	FMG	78 250 800 à 31 500 400

Tableau V.4.6.2.5 : Caractéristiques des marteaux perforateurs

- Groupes électrogène :

Paramètres	Unités	Caractéristiques	
Puissance	KVA / CV	135/6,11	4,5-Diesel / 183,42
Prix avec accessoire	€	17 470,237	1 149,152
	FMG	257 686 000	16 950 000

Tableau V.4.6.2.6 : Caractéristiques des groupes électrogènes

- Compresseur :

Paramètres	Unités	Caractéristiques		
Marque		ATLAS COPCO	ATLAS COPCO	ATLAS COPCO
Type		XAS 97DD	XAMS 455MD	XRHS 485
Puissance	kW /CV	36 / 48,91	206 / 279,89	329 / 447,02
Débit	m ³ / mn	21	26,1	28,8
Pression de service	bar	7	8,6	20
Prix avec accessoire	€	16 727,119	54 594,915	62 830,373
	FMG	246 725 000	805 275 000	926 748 000

Tableau V.4.6.2.7 : Caractéristiques de compresseur

- Motopompe

Paramètres	Unités	Caractéristiques
Marque		YAMAR
Type		TF 140 H
Débit	m ³ /h	89
Puissance	CV	5,5
Pression de service	bar	7

Prix avec accessoire	€	1 211,864
	FMG	17 875 000

TableauV.4.6.2.8 : Caractéristiques du motopompe

- Atériels de forage : ROC 460 HF

Paramètres	Unités	Caractéristiques	
Marque		ATLAS COPCO	ATLAS COPCO
Type		442 PC -35 -115mm	ROC 460 HF
Pression de service	bar	7	7
Prix avec accessoire	€	424 472,881	487 674,480
	FMG	6 260 975 000	7 193 198 584

TableauV.4.6.2.9: Caractéristiques des matériels de forage

NB : Sources Caterpillar Akorondrano

V.4.7 - Evaluation de la production annuelle et Séquence d'exploitation :

En admettant que pendant 2/3 de temps de travail par jour le camion transporte du minerai vers la laverie et il transporte du stérile le temps qui reste, le volume de V_m de minerai transporté par jour par camion est de :

$$V_m = 35 \times 8 \times 2/3 = 186.666m^3 \text{ par jour}$$

Ceci correspond à une production annuelle de saphir M_{gv} égale à :

$$M_s = V_m \times 190 \text{ j} \times 0,20g/ m^3 = 7093,308g$$

Arrondi à :

$$M_s = 7093g$$

Dans notre étude, on évaluera le projet pour une durée de 10 ans d'exploitation correspondant à une production moyenne annuelle de 35466,666m³ de minerai qui donnent :

M_s 7093 g de saphir brut.

La séquence d'exploitation sera donc résumée par le tableau suivant selon la capacité annuelle, illustrée dans ce tableau suivante :

Année	Capacité de production	Qté minerai extrait [m ³]	Qté de saphir saphir.brute(g)	Qté de saphir saphir.taillée(g)	Qté de saphir saphir.taillée (ct)
1	60	21 280	4256	1702,40	8512,00
2	87,5	31033,333	6207	2482,67	12413,33
3	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
4	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
5	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
6	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
7	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
8	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
9	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
10	100	35466,67	7093	2837,33	14186,67
Total		336046,660	67209	26883,73	134418,66

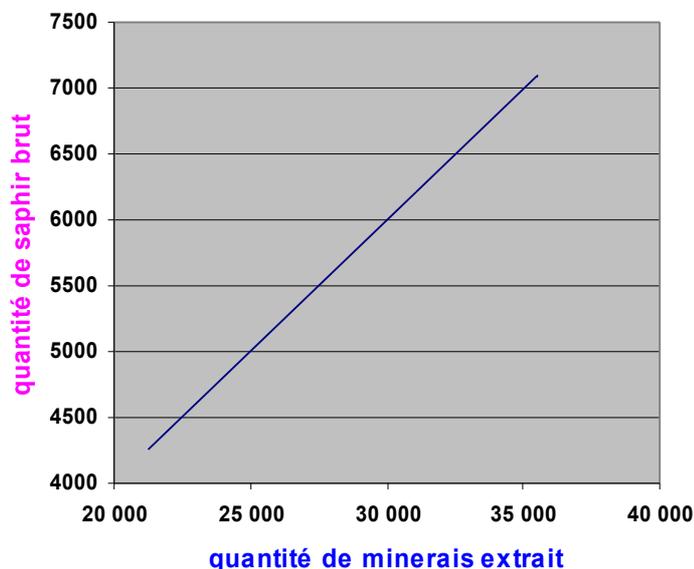
Teneur = 0,20g / m³

Rendement à la taille = 40%

ct : carat, Qté : Quantité

Tableau V.4.7.1 : La séquence d'exploitation annuelle

courbe1 de séquence d'exploitation



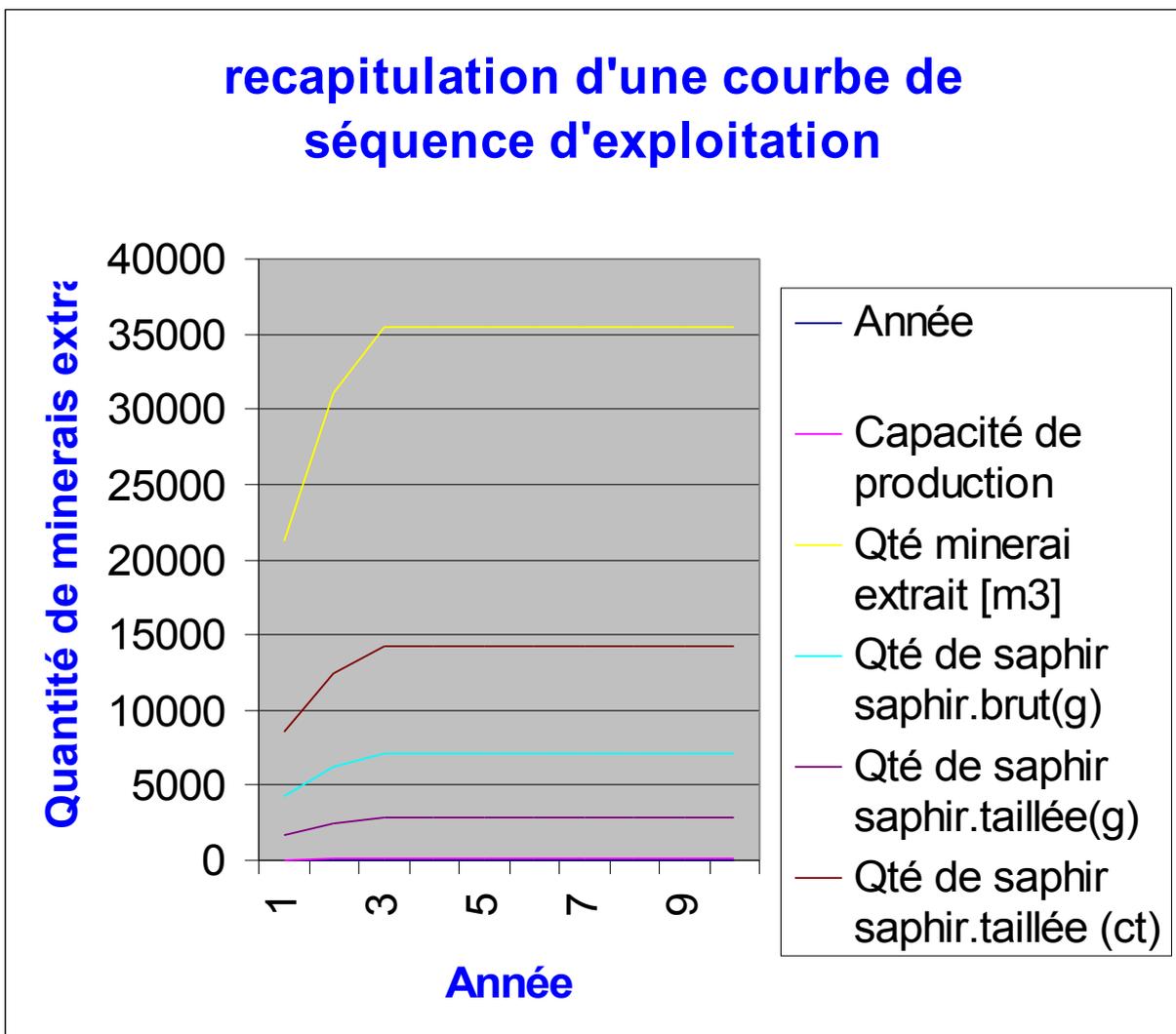
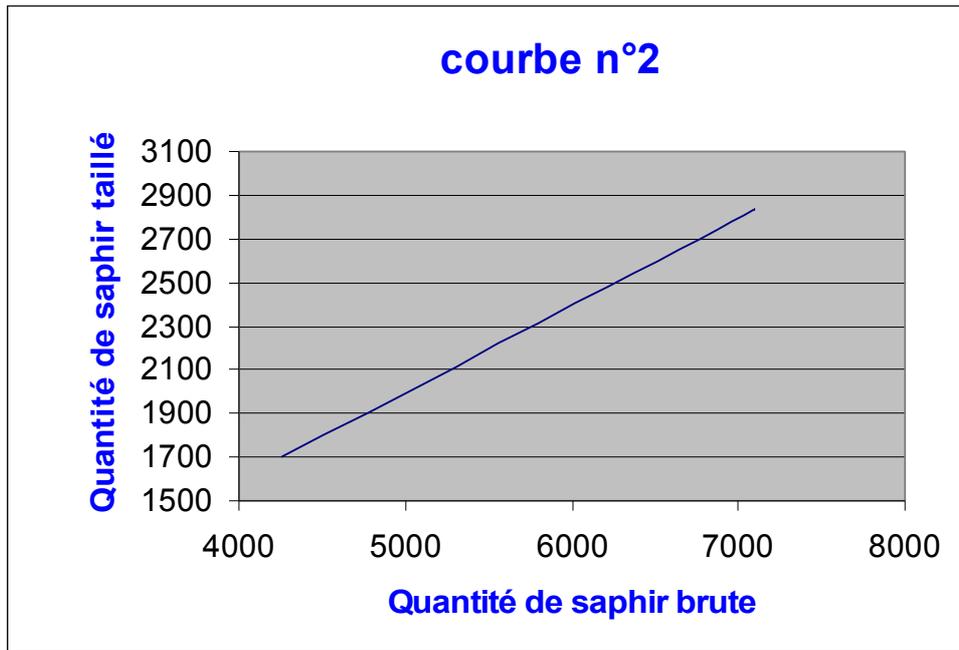


Figure V.4.7.1 : Les courbes dues aux séquences d'exploitation

V.5 -Traitement de minerai :

V.5.1 - Introduction :

Le traitement des minerais est l'ensemble des procédés et de techniques de préparation, de séparation et d'épuration et de taille des espèce minérales de valeur à partir du tout venant.

Nous séparons en deux étapes le processus de traitement :

- La préparation, la séparation et l'épuration des substances minérales
- La taille

V.5.2 - La préparation, la séparation et l'épuration des espèces :

Pour la préparation, la séparation et épuration des substances minérales, nous adoptons le flow sheet suivant :

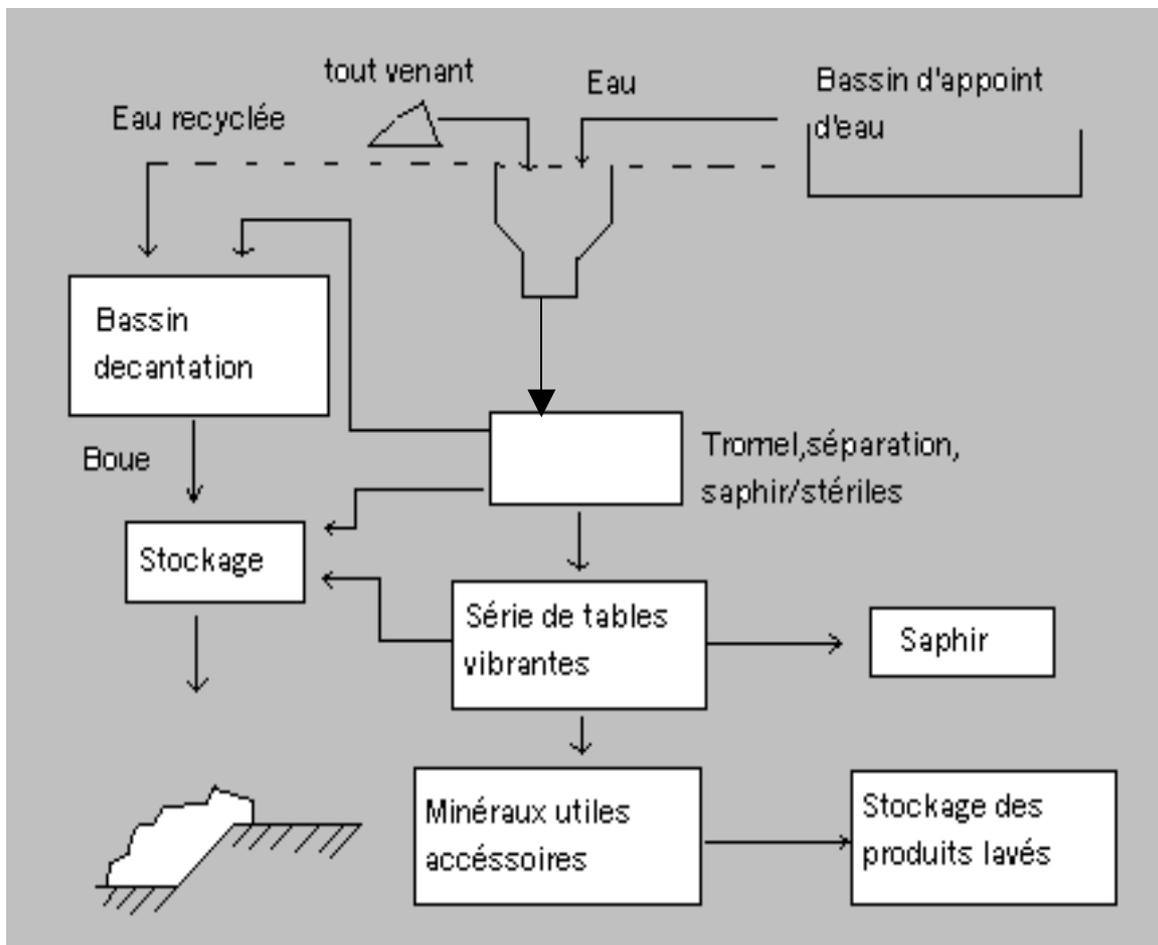


Figure V.5.2.1 : Flow - sheet de traitement

On met le tout venant dans un bassin d'appoint d'eau, après , on sépare le saphir et les stériles par une série de tables vibrantes .Le minerais utile est alors récupéré.

V.5.3 - La taille :

Un atelier de taille est prévu dans le cadre de ce projet pouvoir vendre des pierres taillée. L'atelier sera équipé des matériels de lapidaire comme de facetteuses avec diviseur mécanique, des cabochonneuses et des polisseuses, etc. ..., qui permettent de faire de bonne taille respectant les normes internationaux . L'atelier sera implanté à Antananarivo.

CHAPITRE VI: EVALUATION ECONOMIQUE

VI.1 - Introduction :

L'estimation de la production annuelle et les techniques appropriées pour l'exploitation et la taille nous permettent d'analyser les coûts pour l'analyse du projet.

Cette partie sera divisée en deux :

- L'évaluation financière
- L'évaluation socio-économique

VI.2 - Evaluation financière :

L'évaluation financière détermine les Investissements totaux et la rentabilité financière de l'entreprise

VI.2.1 - Structure de l'entreprise :

Nous adoptons l'organigramme suivant:

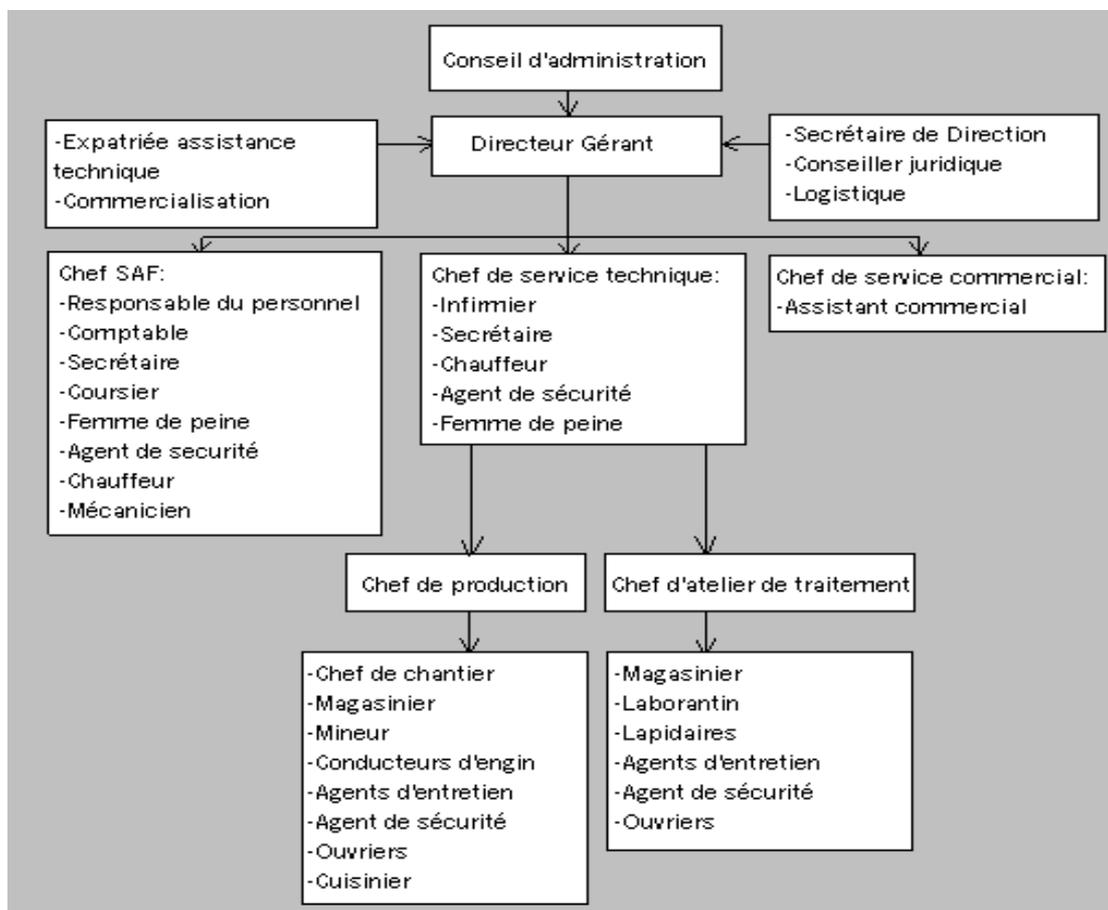


Figure VI.2.1.1 : Organigramme de l'entreprise minière

VI.2.2 - Analyse des coûts des investissements fixes :

Les dépenses en Investissements fixes sont constituées par l'immobilisation incorporelle (ingénierie, étude ...) ; les coûts des matériels techniques, les matériels de campement ; les frais d'aménagement, réhabilitation et de construction ; les frais de remise en états du site (protection de l'environnement) et les mobiliers de bureau

RUBRIQUES	Unité	Qté	P. U.[10 ³ FMG]	Coût de l'opération		Coût total FMG [10 ³]
				FMG [10 ³]	USD	
1. Petits matériels d'exploitation						
- Barre à mines	unité	4	38,000	152,000		152,000
- Gila	unité	7	8,500	59,500		59,500
- Masse de : - 5kg	unité	1	52,000	52,000		52,000
- 3kg	unité	1	35,000	35,000		35,000
- 2kg	unité	1	22,500	22,500		22,500
- Pelles	unité	7	8,000	56,000		56,000
- Bêches	unité	6	9,000	54,000		54,000
- Piques	unité	6	15,000	90,000		90,000
- Taforana	unité	1	60,000	60,000		60,000
- Sceaux en fer	unité	3	70,000	210,000		210,000
- Poulie	unité	1	20,000	20,000		20,000
- Cable	m	30	6,000	180,000		180,000
- Brouettes	unité	5	130,000	650,000		650,000
ST 1				1641,000		1641,000

RUBRIQUES	Unité	Qté	P. U.[10 ³ FMG]	Coût de l'opération		Coût total FMG [10 ³]
				FMG [10 ³]	USD	
2. Petits matériels motorisés et générateurs						
- Moto pompe	unité	1	17875,000		1 722,062	17875,000
- Marteau perforateur WACKER	unité	1	31500,400		3 034,721	31500,400
- Marteau perforateur ATLAS COPCO RH571 -5L	unité	1	78250,800		7 538,613	78250,800
- Fleuret	lot	1	26 526,500		2 555,539	26526,500
- Groupe électrogène oscar Diesel 4,5 kva	unité	1	16 950,000		1 632,948	16950,000
- Compresseur ATLAS COPCO XAS97 DD	unité	1	246 725,000		23 769,268	246725,000
- Compresseur ATLAS COPCO XRHS	unité	1	926 748,000		89 282,081	926748,000
- Groupe électrogène 135 KVA	unité	1	257 686,000		24 825,241	257686,000
ST2					154 360,472	1602261,700
3. Gros matériels d'exploitation						
- Bulldozer D5NXL	unité	1	2048279,700		197 329,451	2048279,700
- Pelle hydraulique 320 CLN	unité	1	2 325 745,785		224 060,288	2325745,785
- Chargeur sur pneus CAT 938 GII	unité	1	2 035 572,000		196 105,202	2035572,000
ST3					617 494,941	6409597,485
4. Matériels de de transport						
- Camion benne	unité	1	1 210 575,000		116 625,723	1210575,000
- Voiture 4x4	unité	2	700 000,000		134 874,759	1400000,000
- Voiture légère	unité	1	300 000,000		28 901,734	300000,000
ST4					280 402,216	2910575,000
5. Matériels de traitement						
- Matériels de préparation, séparation et épuration	lot	1	2 500 000,000		240 847,784	2500000,000
- Matériel de Lapidaire	lot	1	300 000,000		28 901,734	300000,000
ST5					269 749,518	2800000,000

RUBRIQUES	Unité	Qté	P. U.[10 ³ FMG]	Coût de l'opération		Coût total FMG [10 ³]
				FMG [10 ³]	USD	
6. Matériels de prospection						
- GPS, marteau du géologue, boussole,..	lot	1	17 000,000		1 637,765	17000
- Equipement de forage de prospection monté sur chenille	lot	1	7 193 198,584		692 986,376	7193198,584
ST6					694 624,141	7210198,584
7. Equipement des ouvriers	lot	1	14 000,000	14 000,000		14 000,000
ST7				14 000,000		14 000,000
8. Petits matériels et outillage						
- Balance à gramme et à carat,	unité	1	3 800,000		366,088632	3800,000
- Balance 0 à 100 kg	unité	1	150,000	150,000		150,000
- Pompe à graisse	unité	1	45,750	45,750		45,750
- Boîte de clés complète(Facom)	unité	1	3 500,000	3500,000		3500,000
- Appareil de filetage	unité	1	97,500	97,500		97,500
- Outillage divers pour entretien	lot	1	4 000,000	4000,000		4000,000
ST8				7 793,25	366,09	11593,250
9. Divers						
- Citerne	unité	1	11 000,00		1059,730	11000,000
- Climatiseurs, Sanitaires, frigo, TV, Vidéo projecteur, ...	lot	1	155 000,00		14932,563	155000,000
ST9					15 992,293	166000,000
Coût des matyériels techniques				23 434,25	2 032 989,669	21125867,019
10. Matériel de campement						
- Matériels de campement	unité	2	3 000,000	6 000,00		6000,000
ST10				6 000,00		6000,000

11. Matériels et mobiliers de bureau						
- Informatiques et accessoires	lot	1	100 000,000	100 000,000		100000,000

- Photocopieuse	unité	1	50 000,000	50 000,000		50000,000
- Imprimante	unité	4	1 200,000	4 800,000		4800,000
- Poste téléphonique	unité	3	2 500,000	7 500,000		7500,000
- Poste téléphonique mixte (avec fax)	unité	1	10 000,000	10 000,000		10000,000
- Mobiliers de bureau	lot	1	25 000,00	25 000,000		25000
ST11				197 300,000		197300,000
Total ST1 à ST11				226 734,250	2 032 989,669	21329167,019
12. Frais d'installation et de transport (10% coût matériels)	lot	1		22 673,425	203 298,967	2 132 916,702
ST12				22 673,425	203 298,967	2 132 916,702
13. Construction, Aménagement et réhabilitation						
- Construction habitation	unité	10	80 000,000	800 000,000		800 000,000
- Réhabilitation, aménagement et entretien routier	lot	1	400 000,000	400 000,000		400 000,000
- Parc de débarras	lot	1	150 000,000	150 000,000		150 000,000
ST13				1 350 000,000		1 350 000,000
14. Remise en état du site	lot	1	70 000,000	70 000,000		70 000,000
ST14				70 000,000		70 000,000
15. Etude géologique détaillée	lot	1	2 069 067,000	413 813,400	159 465,665	2 069 067,000
ST15				413 813,400	159 465,665	2 069 067,000
ST1 à ST15				2 083 221,075	2 395 754,301	26 951 150,721
16. Coûts ingénierie - Etudes (15% ST1 à ST15)	lot	1		312 483,161	359 363,145	4 042 672,608
ST16				312 483,161	359 363,145	4 042 672,608
ST1 à ST16				2 395 704,236	2 755 117,446	30 993 823,329
Imprévus (5%)				119 785,212	137 755,872	1 549 691,166
Total des coûts des Investissements fixes				2 515 489,448	2 892 873,319	32 543 514,495
			Répartition en %	7,729618288	92,27038171	100

Tableau VI.2.2.1 : La ventilation des coûts des investissements fixes

Rubrique	Monnaie Locale [10 ³ FMG]	Devises USD	Total [10 ³ FMG]
Immobilisations incorporelles	726 296,561	518 828,810	6 111 739,608
Construction, aménagement	1 350 000,000		1 350 000,000
Protection de l 'environnement	70 000,000		70 000,000
Matériels techniques	23 434,250	2 032 989,669	21 125 867,019
Matériels de campement	6 000,000		6 000,000
Mobiliers et matériels de bureau	197 300,000		197 300,000
Frais d'installation et transport	22 673,425	203 298,967	2 132 916,702
Imprévus	119 785,212	137 755,872	1 549 691,166
TOTAL I_f	2 515 489,448	2 892 873,319	32 543 514,495
% Pourcentage	7,73	92,27	100

Tableau VI.2.2.2 : La répartition des parts des coûts d'investissements fixes en monnaie locale et en devises

Avec

1 USD = 10380 fmg, cours d'échange du 28/09/2004

Soit un investissement fixe I_f = 32 543 514,495 [10³Fmg]

VI.2.3 - Ventilation du frais du personnel :

a°/ Personnel administratif :

Fonction du personnel	Effectif	Salaires mensuels / agent	Charges sociales mensuelles / agent	Total mensuel/ fonction	Total annuel / fonction
Direction					
- Directeur Gérant	1	6 750 000	1350000	8 100 000	97200000
Conseiller juridique	1	3 500 000	700000	4 200 000	50400000
- Secrétaire de direction	1	1 800 000	360000	2 160 000	25920000
- Chauffeur mécanicien	1	650 000	130000	780 000	9360000
- Agent de sécurité	2	475 000	95000	1 140 000	13680000
- Coursier	1	300 000	60000	360 000	4320000
- Femme de peine	1	300 000	60000	360 000	4320000
ST1	8			17 100 000	205200000
Service Administratif et Financier					
- Chef SAF	1	2 000 000	400000	2 400 000	28800000
- Comptable	1	1 500 000	300000	1 800 000	21600000
- Secrétaire	2	1 000 000	200000	2 400 000	28800000
- Responsable personnel	1	1 500 000	300000	1 800 000	21600000
ST2	5			8 400 000	100800000
Service Commercial					
- Chef Service Commercial	1	1 850 000	370000	2220000	26640000
- Assistant Commercial	1	1 600 000	320000	1920000	23040000
ST3	2			4140000	49680000
Total ST1 à ST3	15			29 640 000	355 680 000
Service Technique					
- Chef	1	2 750 000	550000	3300000	39600000
- Infirmier	1	1 250 000	250000	1500000	18000000
- Secrétaire	1	1 500 000	300000	1800000	21600000
- Chauffeur mécanicien	1	650 000	130000	780000	9360000
- Agent de sécurité	2	850 000	170000	2040000	24480000
- Femme de peine	1	300 000	60000	360000	4320000
ST4	7			9780000	117360000
Total Personnel Admin.	22			39 420 000	473 040 000

b°/ Personnel opérationnel :

Fonction du personnel	Effectif	Salaires mensuels / agent	Charges sociales mensuelles / agent	Total mensuel/ fonction	Total annuel / fonction
Production					
- Chef de chantier	1	2 000 000	400000	2400000	28800000
- Magasinier	1	650 000	130000	780000	9360000
- Mineur	1	650 000	130000	780000	9360000
- Conducteur d'engins	3	1 500 000	300000	5400000	64800000
- Agents d'entretien	2	650 000	130000	1560000	18720000
- Agents de sécurité	2	850 000	170000	2040000	24480000
- Ouvriers	3	450 000	90000	1620000	19440000
- Cuisinier	1	450 000	90000	540000	6480000
ST 5	14			15120000	181440000
AtelierTraitement					
- Chef d'atelier	1	2 000 000	400000	2400000	28800000
- Laborantin	1	1 500 000	300000	1800000	21600000
- Magasinier	1	650 000	130000	780000	9360000
- Lapidaires	2	1 500 000	300000	3600000	43200000
- Agents d'entretien	1	650 000	130000	780000	9360000
- Agents de sécurité	2	850 000	170000	2040000	24480000
- Ouvriers	3	450 000	90000	1620000	19440000
ST 6	11			13020000	156240000
Total Pers. opération.	25			28140000	337680000
Vivres/chantier*				3792000	45504000
Total Frais de pers.	47			71 352 000	856224000
*10% du total ST4 à ST6					

Tableau VI.2.3.ab.1 : Le frais de personnel

c°/ Coût de formation et d'assistance technique :

Des techniciens spécialisés d'origine européenne vont diriger la formation du personnel, la formation concerne la conduite des engins, l'exploitation minière et le traitement des minerais y compris la taille. La période de formation et d'assistance technique durera 3 mois.

Après ces 3 mois, le chef de chantier et le chef d'atelier dirigeront respectivement toutes les opérations au niveau de la carrière et de l'atelier.

Désignation	Nombre	Salaire en USD			Total [10 ³ FMG]		
		Mensuel	Trimestriel	Annuel	Mensuel	Trimestriel	Annuel
Assistant technique	1	10 000	30 000	120 000	103 800	311 400	1 245 600
Technicien d'extraction	1	10 000	30 000	120 000	103 800	311 400	1 245 600
Technicien machiniste	1	8 000	24 000	96 000	83 040	249 120	996 480
Lapidaire	1	8 000	24 000	96 000	83 040	249 120	996 480
Frais aller-retour	4	1 200	4 800	19 200	12 456	49 824	199 296
Total	8	37 200	112 800	451 200	386 136	1 170 864	4 683 456

TableauVI.2.3.c.1 : La rémunération des techniciens d'origine européenne

VI.2.4 - Coût d'achat de carburant et lubrifiant :

Dans nos calculs le coût d'achat du lubrifiant est évalué à 30% du coût du Carburant

a°/ Engins et générateur :

Pour évaluer les coûts de carburant consommés par les engins, nous utilisons les formules données par les constructeurs :

$$C_s = 0,077 \times N \times t \text{ [CATERPILLAR]}$$

Avec :

C_s : Consommation en carburant en litres

t : durée de fonctionnement (en heures)

N :Puissance des engins en CV

Engins	Puissance CV	Nombre	Puissance totale	Consommation journalière	Coût [10 ³ FMG]	
					trimestriel	Annuel
BULL	115	1	115	70,84	37191	123970
Pelle	138	1	138	85,008	44629,2	148764
Chargeur	160	1	160	98,56	51744	172480
Compresseur XRHS 485	447,02	1	447,02	275,364	144566,268	481887,56
Compresseur XAMS 455MD	48,91	1	48,91	30,129	15817,494	52724,98
Groupes E	6,11	1	6,11	3,764	1975,974	6586,58
Groupe E	183,42	1	183,42	112,987	59318,028	197726,76
Motopompe	5,5	1	27,5	16,94	8893,5	29645
Camion B.	350	1	350	215,6	113190	377300
Total				909,192	477325,464	1 591 083,98

* 10 mois de travail annuel

Tableau VI.2.4.a.1 : Estimation de la puissance et consommation en carburant

b° Déplacements sur route vers chantier :

Désignation	Consommation litres / 100 km	Distance estimée km	Nombre A-R / an	Coût annuel [10 ³ FMG]	Coût trimestriel [10 ³ FMG]
- Camion Prospection	45	4000	1	12600	3150
- Camion Ben	45	3500	1	11025	2756,25
- 2Voitures 4*4	15	4000	10	84000	21000
Total				107625	26906,25

NB : Calcul fait au prix du gaz oïl à 7000 FMG le litre

Tableau VI.2.4.b.1 : Dépense de déplacement vers chantier

c° Déplacement en ville et sur route pour voitures légères et 4x4 :

Pour les déplacements en ville et sur route autres que vers chantiers, on prévoit un budget annuel de 48 000 000 de FMG ce qui équivaut à un montant trimestriel de 12 000 000fmg

d° Récapitulation du coût de carburant et lubrifiant :

Rubrique	Coût mensuel de carburant [10 ³ FMG]	Coût de carburant et lubrifiant [10 ³ FMG]		
		mensuel	trimestriel	annuel
Engins et générateur	132 590,33	172367,43	517102,3	1723674,32
Déplacement vers chantier	8968,75	11659,375	34978,125	116 593 ,750
Déplacement en ville et autres	4 000,00	5200	15600	52 000,00
Total	145559,082	189226,81	567680,42	1892268,07

Tableau VI.2.4.d.1 : Récapitulation du coût de carburant et lubrifiant

VI.2.5 - Coût d'achat de pièces de rechange :

Compte tenu de l'état de l'équipement mécanique et d'après les différents constructeurs, le coût d'achat des pièces de rechange pendant deux ans est évalué à 2,5% du coût du matériel. Après deux ans ce coût sera estimé à 8% du coût des matériels. Et en tenant compte du coût de stockage, les valeurs obtenues seront multipliées par 1,08.

Tableau VI.2.5.1 : Le coût des pièces de rechange

Après deux années de fonctionnement, les coûts des pièces de rechanges sont estimées à 8% des coûts des matériels.

VI.2.6 - Coût d'achat des matières consommables diverses :

Ces dépenses comprennent :

- Les coûts d'achat des fleurets
- Les coûts d'achat des meules et poudres de polissage pour la taille
- Les coûts d'achat de produits chimiques pour les analyses au laboratoire

Ces dépenses sont rassemblées dans le tableau IV.2.6.1 suivant :

Désignation	Coût annuel			Coût trimestriel		
	ML [10 ³ FMG]	D [USD]	Total [10 ³ FMG]	ML [10 ³ FMG]	D [USD]	Total [10 ³ FMG]
Fleurets		2 000,00	20 521,74		500	5 130,44
Meules et poudre de polissage		3 000,00	30 782,61		750	7 695,65
Produit chimique		2 000,00	20 521,74		500	5 130,44
Total		7 000,00	71 826,09		1 750,00	17 956,52

Tableau VI.2.6.1 : Coût d'achat des matières consommables diverses

VI.2.7 - Coût d'achat des fournitures de bureau :

Les fournitures de bureau sont estimées à 18 000 000 de FMG par an

VI.2.8 - Coût des emballages :

Ces dépenses concernent les coûts des sachets, boîtes à pierres et des malles métalliques pour placer les produits obtenus.

Elles sont estimées à 48 000 000 de fmg par an

VI.2.9 - Fonds de roulement :

Ce sont les coûts des matières consommables et divers, le frais de personnel, utilités, pièces de rechange .

Le calcul se fait en 3 mois

Opération	Stocks en mois	Dépenses en		Coût Fdr [10 ³ FMG]	Coût annuel total 1° Année [10 ³ FMG]
		ML [10 ³ FMG]	D [USD]		
1. Location siège	3	18 000,00		18 000,00	72 000,00
2. Frais du personnel					
- Administratif et cadre	3	118 260,00		118 260,00	473 040,00
- Opérationnel	3	84 420,00		84 420,00	337 680,00
- Vivres	3	11 376,00		11 376,00	45 504,00
3. Utilités					
- Carburant et lubrifiant					
- Engins et générateur	3	430 918,58		430 918,58	1 723 674,32
- Déplacement vers chantier	3	29 148,44		29 148,44	116 593,75
- Déplacement en ville et autres	3	13 000,00		13 000,00	52 000,00
- Jirama	3	15 000,00		15 000,00	60 000,00
- Eau (fournie par motopompe)					
- Electricité Fournie par les générateurs					

4. Pièces de rechange	6		27445,361	284 882,85	570398,4095
5. Matières consommables diverses	3		1 750,00	18 165,00	72 660,00
6. Fourniture de bureau	3	4 500,00		4 500,00	18 000,00
7. Coût direct de marketing (emballage, ...)	3	12 000,00		12 000,00	48 000,00
8. Frais généraux de marketing	3	5 257,23	2 025,91	26 286,13	105 144,52
Total 1		741 880,24	31 221,27	1 065 957,00	3 694 695,00
9. Imprévu 10% Total 1		74 188,02	3 122,13	106 595,70	369 469,50
FDR		816 068,27	34 343,39	1 172 552,69	4 064 164,50
	%	69,6	30,4	100	

Tableau VI.2.9.1 : La répartition du fonds de roulement

VI.2.10 - Investissements sans intérêts intercalaires :

L'investissement total est la somme de l'Investissement fixe (If), et du fonds de roulement.

Rubrique	Monnaie locale [10 ³ FMG]	Devises [USD]	Total [10 ³ FMG]
Investissements fixes	2515489,448	2892873,319	32543514,495
Fonds de roulement	816068,268	34343,394	1172552,694
Total	3 331 557,716	2 927 216,713	33 716 067,189
%	9,88	90,12	100

Tableau VI.2.10.1 : Investissement sans intérêt intercalaire

VI.2.11 - Financement :

Le schéma adopté pour le financement de ce projet est le suivant : 1/3 des investissements est apporté par l'entrepreneur. Il constitue les capitaux propres. 2/3 des investissements sont empruntés auprès des institutions financières soit locales, soit étrangères.

VI.2.11.1 - Les emprunts bancaires :

Les emprunts bancaires constituent les dettes à long et à moyen terme pour l'entreprise

Les dettes à moyen terme seront contractées auprès d'une banque locale. Ces dettes seront remboursées annuellement pendant 5 ans à échéances constantes : taux d'intérêt 22 % avec 1 année de différée.

Les dettes à long terme sont contractées auprès d'une banque extérieure. Le remboursement se fait annuellement pendant 10 ans, avec un taux d'intérêt de 15%, à échéances constantes et 3 années de différées.

VI.2.11.2 - Calcul des intérêts intercalaires :

Rappelons que la notion d'intérêts intercalaires a été introduite pour définir les intérêts rapportés par les emprunts bancaires que l'entreprise prendra en charge avant qu'elle ne produise. Ces intérêts intercalaires seront capitalisés et considérés comme des valeurs immobilisées

Désignons par :

I : Investissement total

D : Dépenses d'investissement en devise

L : Dépenses d'investissement en monnaies locales

I_s : Investissement total sans intérêt intercalaire soit égal à

$33\,716\,067,189 \times 10^3$ FMG

D_s : Dépense d'investissement en devises sans intérêt intercalaire
soit égal à **USD** ou **$2\,927\,216,713 \times 10^3$ FMG**

L_s : Dépenses d'investissement en monnaies locales sans intérêts
intercalaire soit égal à **$3\,331\,557,716 \times 10^3$ FMG**

I_i : Intérêt intercalaire

I_{iL} : intérêt intercalaire du crédit intérieur

I_{iD} : intérêt intercalaire du crédit extérieur

Nous avons :

$$I_s = D_s + L_s$$

$$I = D + L$$

$$I_i = I_{iL} + I_{iD}$$

Crédit intérieur :

Taux : $i_L = 22\%$

Différé : $d_L = 1$ an

Remboursement : 5 ans

Crédit extérieur :

Taux : $i_D = 15\%$

Différé $d_L = 3$ ans

Remboursement : 10 ans

La condition de prêt auprès des banques exige un tiers des investissements comme capital propre, Ainsi :

Le Capital Propre $C_P = 1/3(D + L)$

Le Crédit Intérieur $C_I = 2/3 L$ et

Le Crédit Extérieur $C_E = 2/3D$

Donc :

$$I_{iL} = 2/3 L \times i_L \times d_L = 2/3 \times 0,22 \times 1 \times L = 0,1467 L$$

$$I_{iD} = 2/3 D \times i_D \times d_D = 2/3 \times 0,15 \times 3 \times D = 0,30 \times D$$

$$L = L_s + I_{iL} = L_s + 0,1467 L$$

$$D = D_s + I_{iD} = D_s + 0,30 \times D$$

$$L = L_s / 0,8533$$

$$D = D_s / 0,7$$

On en déduit:

Désignation	ML	D	Tot [10 ³ FMG]
Dépenses d'investissement en devise USD		4 181 738,16	43406442,12
Dépenses d'investissement en monnaies locales L	3904321,711		3904321,711
Intérêt intercalaire du crédit intérieur : I_{ii}	572763,995		572763,995
Intérêt intercalaire du crédit extérieur : I_{iD}		1254521,448	13021932,64
Intérêt intercalaire I_i	572763,995	1254521,448	13594696,63
Le Capital Propre C_P	1301440,57	1393912,72	15770254,61
Le Crédit Intérieur C_I	2602881,141		2602881,141
Le Crédit Extérieur C_E		2787825,441	28937628,08
Investissement total avec intérêt intercalaire I_s	3904321,711	4 181 738,16	47310763,83
%	8,25	91,75	100

Tableau VI.2.11.2.1 : Les intérêts intercalaires

VI.2.11.3 - Plan de financement :

En tenant compte des intérêts intercalaires, la somme des investissements totaux
I est de :

$$I = 47\,310\,763,827 \times 10^3 \text{ fmg}$$

D'où le plan de financement suivant :

RESSOURCES	MONTANT		
	ML	D	Total [10 ³ FMG]
- Capital propre	1301440,57	1393912,72	15770254,61
- Crédit intérieur (Dette Moyen Terme)	2602881,141		2602881,141
- Crédit Extérieur(Dette à Long terme)		2787825,44	28937628,08
TOTAL	3904321,711	4181738,16	47310763,82
EMPLOIS			
- Investissements fixes	2 515 489,45	2 892 873,32	32 543 514,50
- Fonds de roulement	816 068,27	34 343,39	1 172 552,69
- Intérêts intercalaires	572763,995	1254521,45	13594696,63
TOTAL	3 904 321,71	4 181 738,16	47 310 763,82

Tableau VI.2.11.3.1 : Plan de financement

VI.2.11.4 - Tableau de remboursement des emprunts :

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rubrique											
Local											
Remboursement principal		520576,228	520576,228	520576,228	520576,228	520576,228					
Solde	2602881,141	2082304,91	1561728,69	1041152,46	520576,228	0					
Intérêt	57 27 63,995	572633,851	458107,081	343580,311	229053,54	114526,77					
Extérieur											
Remboursement principal	0	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81
Solde	28937628,08	26043865,3	23150102,5	20256339,7	17362576,8	14468814	11575051,2	8681288,42	5787525,62	2893762,81	0
Intérêt	13021932,64	4340644,21	3906579,79	3472515,37	3038450,95	2604386,53	2170322,11	1736257,69	1302193,26	868128,842	434064,421
Total											
Remboursement	0	3414339,04	3414339,04	3414339,04	3414339,04	3414339,04	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81	2893762,81
Intérêt	13 594 696,63	4913278,06	4364686,87	3816095,68	3267504,49	2718913,3	2170322,11	1736257,69	1302193,26	868128,842	434064,421
Frais financier	13 594 696,63	8327617,1	7779025,91	7230434,72	6681843,52	6133252,33	5064084,91	4630020,49	4195956,07	3761891,65	3327827,23

Tableau VI.2.11.4.1 : Remboursement des emprunts, unité [10³ Fmg]

VI.2.12 - Tableau des amortissements :

Désignation/ Année de production	Montant à amortir	Durée	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- Petits matériels d'exploitation	1641	5	328,2	328,2	328,2	328,2	328,2					
- Petits matériels motorisés et générateurs	1602261,7	10	160226,17	160226,17	160226,17	160226,17	160226,17	160226,17	160226,17	160226,17	160226,17	160226,17
- Gros matériels d'exploitation	6409597,485	10	640959,749	640959,749	640959,749	640959,749	640959,749	640959,749	640959,749	640959,749	640959,749	640959,749
- Matériels de transport	2910575	20	145528,75	145528,75	145528,75	145528,75	145528,75	145528,75	145528,75	145528,75	145528,75	145528,75
- Matériels de traitement	2800000	10	280000	280000	280000	280000	280000	280000	280000	280000	280000	280000
- Matériels de prospection	7210198,584	10	721019,858	721019,858	721019,858	721019,858	721019,858	721019,858	721019,858	721019,858	721019,858	721019,858
- Equipement des ouvriers	14000	5	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
- Petits matériels et outillage	11593,25	10	1159,325	1159,325	1159,325	1159,325	1159,325	1159,325	1159,325	1159,325	1159,325	1159,325
- Matériels de campement	6000	10	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
- Mobilier et matériel de bureau	197300	10	19730	19730	19730	19730	19730	19730	19730	19730	19730	19730
Sanitaires, frigo, citerne et autres	166000	10	16600	16600	16600	16600	16600	16600	16600	16600	16600	16600
- Frais d'installation et de transport	2132916,702	10	213291,67	213291,67	213291,67	213291,67	213291,67	213291,67	213291,67	213291,67	213291,67	213291,67
- Construction, Aménagement et réhabilitation	1350000	10	135000	135000	135000	135000	135000	135000	135000	135000	135000	135000
- Remise en état du site	70000	10	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
Etude géologique détaillée	2069067	10	206906,7	206906,7	206906,7	206906,7	206906,7	206906,7	206906,7	206906,7	206906,7	206906,7
- Coûts ingénierie -études	4042672,608	10	404267,261	404267,261	404267,261	404267,261	404267,261	404267,261	404267,261	404267,261	404267,261	404267,261
- Intérêt intercalaires	13594696,63	5	2718939,33	2718939,33	2718939,33	2718939,33	2718939,33					
Total			5674357,01	5674357,01	5674357,01	5674357,01	5674357,01	2955089,48	2955089,48	2955089,48	2955089,48	2955089,48
Pourcentage de production			60	87,5	100	100	100	100	100	100	100	100
Production en carat			8512	12413,33	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67
Amortissement par carat			666,630288	457,118034	399,978079	399,978079	399,978079	208,300432	208,300432	208,300432	208,300432	208,300432
					2440273,7							

Tableau VI.2.12.1 : Les amortissements

VI.2.13 - Les différentes charges :

	Année 1	Année 2	Année 3
--	---------	---------	---------

Capacité de production		60			87,5			100	
Rubrique	ML [10 ³ Fmg]	D [USD]	Tot [10 ³ Fmg]	ML[10 ³ FMG]	D [USD]	Tot [10 ³ Fmg]	ML[10 ³ FMG]	D [USD]	Tot [10 ³ Fmg]
I. Charges fixes									
1. Location siège	72000		72000	72000		72000	72000		72000
2. Frais du personnel									
Personnel national									
Administratif et cadre	473040		473040	473040		473040	473040		473040
Opérationnel	337680		337680	337680		337680	337680		337680
Vivres	45 504,00		45504	45504		45504	45504		45504
3. Frais généraux de marketing	30000	18461,54	105144,52	30000	18461,54	105144,52	30000	18461,54	105144,52
4. Fourniture de bureau	18000		18000	18000		18000	18000		18000
Total Charges Fixes	976224	18461,54	1051368,52	976224	18461,54	1051368,52	976224	18461,54	1051368,52
II. Charges variables									
1. Utilités									
Carburant et lubrifiant									
Engins et générateur	1 723 674,32		1723674,32	1723674,32		1723674,32	1723674,32		1723674,32
Déplacement vers chantier	116 593,75		116593,75	116593,75		116593,75	116593,75		116593,75
Déplacement en ville et autres	52 000,00		52000	52000		52000	52000		52000
Jirama et PTT	60000		60000	60000		60000	60000		60000
2. Pièces de rechange	632,72475	544890,7211	570398,4095	632,72475	544890,7211	570398,4095	2024,719	175650,307	1825274,91
3. Matières consommables		7000	72660		7000	72660		7000	72660
4. Coût direct de marketing	48000		48000	48000		48000	48000		48000
5. Personnel étranger		94800	616200		12000	78000			
6. Imprévus	369 469,50		369469,5	369469,5		369469,5	369469,5		369469,5
Total Charges Variables	2370370,295	646690,721	3628995,98	2370370,295	563890,721	3090795,98	2371762,289	182650,307	4267672,48
Total des Charges	3346594,295	665152,261	4680364,5	3346594,295	582352,261	4142164,5	3347986,289	201111,847	5319041

TableauVI.2.13.1 : Analyse des charges annuelles

VI.2.14 - Compte d'exploitation prévisionnel :

Rubrique\Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité de production	60	87,5	100	100	100	100	100	100	100	100
Production	8512	12413,33	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67	14186,67
Prix unitaire	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Recettes provenant des ventes	42560000	62066650	70933350	70933350	70933350	70933350	70933350	70933350	70933350	70933350
Charges fixes	1051368,52	1051368,52	1051368,52	1051368,52	1051368,52	1051368,52	1051368,52	1051368,52	1051368,52	1051368,52
Charges variables	3628995,98	3090795,98	4267672,48	4267672,48	4267672,48	4267672,48	4267672,48	4267672,48	4267672,48	4267672,48
Coût d'exploitation	4680364,5	4142164,5	5319041	5319041	5319041	5 319 041,00				
Amortissement	5674357,009	5674357,009	5674357,01	5674357,009	5674357,009	2955089,483	2955089,483	2955089,483	2955089,483	2955089,483
BEBEFICE BRUT D'EXPLOITATION (BE)	37879635,5	57924485,5	65614309	65614309	65614309	65 614 309,00				
BENEFICE NET D'EXPLOITATION	32205278,49	52250128,49	59939952	59939951,99	59939951,99	62 659 219,52				
Charges financières	4913278,063	4364686,871	3816095,68	3267504,488	2718913,297	2170322,106	1736257,685	1302193,263	868128,842	434064,421
BENEFICE IMPOSABLE (BI)	27292000,43	47885441,62	56123856,3	56672447,5	57221038,69	60 488 897,41	60 922 961,83	61 357 026,25	61 791 090,68	62 225 155,10
Impôt au taux de 35 %	9552200,15	16759904,57	19643349,7	19835356,63	20027363,54	21171114,09	21323036,64	21474959,19	21626881,74	21778804,28
BENEFICE NET APRES IMPOT	17739800,28	31125537,05	36480506,6	36837090,88	37193675,15	39 317 783	39 599 925	39 882 067	40 164 209	40 446 351
BENEFICE NET CUMULE	17739800,28	48865337,33	85345843,9	122182934,8	159376610	39 317 783	78 917 709	118 799 776	158 963 985	199 410 335
CASH-FLOW BRUT	43553992,51	63598842,51	71288666	71288666,01	71288666,01	68 569 398				
CASH - FLOW NET	23414157,29	36799894,06	42154863,6	42511447,89	42868032,16	42 272 873	42 555 015	42 837 157	43 119 298	43 401 440
CASH - FLOW CUMULE	23414157,29	60214051,35	102368915	144880362,8	187748395	42 272 873	84 827 887	127 665 044	170 784 342	214 185 783

Tableau VI.2.14.1 : Compte d'exploitation prévisionnel [Unité 10³ FMG]

VI.2.15 - Plan d'investissement et de financement :

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.Ressources											
Capital propre	15770254,61										
Emprunt local	2602881,141										
Emprunt extérieur	28937628,08										
Cash – flow net		23414157,29	36799894,06	42154863,61	42511447,89	42868032,16	42 272 873	42 555 015	42 837 157	43 119 298	43 401 440
Total 1	47310763,82	23414157,29	36799894,06	42154863,61	42511447,89	42868032,16	42 272 873,00	42 555 015,00	42 837 157,00	43 119 298,00	43 401 440,00
2.Emplois											
Investissements Fixes	32543514,5										
Fonds de roulement	1172552,694						42 272 873	42 555 015	42 837 157	43 119 298	43 401 440
Renouvellement équipement						11 010,00					18 226 223,53
Frais intercalaires	13594696,63										
Remboursement des emprunts		8327617,098	7779025,907	7230434,716	6681843,524	6133252,333	5 064 084,91	4630020,492	4195956,071	3761891,65	3327827,229
Total 2	47310763,82	8327617,098	7779025,907	7230434,716	6681843,524	6144262,333	5064084,913	4630020,492	4195956,071	3761891,65	21554050,76
3.Solde trésorerie	0	15 086 540,19	29 020 868,16	34 924 428,90	35 829 604,36	36 723 769,83	37 208 788,09	37 924 994,51	38 641 200,93	39 357 406,35	21 847 389,24
4.Trésorerie cumulée		15 086 540,19	44 107 408,34	79 031 837,24	114 861 441,60	151 585 211,43	188 793 999,52	226 718 994,02	265 360 194,95	304 717 601,30	326 564 990,55

Tableau VI.2.15.1 : Plan d'investissement et de financement

VI.2.16 - Bilan prévisionnel :

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1- Actif											
Valeurs immobilisées											

Investissements fixes	32543514,5										
Intérêt intercalaire	13594696,63										
Valeur d'exploitation											
Fonds de roulement	1172552,694										
Valeur disponible											
Solde de trésorerie cumulée	0	32036540,19	44107408,34	79031837,24	114861441,6	151585211,4	188 793 999,52	226 718 994,02	265 306 194,95	304 717 601,30	326 564 990,55
Total Actif	47310763,82	32036540,19	44107408,34	79031837,24	114861441,6	151585211,4	188 793 999,52	226 718 994,02	265 306 194,95	304 717 601,30	326 564 990,55
2- Passif											
Capital propre	15770254,61										
Dettes à moyen terme	2602881,141	2082304,913	1561728,685	1041152,457	520576,229	0					
Dettes à long terme	28937628,08	26043865,26	23150102,45	20256339,65	17362576,84	14468814,03	11 575 051,22	8 681 288,41	5 787 525,61	2 893 762,81	0
Total partiel	47310763,82	28126170,17	24711831,14	21297492,11	17883153,07	14468814,03	11 575 051,22	8 681 288,41	5 787 525,61	2 893 762,81	0
Résultat cumulé	0	3910370,016	19395577,21	57734345,13	96978288,53	137116397,4	177 218 948,30	218 037 705,61	259 518 669,35	301 823 838,49	326 564 990,55
Résultat de l'année		3910370,016	15485207,19	42249137,94	54729150,59	82387246,81	129 908 184,48	88 129 521,13	41 480 963,74	42 305 169,15	24 741 152,05
Total Passif	47310763,82	32036540,19	44107408,34	79031837,24	114861441,6	151585211,4	188 793 999,52	226 718 994,02	265 306 194,95	304 717 601,30	326 564 990,55

Tableau VI.2.16.1 : Bilan prévisionnel

VI.2.17 - Valeur ajoutée : V_{aj}

La participation effective de cette entreprise minière aux performances économiques nationales est déterminée par la valeur ajoutée V_{aj} qui est aussi un paramètre de gestion de cette entreprise. Rappelons que l'ensemble des valeurs ajoutées de toutes les entreprises définit le produit intérieur brut pour un pays donné.

Nous procédons de deux manières pour calculer V_{aj} et le calcul sera fait à l'année de croisière (3^{ème} année)

a°/ Méthode directe [Rémunération des facteurs]

$$V_{aj} = F + I_E + A_m + I_{mp} + R$$

Où:

F : Frais du personnel.....856 224, 000

I_E : Intérêt sur les emprunts 3816095,680

A_m : Amortissement5674357,009

I_{mp} : Impôt et taxe

19643349,709

R : Résultat net d'exploitation..... 36480506,602

On en déduit :

$$V_{aj} = 66470533 \times 10^3 \text{ FMG}$$

b°/ Méthode indirecte :

$$V_{aj} = CA - CI$$

Avec :

CA : Chiffre d'affaire70933350,000

Cf : Charges fixes.....1051368,520

Cv : Charges variables.....4267672,48

CI : Consommation intermédiaire

Où :

$$CI = Cf + Cv - F = 4462817$$

Il vient :

$$V_{aj} = 66470533 \times 10^3 \text{ FMG}$$

VI.2.18 - Critères simples de rentabilité prévisionnelle :

Les critères de rentabilité prévisionnelle sont déterminés sur la base des données relatives à l'année de croisière :

VI.2.18.1 - Taux de marge :

a°/ Taux de marge brute : T_{mb}

$$T_{mb} = \frac{\text{Bénéfice brut}}{\text{Chiffre d'affaire}}$$

AN:

$$T_{mb} = \frac{65614309,000}{70933350,000} = 0,9250$$

Ainsi, 92,5 % des recettes sont constituées de bénéfice brut

b°/ Taux de marge net : T_{mn}

$$\frac{\text{Bénéfice net après impôt}}{\text{Chiffre d'affaire}}$$

A.N :

$$\frac{36480506,602}{70933350,000} = 0,51429$$

Cela signifie que 51,429 % des recettes sont constituées par du bénéfice net

VI.2.18.2 - Taux de rentabilité :

a°/ Taux de rentabilité de l'investissement total par rapport au bénéfice brut : T_{ri}

$$T_{ri} = \frac{\text{Bénéfice brut}}{\text{Investissement Total}}$$

A.N :

$$T_{ri} = \frac{65614309,000}{47310763,827} = 1,386879$$

Ce qui veut dire que 100 FMGinvestissement total dégagent 138,6879 FMG bénéfice brut.

a°/ Taux de rentabilité de l'investissement total par rapport au bénéfice net : T_{rc}

$$T_{rc} = \frac{\text{Bénéfice net}}{\text{Investissement Total}}$$

A.N :

$$T_{rc} = \frac{36480506,602}{47310763,827} = 0,77108$$

Cela veut dire que 100 francs dégagent 77,108 FMG de bénéfice net

VI.2.18.3 - Autonomie financière : A_f

$$\frac{\text{Capital propre}}{\text{Total des dettes}}$$

A.N :

$$\frac{15770254,609}{31652712,919} = 0,50$$

Ce qui signifie que le capital propre représente 50% des dettes

VI.2.18.4 - Productivité économique : P_e

$$P_e = \frac{\text{Bénéfice net}}{V_{ai}}$$

A.N :

$$\frac{36480506,602}{66470533} = 0.5488$$

Le bénéfice net contribue 54,88 % de la V_{aj}

VI.2.18.5 - Ratio d'affectation de la valeur ajoutée :

a°/ Part du groupe salarié : P_s

$$P_s = \frac{\text{Frais du personnel}}{V_{ai}}$$

A.N :

$$P_s = \frac{856224,000}{66470533} = 0,01288$$

Les frais du personnel représentent 1.288 % de la valeur ajoutée

b°/ Part de l'Etat : P_E

$$P_E = \frac{\text{Impôt sur bénéfice}}{V_{ai}}$$

A.N :

$$P_E = \frac{19643349,709}{66470533} = 0,29551$$

Ce qui traduit que 29,55% de la V_{aj} constitue la part de l'Etat

VI.2.18.6 - Calcul du point mort : P_m

Le point mort ou seuil de rentabilité (ou Break Even Point) est représenté par la capacité minimale (ou volume de vente minimal) pour laquelle le producteur couvre tous les frais sans bénéfice ni perte.

a°/ En pourcentage :

$$\frac{\text{Charges fixes totales} + \text{Amortissement}}{\text{Chiffre d'affaire} - \text{Charges variables totales}}$$

A.N :

$$P_m = \frac{1051368,520 + 5674357,009}{70933350,000 - 4267672,48} \times 100 = 9,539\%$$

En volume monétaire : V_0

$$V_0 = P_m \times \text{Chiffre d'affaire}$$

A.N :

$$V_0 = 9,539 \times 70933350,000 / 100 = 6766435,5 \times 10^3 \text{ FMG}$$

VI.2.19 - Taux de rendement interne : T_{RI}

a°/ Rappel de définition :

Le T_{RI} ou Taux de Rendement Interne (Internal Rate of Return) est la valeur du taux d'actualisation « i » pour laquelle le bénéfice actualisé est nul. Il montre la rentabilité du projet pendant la durée de sa vie productive et il représente la rentabilité moyenne annuelle du capital.

Nous avons donc :

$$V_{AN} = \sum_{k=1}^T \frac{R - C}{(1 + r)^k}$$

Avec :

V_{AN} : Valeur actualisée nette

r : Taux d'actualisation égal à T_{RI}

C : Dépenses réelles (hors amortissement)

b°/ Calcul de T_{RI} :

Pour déterminer T_{RI} , cherchons deux valeurs actualisées V_{AN1} et V_{AN2} relatives aux taux d'actualisations i_1 et i_2 avec la condition $|i_1 - i_2| \leq 5\%$

Pour effectuer le calcul, on choisit $i_1 = 15\%$ et $i_2 = 20\%$

Année k	Cash – Flow net	$(1 + 0,15)^{-k}$	$(1 + 0,20)^{-k}$	V_{AN1}	V_{AN2}
1	23414157,29	0,87	0,833	20360136,8	19511797,7
2	36799894,06	0,756	0,694	27826006,9	25539126,5
3	42154863,61	0,658	0,579	27717507,1	24407666
4	42511447,89	0,572	0,482	24306058,3	20490517,9
5	42868032,16	0,497	0,402	21312988,3	17232948,9
6	42272873	0,432	0,335	18275729,6	14161412,5
7	42555015	0,376	0,279	15998006,4	11872849,2
8	42837157	0,327	0,233	14003542,6	9981057,58
9	43119298	0,284	0,194	12257195,7	8365143,81
10	42401440	0,247	0,162	10480987,5	6869033,28
Total				192538159	158431553

Tableau VI.2.19.b.1 : Calcul de TRI

$$r = \frac{V_{AN1} \times i_2 - V_{AN2} \times i_1}{V_2 - V_1}$$

AN :

$$r = \frac{192538158,985 \times 0.20 - 158431553,371 \times 0.15}{192538158,985 - 158431553,371} = 43,22\%$$

Soit r est à 43,22%, **r = 43,32 %**

IV.2.20 - Délai de récupération : δ^T

C'est la période au bout de laquelle les dépenses d'investissement déboursées par l'entreprise lui seront retournées

$$\delta^T = \frac{\text{Investissement total}}{\text{Bénéfice net} + \text{Amortissement}}$$

A.N :

$$\delta^T = \frac{47310763,827}{36480506,602 + 5674357,009} = 1,535 \text{ ans}$$

Soit δ^T est égal à 18,42 mois **$\delta^T = 18,42$ mois**

VI.3 - Evaluation socio-économique :

VI.3.1 - Coefficient d'intégration : C_i

Ce coefficient permet de mettre en évidence la proportion des frais engagés à l'extérieur pour la réalisation du projet :

$$C_i = \frac{\text{Frais sur place}}{\text{Frais sur place} + \text{Frais extérieurs}}$$

Avec :

Frais sur place = Capital propre (en monnaie locale)+ Crédit intérieur

Soit égal à :

$$\text{Frais sur place} = 3904321,711 \times 10^3 \text{ FMG}$$

Frais extérieur = Capital Propre (en devise) + Crédit Extérieur

Soit égal à :

$$\text{Frais extérieur} = 30331540,79 \times 10^3 \text{ FMG}$$

D'où :

$$C_i = \frac{3904321,711}{30331540,79 + 3904321,711} = 0,1140$$

Soit égale $C_i = 11,40 \%$

VI.3.2 - Taux de change du projet :

Le taux de change du projet ou taux Bruno est défini comme le rapport entre les dépenses en monnaie locale et l'économie nette en devise

$$\text{Taux de change du projet} = \frac{\text{Dépense en monnaie locale}}{\text{Economie nette en devise}}$$

a° Calcul de l'économie nette en devise :

On effectue le calcul pour la troisième année d'exploitation.

Le principe de calcul consiste à déduire le prix de la part totale des devises.

Les charges entrant dans le pris de revient des produits finis se répartissent comme suit :

- Frais de fonctionnement
- Amortissement
- Intérêt

La part des devises entrant dans l'évaluation du coût de revient et celle qui peut être substituée en monnaie locale se résume par le tableau suivant :

Désignation	Devise	Valeur [10 ³ FMG]	ML%	Valeur [10 ³ FMG]
Frais de fonctionnement	201111,847	2087540,972	90	1878786,875
Amortissement	232643,492	2414839,447	70	1690387,613
Intérêt	355679,106	3691949,12	20	738389,8243
Total				4307564,312

Tableau VI.3.2.1 : Evaluation en devises et monnaie locale du coût de revient

Economie nette en devises = 608585,926

b° Taux de change du projet :

$$\text{Taux de change du p} \frac{5319041000}{608585,926} = 8740$$

Il faut dépenser **8740** FMG pour économiser 1 USD

VI.3.3 - Indicateur de rentabilité socio-économique : I_{se}

Par définition :

$$I_{se} = \text{Vaj} / \text{Investissement total}$$

AN :

$$Ise = \frac{66470533}{47310763,827} = 1,404976957$$

Cela veut dire que 100 FMG d'investissement rapporte à la nation 140 FMG

VI.3.4 - Flux de ressources :

Le mode de calcul est Identique à celui du flux de caisse

Année k	Flux de trésorerie	$(1 + 0,15)^{-k}$	$(1 + 0,20)^{-k}$	V_{AN1}	V_{AN2}
1	15 086 540,19	0,87	0,833	13118731	12572117
2	29 020 868,16	0,756	0,694	21943946	20140483
3	34 924 428,90	0,658	0,579	22963379	20221244
4	35 829 604,36	0,572	0,482	20485693	17269869
5	36 723 769,83	0,497	0,402	18258204	14762955
6	37 208 788,09	0,432	0,335	16086386	12464944
7	37 924 994,51	0,376	0,279	14257410	10581073
8	38 641 200,93	0,327	0,233	12631877	9003399,8
9	39 357 406,35	0,284	0,194	11187831	7635336,8
10	21 847 389,24	0,247	0,162	5400340,5	3539277,1
Total				156333797	128190700

Tableau VI.3.4.1 : Calcul de flux de ressources

A.N :

$$Rs = 0,427748$$

En effet, d'après les différents résultats précédents, Nous pouvons déduire que ce projet est rentable.

CHAPITRE VII : ANALYSE DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

VII.1 - Introduction :

L'étude d'impacts sur l'environnement minier est une étude orientée principalement sur les incidences physiques et socio-économiques qui pourront être résultés de l'exploitation d'une mine ou d'une carrière.

Son objectif n'est pas seulement d'apporter des mesures pour prévenir, supprimer, réduire et si possible compenser les effets nocifs du projet, mais de prouver que la solution retenue est viable.

VII.2 - Identification et analyse des impacts :

Comme toute dualité des choses offerte par la loi de la nature, il y a toujours un côté positif et négatif.

L'exploitation minière est le plus souvent ressentie par le public au travers des atteintes qu'elle porte à l'environnement par suite des diverses nuisances et des bouleversements des sols qu'elle engendre. Ainsi, on classe les impacts en deux : ceux positifs et ceux qui sont négatifs.



Photo N°1



Photo N° 2

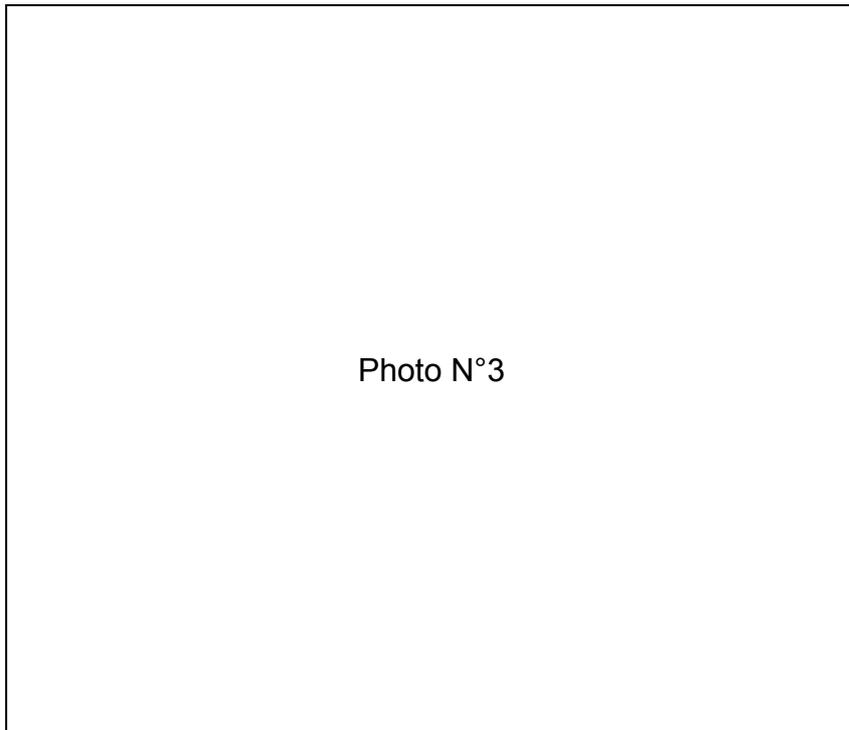


Photo N°3

Figure VII.2.1 : Dégradation du site après l'exploitation des petits mineurs illicites

VII.2.1 - Impacts négatifs :

Rubriques	Principaux Impacts	Sources
A. Impacts sur le milieu naturel sur :		
a 1. <u>Paysage</u>	- transformation visuelle du paysage par occupation	* installation de l'unité de traitement zone de stockage
a 2. <u>Poussières</u>	- perturbation de l'air	* allées et venues des camions
a 3. <u>Bruits</u>	- nuisance sonore	* sons liés temporairement aux diverses constructions * bruits émis par des engins (non n'emploie pas des explosifs)
a 4. <u>Qualité de l'eau</u> (concernant la rivière Benenitra)	- activités minières des exploitants en amont du site qui contaminent la qualité de l'eau	* accroissement de débit solide de la rivière * modifications de : - l'écoulement des cours d'eau - qualité de l'eau par la pollution notable - caractéristiques des nappes aquifères des zones avoisinantes par les exploitations sauvages à l'extérieur du site - comportements du sol, flore et faune
a 5. <u>Hydrologiques et hydrogéologiques</u>	- mettre à l'air libre la nappe phréatique - perturbation du niveau de rabattement	* extraction des matériaux en enlevant le filtre végétatif superficiel
B. Impacts sur le milieu humain :		
b 1. <u>Culturel</u>	- Mal compréhension de la vie culturelle (bon à savoir)	* Conflits (à éviter)
b 2. <u>Population</u>	- relation entre les exploitants et la population locale - sécurité de la région - Occupation foncière	* méconnaissance du taux de migration des exploitants illégaux (problème de recensement) * propriété foncière à titre héritage (non légal)

Tableau VII.2.1.1 : Impacts négatifs

VII.2.2 - Impacts positifs :

a°/ 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.

b°/ Recrutement de personnel :

Problème d'habitation enlevé, nouvelle construction érigée par le personnel non douteux, création d'emploi ainsi que transfert des connaissances .

d°/ Amélioration du niveau intellectuel de la population :

Transfert de savoir-faire, technologie.

e°/ Augmentation du niveau de vie :

La rémunération des paysans ouvriers assure l'augmentation de leur niveau de vie. Et les ouvriers peuvent encore exercer un autre métier comme l'agriculture et l'élevage.

f°/ Existence d'une poste BLU :

Amélioration de la sécurité publique, évacuation urgente.

g°/ Existence de la source d'énergie :

Animation, soudures des équipements des paysans

VII.3 - Mesures de réduction des nuisances :

VII.3.1 - Introduction :

Les mesures de réduction des nuisances 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. En plus, avant de rédiger le dossier de demande d'ouverture du projet, le pétitionnaire devra réfléchir aux mesures à proposer pour

minimiser les effets de la future exploitation sur l'environnement pris au sens large et introduire des mesures compensatrices aussi variées qu'efficaces.

Les mesures à prendre pour réduire les impacts de l'exploitation sont nombreuses. De préférence, les nuisances doivent être combattues à la source. Dans un deuxième temps, elles peuvent l'être en champs proche.

VII.3.2 - Mesures envisagées sur l'exploitation :

a°/ Poussières :

Pour éviter les émissions de poussières en général, on prendra des mesures ponctuelles telles que l'arrosage des voies de transport, l'arrosage des terrils, la plantation de verdure sur les terrils et toutes les surfaces dénudées ainsi que l'utilisation des liants pour poussières . On pourra en outre capoter les différents appareils, notamment les installations de broyage et les bandes transporteuses. Les machines de forage devront être dotées de dispositifs de neutralisation des poussières par voie sèche ou humide .

b°/ Bruits :

Pour éviter les nuisances sonores, les différents appareils utilisés devront être dotés de dispositifs d'amortissement de bruit (filtre , capotage).

- Utilisation des engins de niveau sonore inférieur à 80 Db (A)
- Plantation de haies autour du site pour isoler en partie l'effet sonore

c°/ Sol :

Pour conserver le sol, il faudrait

- Eviter le compactage accru du sol après réhabilitation ;
- Conserver de qualité de terres végétales stockées ;
- Mettre en place un petit jardin botanique et des pépinières pour la régénération et multiplication des espèces pour le maintien, de l'équilibre géologique

d°/ Paysage :

Il faudrait mieux planter des haies pour camoufler le chantier pour réduire l'impact visuel sur la grandeur apparente du site.

- Préservation du milieu naturel
- Conservation de la végétation existante
- Maintien de la valeur du paysage

e°/ Infrastructures :

- Aménagement et entretien des voies de circulation internes et externes
- Aménagement et entretiens des divers ouvrages
- Mise en place des accès réglementés

f°/ Hydrologie et hydrogéologie :

- Traitement des eaux usées(décantation, augmentation du pH) pour un recyclage(gestion de l'eau) compensatoire ;
- Le remplissage des réservoirs au fuel se fait par utilisation d'une pompe. Le huile de vidange sera récupérés dans des bacs sûrs et mises en stock en citerne. Les entretiens et réparation de véhicules auront lieu sur des endroits sûrs ;
- Constructions des latrines de faible profondeur pour les décharges domestiques ;
- Curage éventuel et périodique des boues des bassins ;

VII.3.3 - Mesures envisagées pour les ouvriers :

Nous avons mis l'accent auparavant sur le fait que les ouvriers qui vont faire fonctionner cette unité subiront des nuisances produites par cette production. Afin d'atténuer ces nuisances, nous avons proposé de les sécuriser de la manière suivante :

- Des équipements personnels : combinaisons, bottes, casques, gants, lunettes, ceintures et cordes d'assurance en cas de risque de chute ;
- Chaque minier doit porter des équipements contre la poussière et le bruit ;
- formation des ouvriers permettant de prendre leurs responsabilités faces aux différentes situations.

VII.4 - Remise en état du site :

VII.4.1 - Objectif :

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.

La réhabilitation s'opère progressivement, c'est à dire qu'au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation, on remblayera l'arrière taille. L'exploitation et la réhabilitation se font simultanément afin de minimiser l'impact des perturbations et le potentiel d'érosion des surfaces exposées.

VII.4.1.1 - Remodelage de la surface de la zone exploitée :

- Affectation des sols après exploitation
- Adaptation du profil topographique(reprofilage de l'ensemble)
- Morphologie de surface

VII.4.1.2 - Mesures prises pour assurer les écoulements des eaux de surface :

- Plan de drainage(fossés, pistes drainant, barrages, bassins de collecte)
- Suivi des qualités des eaux

VII.4.1.3 - Revégétalisation du site :

- Remise en végétation des espèces natives des sites
- Installation d'une végétation pérenne et diversifiée respectant l'écologie du site

VII.4.1.4 - Régénération des milieux :

- Reboisement
- Restauration des équilibres écologique perturbés
- Création de milieux compatibles avec les populations animales et végétales locales
- Création des zones d'activités et de loisirs

VII.5 - Ordonnancement de la remise en état :

Nous avons résumé dans le tableau suivant les opérations et les durées moyennes d'exécution.

Opérations	Désignation	Durée moyenne d'exécution[i]
Remblayage ou stockage	a	90
Merlonnage	b	10
Compactage	c	3
Recouverture de terres végétales	d	3
Reprofilage léger	e	3
Révégétalisation, et ou reboisement	f	3

Tableau VII.5.1 : Ordonnancement de la remise en état

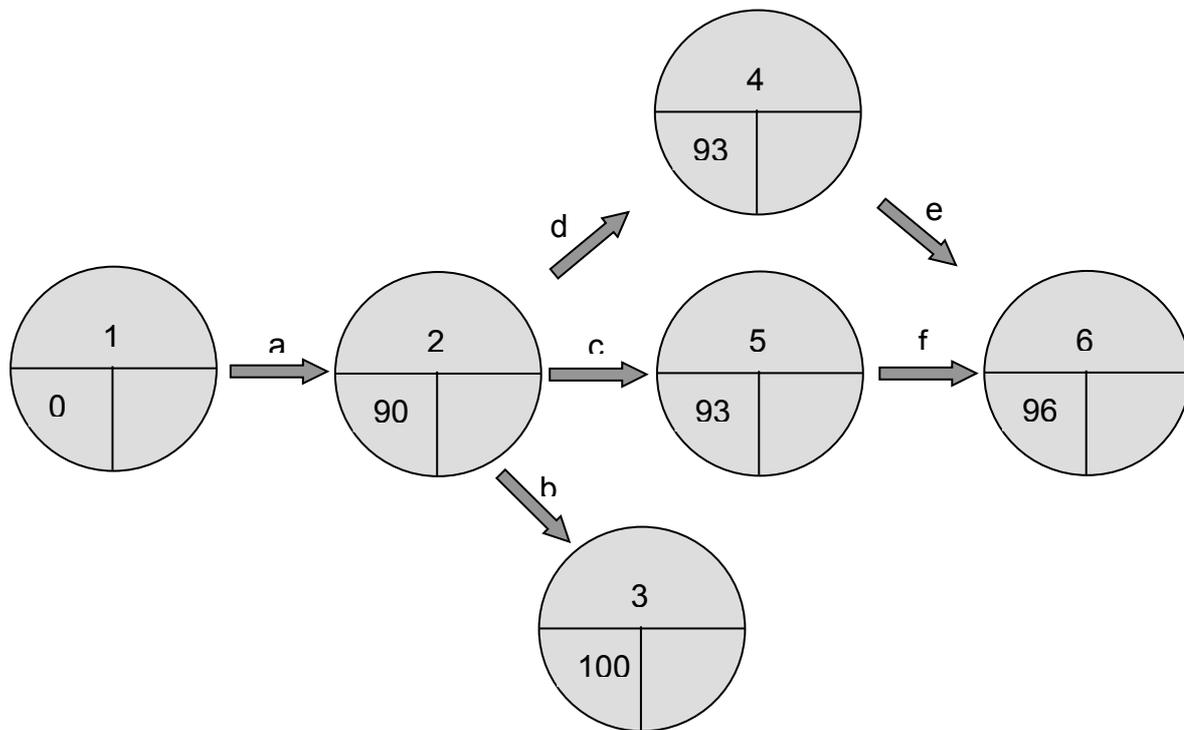


Figure VII.5.1 : Graphe PERTE

Mois → ↓ Tâches	1		2		3		4		5	
	a	—————								
b						↓				
c						↓				
d						↓				
e						↓				



Figure VII.5.2 : Diagramme de GANTT

VII.6 - Coût annuel de la remise en état :

- Préparation pépinière

Plantes et végétaux : $3000 \text{ Nombres} \times 500 \text{ Fmg} = 1\,500\,000 \text{ FMG}$

- Amortissement des engins : 4 Millions de FMG/H (camion, bull, pelle)

Opérations	1 ^{ère} année
Merlonnage	2 000 000
Compactage	1000 000
Recouverture de terre végétale	2 000 000
Revégétalisation	1 500 000
Sous total	6 500 000
Imprévu : 10% du sous-total	650 000
Total	7 150 000

Tableau VII.6.1 : Coût annuel de la remise en état

CONCLUSION

En guise de conclusion, nous pouvons dire que le projet d'exploitation de saphir dans la région de Benenitra présentent des avantages et des intérêts au niveau de l'économie malgache.

L'étude nous a permis d'établir le résumé sur la synthèse des données sur le terrain, le choix du méthode d'exploitation plus efficace, de donner aperçu du marché à grande échelle, l'étude économique et l'étude environnementale.

L'étude de marché montre que la place du saphir sur le marché national et international est encore très grande. La quantité de demande ne cesse d'augmenter.

Sur le plan technique, nous avons proposé pour l'exploitation, la méthode par tranches horizontales successives pour assurer une meilleur production.

Le coût de ces différentes opérations ont été calculé afin de prévoir les moyens nécessaires à leur mis en œuvre et de constater l'avantage économique acquit aussi bien par l'entreprise que par l'état malgache.

Sur le plan environnemental ,les impacts négatifs provoqués par l'exploitation sont tous faciles à remédier.

Par conséquent, nous avançons à la fin de la présente étude de pré faisabilité que la valorisation de ce gisement de saphir présente des intérêts aussi bien économiques que financières.

ANNEXE A

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Noms	page
Tableau I.2.2.ab.1	: Propriétés physico-chimiques et appellation du saphir	5
Tableau IV.3 .1	: Evolution de l'exportation de saphir	23
Tableau IV-4-1-1-1	: Sites des productions existantes	24
Tableau IV-4-1-2-1	: Les centres de taillage des pierres	24
Tableau IV-4-1-3.1	: Prix qualitatif de saphir	25
Tableau IV-4-2-3.1	: Taux des spécificités du marché	28
Tableau V.3.1	: Les travaux et la durée d'exécution d'installation du préexploitation	34
Tableau V.4.2.1	: Les travaux et la durée d'exploitation	37
Tableau V.4.6.2. 1	: Caractéristiques du camion	43
Tableau V.4.6.2.2	: Caractéristiques de bulldozer	43
Tableau V.4.6.2.3	: Caractéristiques de pelle hydraulique	44
Tableau V.4.6.2.4	: Caractéristiques de chargeuse sur pneus	45
Tableau V.4.6.2.5	: Caractéristiques des marteaux perforateurs	45
Tableau V.4.6.2.6	: Caractéristiques des groupes électrogènes	46
Tableau V.4.6.2.7	: Caractéristiques de compresseur	46
Tableau V.4.6.2.8	: Caractéristiques de motopompe	47
Tableau V.4.6.2.9	: Caractéristiques des matériels de forage	47
Tableau V.4.7.1	: La séquence d'exploitation annuelle	48
Tableau VI.2.2.1	: La ventilation des coûts d'investissements fixes	56
Tableau VI.2.2.2	: La répartition des parts des coûts d'investissements fixes en monnaie locale et en devises	57
Tableau VI.2.3.ab.1	: Le frais de personnel	59
TableauVI.2.3.c.1	: La rémunération des techniciens d'origine européenne	60
Tableau VI.2.4.a.1	: Estimation de la puissance et consommation en carburant	61
Tableau VI.2.4.b.1	: Dépense de déplacement vers chantier	61
Tableau VI.2.4.d.1	: Récapitulation du coût de carburant et de lubrifiant	62
Tableau VI.2.6.1	: Coût d'achat des matières consommables diverses	63
Tableau VI.2.9.1	: La répartition du fonds de roulement	64
Tableau VI.2.10.1	: Investissement sans intérêts intercalaires	64
Tableau VI.2.11.2.1	: Les intérêts intercalaires	66
Tableau VI.2.11.3.1	: Plan de financement	67
Tableau VI.2.11.4.1	: Remboursement des emprunts(10 ³ FMG)	68
Tableau VI.2.12.1	: Les amortissements	69
Tableau VI.2.13.1	: Analyse des charges annuelles	70
Tableau VI.2.14.1	: Compte d'exploitation prévisionnel(10 ³ FMG)	71
Tableau VI.2.15.1	: Plan d'investissement et de financement	72
Tableau VI.2.16.1	: Bilan prévisionnel	73
Tableau VI.2.19.b.1	: Calcul du taux de rendement interne	79
Tableau VI.3.2.1	: Evaluation en devises et monnaie locale du coût de revient	82
Tableau VI.3.4.1	: Calcul du flux de ressources	83
Tableau VII.2.1.1	: Impacts négatifs	86
Tableau VII.5.1	: Ordonnancement de la remise en état	91
Tableau VII.6.1	: Coût annuel de la remise en état	93

ANNEXE B

LISTE DES FIGURES

Numéro	Noms	page
Figure I.2.3.1	:Liste des différentes tailles des pierres	6
Figure II .1.1	: Plan de situation du gisement de Benenitra	8
FigureIII.1 .3 .1	: La carte géologique de Benenitra	13
Figure III.4.2.1	: Coupe généralisée du gisement de Benenitra	19
FigureIV.4.2.4.1	: Taux de production de saphir	29
Figure V.2.1	: Le plan de masse	31
Figure V.2.2	: Vue globale du site	32
Figure V.3.1	: Le graphe perte associé à la pré-exploitation	35
Figure V.3.2	: Diagramme de GANTT de pré-exploitation	35
FigureV.4.2.1	: Schéma de la fosse	36
Figure V.4.2.2	: Le graphe perte associé à l'exploitation	38
Figure V.4.2.3	: Diagramme de GANTT d'exploitation	38
Figure V.4.5.1	: Schéma d'évacuation de l'eau	40
FigureV.4.6.2..1	: Schéma du trajet	41
Figure V.4.6.2.2	:Photo de pelle hydraulique	43
Figure V.4.6.2.3	:Photo de chargeur sur pneus	44
Figure V.4.7.1	: Les courbes dues aux séquences d'exploitation	49
Figure V.5.2.1	: Flow- sheet de traitement	50
Figure VI.2.1.1	: Organigramme de l'entreprise minière	52
Figure VII.2.1	: Dégradation du site après exploitation des petits mineurs illicites	85
Figure VII.5.1	: Graphe PERTE	92
Figure VII.5.2	: Diagramme de GANTT	92

ANNEXE C

RECAPITULATION

Exploitation mécanisée :

Intitulé	: Exploitation de saphir par méthode semi – industriel Benenitra
Teneur	: 0.2 g / m³
Production annuelle	: 7093 g
Coût des investissements fixes	: 32 543 514,495 FMG ou 2 892 873,319 USD
Matériels utilisés	: Pelle mécanique, chargeur sur pneu, benne, moto pompe, groupe électrogène, camion sondeur + petit matériel et outillage
Effectif personnel	: 47
Frais de personnel	: 856 224 000 FMG (annuel)
Fonds de roulement	: 4 064 164 500 FMG
Total des investissements	: - ML: 3 904 321 711 FMG, Devise : 4 181 738160USD - 47 310 763 830 FMG

Plan de financement :

RESSOURCES	MONTANT		
	ML	D	Total [10 ³ FMG]
- Capital propre	1301440,57	1393912,72	15770254,61
- Crédit intérieur (Dette Moyen Terme)	2602881,141		2602881,141
- Crédit Extérieur(Dette à Long terme)		2787825,44	28937628,08
TOTAL	3904321,711	4181738,16	47310763,82
EMPLOIS			
- Investissements fixes	2 515 489,45	2 892 873,32	32 543 514,50
- Fonds de roulement	816 068,27	34 343,39	1 172 552,69
- Intérêts intercalaires	572763,995	1254521,45	13594696,63
TOTAL	3 904 321,71	4 181 738,16	47 310 763,82

Paramètres	Coûts
Chiffre d'Affaire	70933350,000
Charges fixes totales	1051368,520
Charges variables totales	4267672,48
Frais du personnel	856 224, 000
Intérêt sur les emprunts	3816095,680
Amortissement	5674357,009
Impôt sur les bénéfices	19643349,709
Bénéfice net après impôt	36480506,602
Consommation intermédiaire	4462817,000
1) Valeur Ajoutée	
Méthode directe	66470533
Méthode indirecte	66470533
2) Taux de marge	
Bénéfice brut	65614309,000
Bénéfice net après impôt	36480506,602
Taux de marge brut	0,9250
Taux de marge net	0,51429
3) Taux de rentabilité	
Investissement total	47310763,827
Taux de rentabilité de l'investissement total par rapport au bénéfice brut	1.386879
Taux de rentabilité de l'investissement total par rapport au bénéfice net	0,77108
4) Autonomie financière	
Capital propre	15770254,609
Emprunt local	2602881,141
Emprunt extérieur	28937628,08
Total des dettes	31652712,919
Autonomie financière	0,50
5) Productivité économique	
Productivité économique	0.5488
6) Ratios d'affectation de la V_{aj}	
Frais du personnel	856 224, 000
Impôt sur les bénéfices	19643349,709
Part du groupe salarié	0,01288
Part de l'Etat	0,29551
7) Point mort	
a) En pourcentage	9,539
b) En volume monétaire	6766435,5
8) Taux de Rendement Interne T_{RI}	
T_{RI}	43,32 %
10) Délai de récupération	

Délai de récupération	1,535
11) Coefficient d'intégration	
Crédit Intérieur	2602881,141
Crédit Extérieur	28937628,08
Capital propre (Monnaie Locale)	1509179,165
Frais sur place	3904321,711
Capital Propre (Devise)	1393912,72
Frais extérieur	30331540,79
Coefficient d'Intégration	0,1140

ANNEXE D

ABREVIATIONS

AN	: Application numérique
CIBJO	: Conseil Inter fédéral de la Bijouterie Joaillerie Orfèvrerie
Ct	: Carat
€	: Euro
FMG	: Francs Malagasy
J	: Joule
KW/CV	: Kilo-Watt / Chevaux Vapeur
NB	: Nota-Béné
NET	: Naturel Enhance Treated
PNB	: Produit National Brute
RN	: Route Nationale
ST	: Somme Totale
USD	: Dollars

ANNEXE E

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Professeur RAKOTONINDRAINY , cours économie et gestion minière, 2004
- [2] : Jacques BOULANGER , étude géologique des formations cristallines des feuilles Benenitra, Sakoa, Ianapera (1953)
- [3] : AUBERT GUY, GUILLEMIN CLAUDE , précis de minéralogie, Paris Masson, 1978
- [4] : Le saphir dans le monde entier
Paris : BORDAS , 1994
- [5] : Gîtologie et exploration minière Paris : technique et documentation, LAVOISIER, 1990
- [6] : BOUDREAU, Charles Eudore. Les petites mines, intérêts et conditions
de développement ,1983
- [7] : Direction générale de l'institut national de la statistique(INSTAT)
Situation économique 2004
- [8] : AUBOUIN JEAN, BROUSSE ROBERT, précis de géologie,
Paris Dunod, 1975
- [9] : Contribution à l'étude de l'aménagement du site d'exploitation du saphir d'ANKABAKA(région de Sakaraha), RAZAKAVOLOLONA Riana, 2002
- [10] : Optimisation de l'exploitation du gisement de saphir d'Ambohitsabo-
Maromena(Sakaraha), RANDRIAFENO Tolotrandry Rajo Daniella,2001
- [11] : [http : /// www. Google.com](http://www.Google.com)(mot clé: saphir)

ANNEXE F

RESUME

Nom	: MIADANTSOA
Prénom	: Manantena Rocky Evelyne
Titre	: ETUDE DE PREFAISABILITE DE L'EXPLOITATION DES SAPHIRS DANS LA REGION DE BENENITRA
Pagination	: 93
Tableaux	: 42
Figures	: 22

Résumé : La région de Benenitra est une zone prometteuse pour la production de saphir. Les résultats des travaux de prospection géologiques qui ont été faites depuis les années cinquante du siècle dernier, l'étude technico – économique, l'étude des impacts environnementaux que nous avons effectuées ont donné un résultat positif sur la préfaisabilité de l'exploitation de ce gisement. En plus cette étude confirme que le secteur mine est un secteur porteur pour le développement de l'économie malgache.

Rubrique :

Mots clés : - Saphir
- Exploitation
- Abattage
- Décapage

Directeur de Mémoire : Monsieur RAKOTONINDRAINY

Adresse de l'auteur : MIADANTSOA Manantena Rocky Evelyne
Lot F40 Bis Antanamandroso
Moramanga -514-