

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
LISTE DES PHOTOS	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
INTRODUCTION	1
PARTIE I : Présentation de la société UBP Madagascar	2
I. Activités.....	3
II. Organigramme de la société	4
III. Produits de la société	5
IV. Carrière en exploitaion.....	6
PARTIE II : Procédures et Traitements des Biens de la Carrière	8
I. Ancienne procédure d’exploitation de la carrière d’Andranovao	9
II. Procédure d’exploitation actuelle de la carrière d’Andranovao.....	20
III. Transport et chargement	25
IV. Traitement des matériaux extraits parpaings.....	26
V. Fabrication de parpaings	27
PARTIE III : • Discussions et recommandations	29
I. Comparaison des méthodes d’abattage ancienne et actuelle.....	30

II.	Les problèmes auxquels fait face la société	33
III.	Impacts de l'activité de la société sur l'environnement.....	34
IV.	Suggestions et recommandations	35
CONCLUSION		39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		I

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Exploseur	19
Photo 2 : Pelle mécanique 330DL en BRH et en chargeuse	25
Photo 3 : Circuit de concassage de l'UBP	27

LISTE DES FIGURES

Figure 1	: Carte de localisation de la carrière d'Andranovao à l'échelle 1/100000	6
Figure 2	: Ancienne procédures d'exploitation	9
Figure 3	Méthode par tranches horizontales en pleine largeur	10
Figure 4	: Géométrie d'un tir	12
Figure 5	: Emplacement des trous de mine en quinconce	14
Figure 6	: Amorçage latéral remontant -Cordeau détonant-Détonateur électrique.	18
Figure 7	: Nouvelles procédures d'exploitation	20
Figure 8	: Chargement des explosifs en mode artisanal.....	22
Figure 9	: Flow sheet du circuit de concassage de l'UBP	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Les produits de la société UBP	5
Tableau N°2 : Caractéristiques pétrographiques et minéralurgiques du massif	7
Tableau N°3 : Comparaison entre le minage professionnel et le minage artisanal	30

INTRODUCTION

Madagascar présente une grande potentialité en ressources minières. L'existence des différents gisements est un atout pouvant contribuer au développement économique du pays.

Actuellement, de nombreux promoteurs œuvrent dans le secteur minier en raison du profit qu'il procure. UBP Madagascar ou United Basalt Products Madagascar est une société intervenant dans l'exploitation des matériaux de construction, plus précisément le granite et le basalte. Cette entreprise occupe une place importante dans l'exploitation, la fabrication et la vente des agrégats dans le pays. Outre son activité, elle participe aussi dans la formation de jeunes étudiants en les accueillant comme stagiaire.

Le stage réalisé au sein de cette société nous a été avantageux. En effet, les missions qui nous ont été affectées nous ont permis d'acquérir une certaine expérience et de renforcer nos connaissances surtout dans le domaine de l'exploitation d'une carrière ainsi que l'exécution d'un tir de mine. Raison pour laquelle, ce présent rapport va s'orienter sur les techniques d'abattage des roches massives à l'explosif.

Ainsi la première partie de cet ouvrage va présenter la société UBP Madagascar, la seconde partie sera axée sur les procédures de travail et les traitements des biens de la carrière et la troisième et dernière partie discutera des problèmes et des améliorations techniques à apporter pour optimiser la production de la société.

Partie I : Présentation de la société UBP Madagascar

Etant une filiale de The United Basalt Products Limited, groupe fondé à l'île Maurice en 1953, UBP a commencé ses opérations à Madagascar depuis Janvier 2000. Le groupe UBP est présent à l'île Maurice, à l'île Rodrigues, au Sri Lanka et à Madagascar.

I. Activités

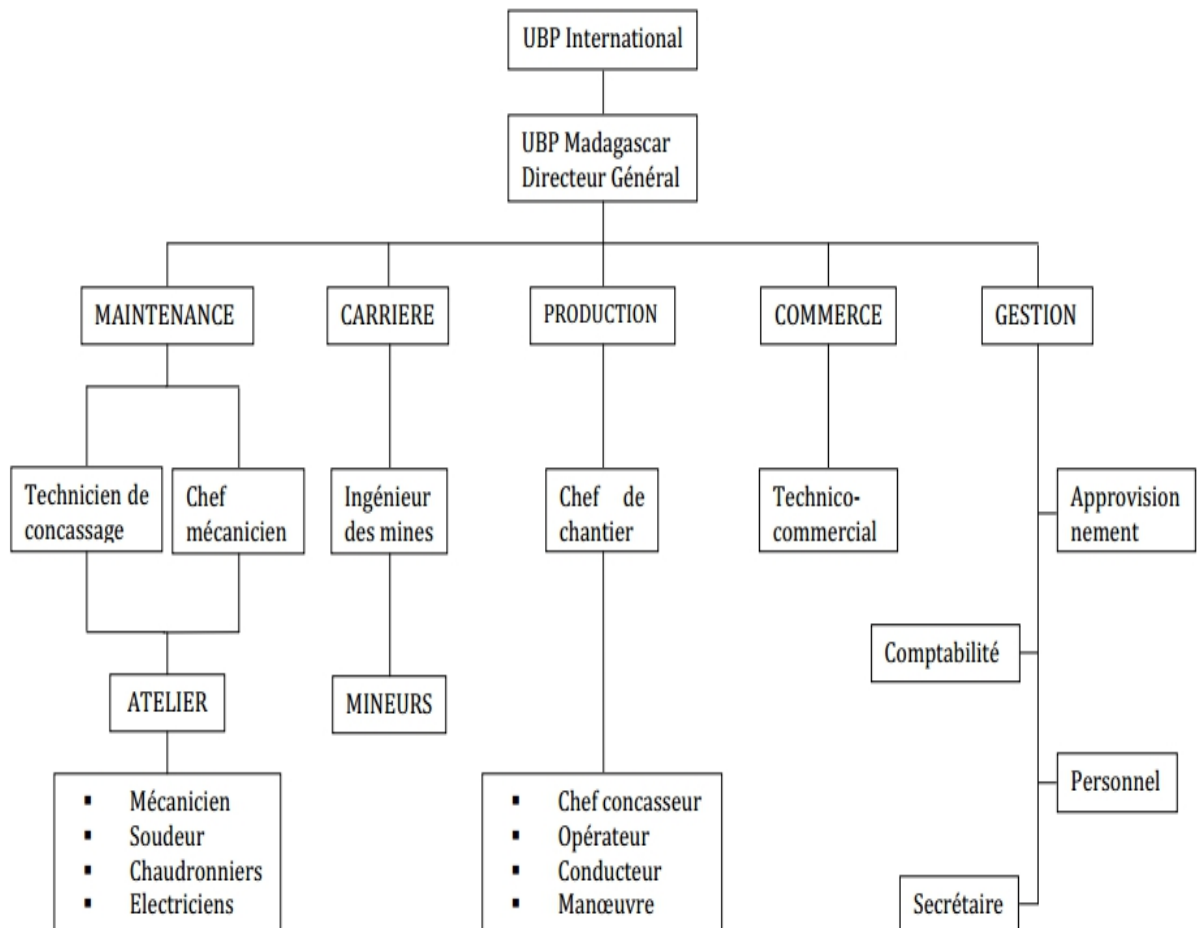
UBP Madagascar intervient principalement dans l'exploitation de carrière, la fabrication et la vente de matériaux de constructions tels que les agrégats (gravillons, sables de carrière...) et les matériaux préfabriqués (parpaings, buses, bordures, pavés autobloquants...) ; produits destinés aux entreprises spécialisées en BTP aussi bien qu'au grand public.

Les installations sont maintenant au nombre de deux à Madagascar. L'unité de production, qui se trouvait auparavant à Marodaza (PK 33), est bien installée à Ambohimalaza sur des terrains appartenant à l'UBP, où fonctionnent une unité de parpaings et une installation de concassage mécanique. Plus loin, à Tamatave (Ivoloina), le groupe a démarré une unité de fabrication de parpaings avec des machines semi industrielles. En 2008, l'UBP possédait également une carrière et une unité de concassage à Fort Dauphin. Une carrière et une unité mobile de concassage étaient également opérationnelles à 17 km de la ville sur la RN2 (PK 17) en 2009.

Actuellement, le siège de l'UBP se trouve à Ambohimalaza, au PK 14 de la RN2. UBP Tananarive a obtenu des contrats de tir de mines et management du concasseur de Sherritt Ambatovy (installation, essai, et formation de l'équipe) depuis 2009, ce qui représente un partenariat profitable pour l'UBP. La société a également réalisé des tirs un peu partout à Madagascar (Savalaina, Ranomafana, Beforona, Antsirabe).

II. Organigramme de la société

On peut voir la hiérarchie au sein de la société à partir de l'organigramme ci-dessous :



Dans la réalisation de ce présent rapport, le travail a été effectué au sein du département carrière et production.

III. Produits de la société

Les séries de production standards à l'UBP sont présentés dans le tableau ci-dessous. Toutefois, elles sont variables en fonction de la demande des clients. Ces produits sont principalement destinés à la construction et les travaux du génie civil (couche de base pour les routes, bétons, etc.).

Les agrégats	Dimensions	Les préfabriqués	Dimensions
Gravillons	5/15 ; 15/25	Parpaing	20 x 20 x 45
Tout venant	0/31,5		15 x 20 x 45
Sable	0 – 2 mm 0 – 4 mm 0 – 6 mm		10 x 20 x 45
Caillasse	30 – 70 mm	Agglos à bancher	-
Ballast	0 -100 mm	Agglos de chainage	-
Mignonette	4/10	Agglos d'angle	-
-	-	Hourdis 20	-
-	-	Bordure T2-50cm	-
-	-	Bordure T2-01m	-
-	-	Pavé I	-

Tableau N°1 : Les produits de la société UBP

IV. Carrière en exploitation

Actuellement, la société possède deux carrières en exploitation, celle d'Andranovao et d'Ivoloina, et une autre en cours d'ouverture. Ce présent rapport sera axé uniquement sur les travaux d'exploitation réalisés au sein de la carrière d'Andranovao.

IV.1. Situation géographique

Cette carrière est située dans le fokontany d'Andranovao, à environ 4 ou 5 km de ses locaux (RN2, PK 14), Commune Rurale Ambohimafaza Miray, District Avaradrano, Région Analamanga. Elle est facilement accessible puisqu'une portion de route est en goudron tandis que le reste est en terrain battu. La carrière d'Andranovao est située sur le versant sud de la colline, à 8 km à l'Est de la ville d'Antananarivo à vol d'oiseau. Des habitations et diverses infrastructures sociales se rencontrent à proximité de cette carrière à environ 200 à 250 m. Elle est exploitée depuis 2007.

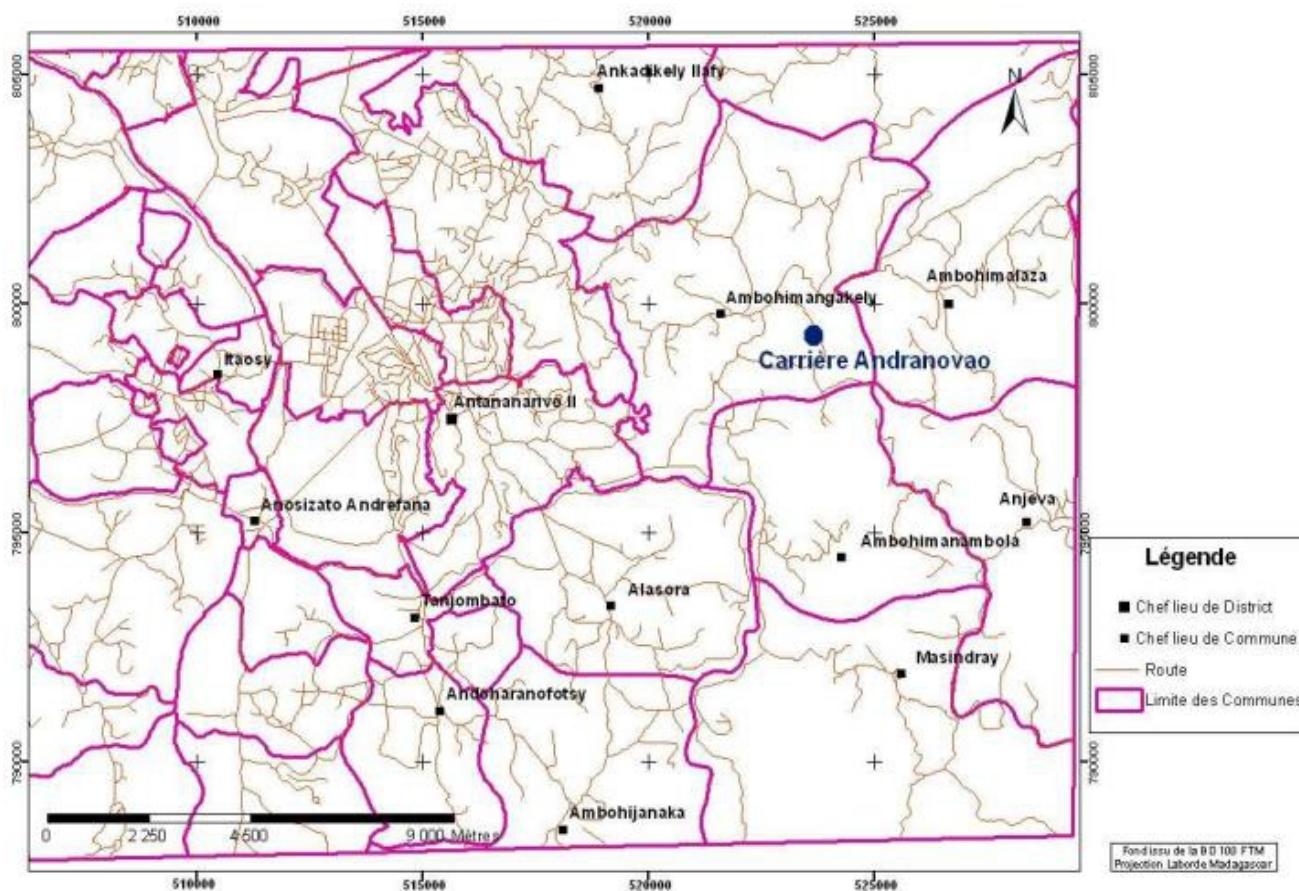


Figure 1 : Carte de localisation de la carrière d'Andranovao à l'échelle 1/100000

IV.2 Paysage et végétation

Dans son ensemble, le paysage est caractérisé par des collines avec des vallées aménagées en rizières. La prédominance de couleur verte jaunâtre de la végétation avec quelques petites forêts de sapins et d'eucalyptus laisse deviner la forte activité de feux de brousse, typique de la région. Les environs du site sont surtout marqués par un paysage rural dominé par la brousse herbeuse et le bocage à eucalyptus qui recouvre les sommets et les flancs des collines.

IV.3 Géologie du périmètre

La région d'Ambohimalaza appartient au domaine géologique d'Antananarivo, elle a subi une granitisation intense, qui se traduit par l'existence de vastes ensembles granitiques. Des migmatites granitoïdes et des granites migmatitiques, par endroit à faciès Charnockitique, constituent les matériaux à extraire de la carrière.

IV.4 Caractéristiques pétrographiques et minéralogiques du massif

Les caractéristiques pétrographiques et minéralogiques du massif peuvent être résumés par le tableau suivant :

Appellation	Granite migmatitique
Composition minéralogique	Quartz, feldspath, biotite, et amphibole
Couleur	Généralement leucocrate, par endroit un peu rosée
Structure	Moyennement grenue (1 à 3 millimètres)
Texture	Massive

Tableau N°2 : Caractéristiques pétrographiques et minéralurgiques du massif

Partie II : Procédures et Traitements des Biens de la Carrière

I. Ancienne procédure d'exploitation de la carrière d'Andranovao

Auparavant, l'exploitation de la carrière d'Andranovao se faisait de manière moderne et technique, méthode par tranches horizontales en pleine largeur, par gradin de 6 m de hauteur et de banquette égale à 2m, de la partie haute vers la partie basse, et l'aménagement des rampes d'accès se dessine au fur et à mesure que l'exploitation évolue. L'angle d'inclinaison du front est égal à 0° et l'abattage se faisait à l'explosif. Avant tout travaux d'abattage, le défrichement de la couverture végétale et le décapage des stériles sont des étapes incontournables.

En général, les différentes procédures suivies dans l'exploitation de cette carrière peuvent être englobées dans ce schéma

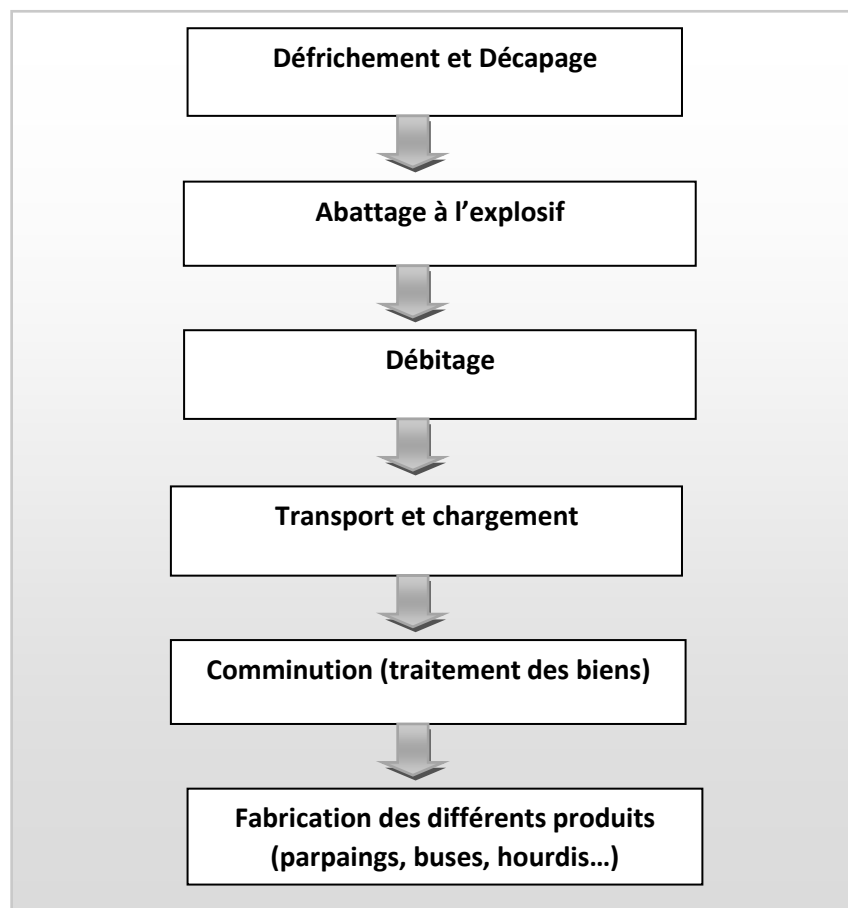


Figure 2 : Ancienne procédures d'exploitation

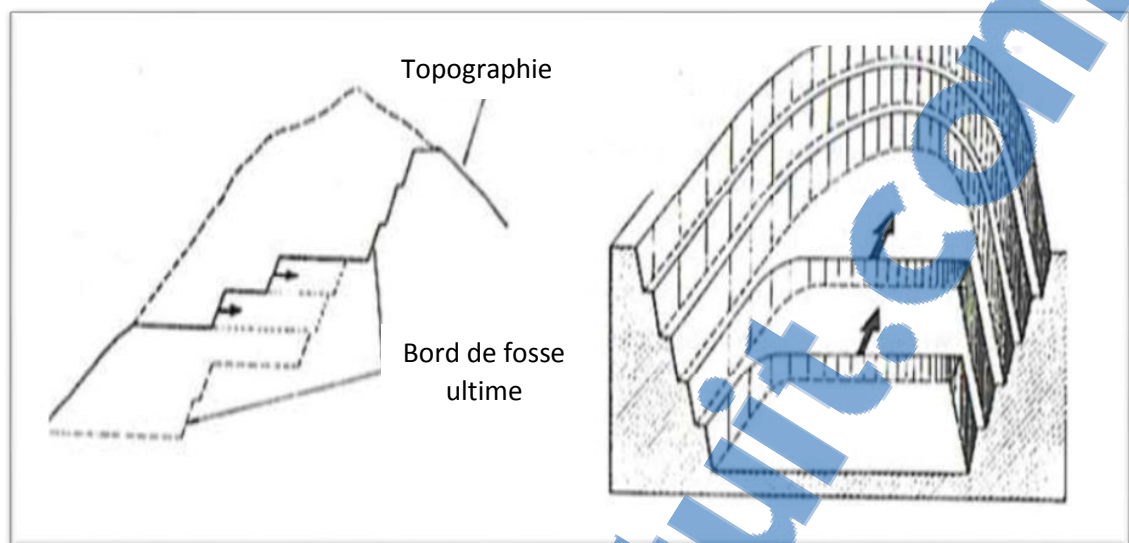


Figure 3 : Méthode par tranches horizontales en pleine largeur

I.1 Schéma de tir habituellement adopté par la société UBP

Le schéma de tir adopté comprend trois rangées de trous verticaux parallèles au front d'abattage. Les formules appliquées ci-dessous sont des formules très empiriques mais les valeurs réellement appliquées varient en fonction des contraintes in situ, de la réalité sur le terrain.

I.1.1 Plan de foration

Le plan de foration représente la géométrie des forages, il définit les données suivantes :

- **Le diamètre de foration** dépend du diamètre de taillant
- **La banquette B** qui désigne la distance minimale entre les trous et les surfaces libres donc l'épaisseur de roche à abattre. Elle dépend des objectifs technicoéconomiques, de l'explosif, et de la hauteur du front ;

La banquette est en fonction du diamètre de trou et la dureté des roches. Plus les roches sont tendres, plus la banquette serait plus grande c'est-à-dire :

B pour les roches dures < B pour les roches tendres

➤ **L'espacement E_s** ou la distance séparant les trous voisins d'une même rangée est définie à partir de la valeur de B ;

L'espacement est en fonction de la banquette de trou et la dureté des roches. Plus les roches sont tendres, plus l'entraxe serait plus grand c'est-à-dire :

E pour les roches dures < E pour les roches tendres

➤ **Maille et rapport de maille**

La maille est le produit de l'espacement E_s et de la banquette B. Elle est généralement régulière, mais en souterrain, elle est plus irrégulière et complexe. Elle influe grandement sur l'ordre et les délais des tirs ainsi que sur le prix.

En effet, une maille resserrée :

- ❖ Améliore l'homogénéité de la fragmentation car les différents trous de foration seront plus proches ;
- ❖ Diminue les charges et quantités d'explosifs car les mailles seront réduites
- ❖ Augmente le coût de foration et d'amorçage car le nombre de détonateurs croît avec le nombre de trous.

Le rapport de maille est égal au rapport de l'espacement sur la banquette et dépend essentiellement des objectifs poursuivis : pour une bonne fragmentation, le rapport doit être aussi élevé que possible, entre 1.2 à 1.5, pour une bonne régularité du talus ou par commodité, il est souvent voisin de 1, pour la production d'enrochement, il est recommandé de le réduire à une valeur inférieure à 1 ;

➤ **La surprofondeur S_p** qui est liée essentiellement à la banquette, favorise la bonne sortie du pied. Son rôle devient nul ou insignifiant si le massif a des discontinuités horizontales prédominantes. Elle augmente aussi avec la profondeur du trou et le nombre de rangées ;

➤ **Le nombre de rangées et la géométrie du front** : ces deux paramètres de base liés entre eux dépendent du volume de production par tir, des performances des engins de chargement, de l'engin de foration, de l'environnement qui limite parfois la charge du trou (donc la hauteur du front) pour respecter les valeurs admissibles de vibrations. Le nombre de rangées est de 2 maximum en tir classique ;

➤ **L'inclinaison du forage I** : est un paramètre secondaire relativement indépendant lié au mode de foration et à la qualité du foreur, qui sont essentiels si l'on décide d'incliner les trous. Elle est fonction de la hauteur et profil du front, et des conditions de stabilité de la roche ;

Si $H < 10$ m, $0 \leq I < 10$ degrés

Si $10 \leq H < 30$ m, $15 < I < 30$ degrés

En règle générale, l'inclinaison entre 10 et 15 degrés, notamment de la première rangée, peut apporter généralement les avantages suivants : meilleure sortie du pied, meilleure fragmentation en tête, diminution des effets arrière.

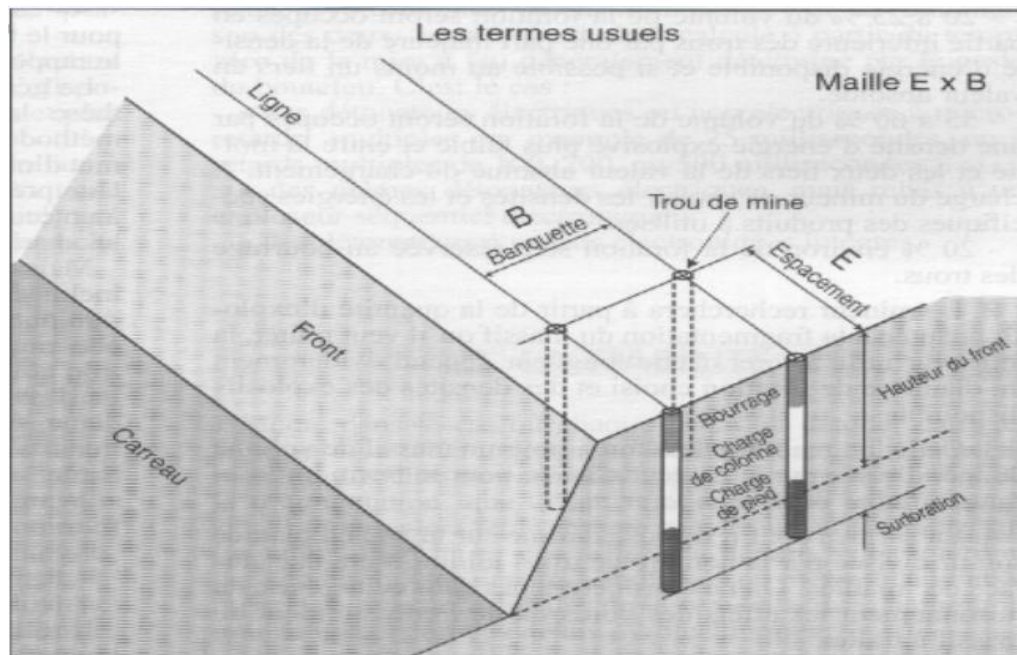


Figure 4 : Géométrie d'un tir

Application pour le cas de l'UBP

➤ La banquette B

$\text{Banquette} = 32 \times \phi$

$$B = 32 \times \phi = 32 \times 0,076 = 2.4 \text{ m} \approx 2\text{m}$$

➤ **L'espacement E_s ou entraxe**

Entraxe = 1 à 1,5 B

Entraxe = 1 à 1,5 x 2 = 2 à 3 m \approx 2 m ;

➤ **Maille et rapport de maille de foration**

Maille = B x E_s = 2 x 2 = 4m²

Rapport de maille = E_s / B = 2 / 2 = 1

➤ **Profondeur du trou :**

Profondeur maximale = 200 x ϕtaillant = 200 x ϕtrou
--

Profondeur maximale = 200 x 0,076 = 15,2 m

Surprofondeur = 0,15 à 0,3 x B

Surprofondeur = 0,15 x 2 à 0,3 x 2 = 0,3 à 0,6 m

A Andranovao, la profondeur des trous varie de 6 à 7 m. Pour le calcul, on prend une valeur égale à 7 m pour la profondeur de foration et la surprofondeur est égale à 0,5 m.

➤ **Inclinaison : 0 degré**

➤ **Nombre de trous : 20**

Le nombre de trous est en partie limité par les numéros des détonateurs disponibles chez le fournisseur. En effet, le détonateur électrique ne possède que 21 microretards.

➤ **Nombre de rangées : 3**

Le nombre de rangées est limité par rapport à l'emplacement des trous sur la zone de tir.

Première rangée : 4 trous

Deuxième rangée : 8 trous

Troisième rangée : 8 trous

La foration en quinconce améliore grandement la fragmentation.

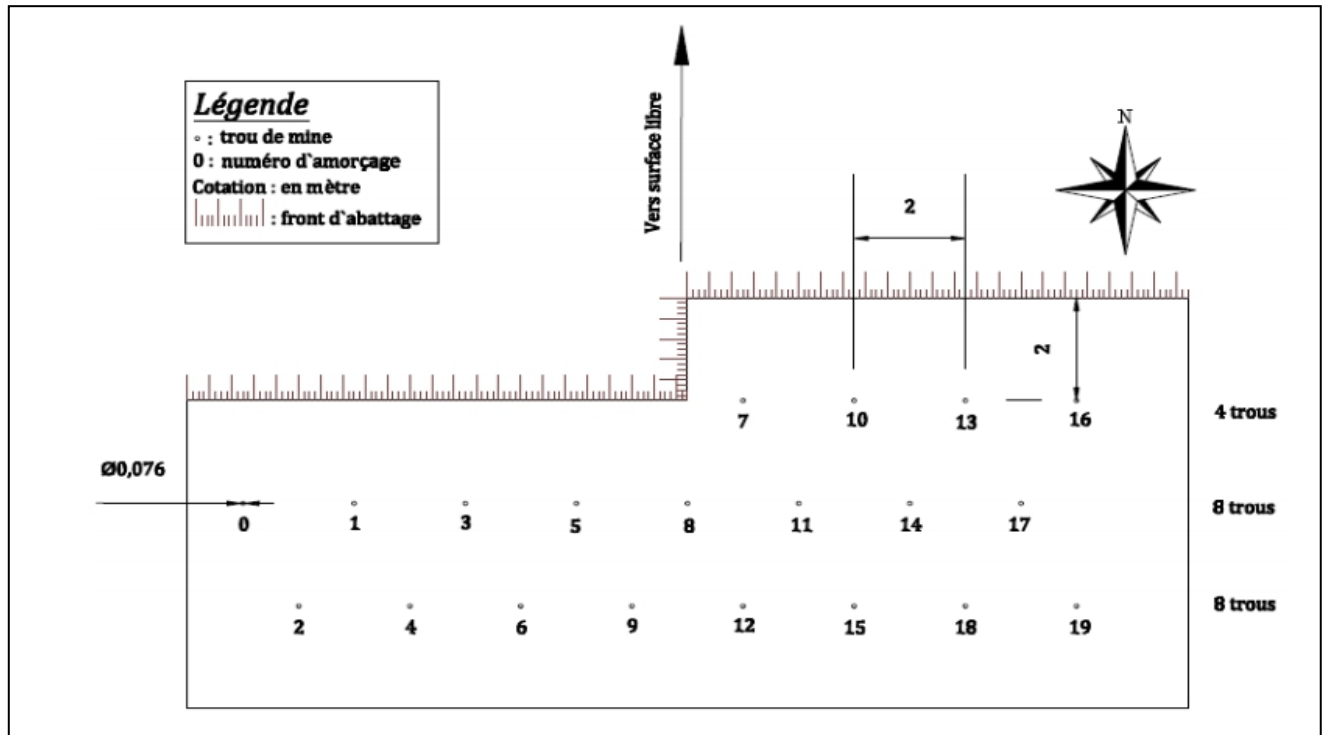


Figure 5 : Emplacement des trous de mine en quinconce

I.1.2 Plan de chargement

Choisir un explosif bien adapté aux objectifs et aux contraintes est un problème que tout exploitant doit résoudre en collaboration avec les fabricants. On choisit le type et la quantité d'explosifs en fonction du rocher à abattre, de la présence d'eau (venues d'eau dans les trous de mines et conditions climatiques), de l'énergie à mettre en œuvre (performance de l'explosif) pour obtenir le résultat souhaité (gaz, choc), des explosifs disponibles ainsi que de leur coût.

❖ **Charge de pied** : EMULSTAR 8000 PLUS de TITANOBEL de 60mm de diamètre. La charge de pied assure le cisaillement de la partie basse et son déplacement, donc l'explosif doit avoir une énergie importante, comme la dynamite et l'émulsion. On choisit l'émulsion pour plusieurs raisons : c'est un explosif inodore, non toxique, moins sensible au choc, mais à forte énergie. L'absence de nitroglycérine lui confère confort et sécurité vis-à-vis de l'utilisateur.

La charge spécifique correspond à la quantité d'explosif (nombre de kilogrammes ou de grammes) utilisée pour abattre un mètre cube de roche, en place ou abattu. C'est l'outil principal pour caractériser un tir. Elle varie, pour un explosif donné, avec le comportement mécanique de la roche et les objectifs de granularité recherchés.

Elle sera la somme de la masse de tous les explosifs mis en œuvre, divisé par le volume du tir

$$\text{Charge de pied} = \text{Volume en place} \times \text{Charge spécifique } C_s$$

Volume en place = Maille x Profondeur de foration

$$C_s = M_t/V_t$$

M_t : Masse totale des explosifs

V_t : Volume du tir

Application Numérique

Avec Volume en place = Maille x Profondeur de foration = 2 x 2 x 7 = 28 m³

et $C_s = 0,08 \text{ kg/m}^3$ pour l'émulsion

Charge de pied = $28 \times 0,08 = 2,24 \text{ kg}$

Une cartouche d'EMULSTAR pèse 1,5625kg et mesure 0,4 m ; soit une cartouche d'EMULSTAR par trou suffit pour la charge de pied.

Charge de pied totale = 20 cartouches d'EMULSTAR = $20 \times 1,5625 = \mathbf{31,25 \text{ kg}}$

❖ **Charge de colonne** : La charge de colonne assure la fragmentation et le déplacement, par conséquent, l'explosif doit avoir une énergie moyenne ou faible : l'émulsion si on a un tir subaquatique, le nitrate fuel si le trou est sec.

On choisit le nitrate fuel. C'est un explosif nitraté formé par le mélange binaire de nitrate d'ammonium et de gasoil (50 kg de nitrate d'ammonium + 4L de gasoil), livré en vrac. Très soluble dans l'eau, son utilisation dans un milieu humide nécessite l'emploi de gaine plastique souple.

Comme le nitrate est en vrac, on doit définir ce que l'on appelle densité après tassement **d**

$d = 0,75 \text{ kg/dm}^3$ pour le nitrate fuel.

Charge de colonne = Charge linéaire x Longueur de la charge de colonne

Charge linéaire = Surface du trou x d

Avec Surface du trou = $\pi \phi^2 / 4$

ϕ : diamètre de foration

Application numérique

Surface du trou = $\pi \times 0.076^2 / 4 = 0,453 \text{ dm}^2$

Charge linéaire = $0,453 \times 0,75 = 0,34 \text{ kg/dm} = 3,4 \text{ kg/m}$

Longueur de la charge de colonne = Profondeur de foration – Bourrage – Longueur de la charge de pied

Longueur de la charge de colonne = $7 - 2 - 0,4 = 4,6 \text{ m}$

Charge de colonne = $3,4 \times 4,6 = 15,64 \text{ kg/trou} \approx 15 \text{ kg/trou}$

Soit la charge de colonne totale est égale à :

Charge de colonne totale = $15 \text{ kg/trou} \times 20 \text{ trous} = 300 \text{ kg}$

Nitrate fuel : 50 kg de nitrate d'ammonium + 4L de gasoil

Dans ce cas précis, 300 kg de nitrate d'ammonium est mélangé avec 24L de gasoil.

❖ Bourrage

C'est le matériau mis en place dans un trou de mine à la suite d'une charge pour faciliter son travail pendant l'explosion. Il est destiné à maintenir la pression ou le confinement des gaz dans la cavité donc réduit les projections. Le bourrage désigne aussi

l'opération de mise en place de ce matériau. Le bourrage final est égal à la banquette si amorçage hors du trou et $\frac{1}{2}$ banquette si amorçage fond de trou.

Dosage du bourrage

Bourrage : gravillons non compactés de dimensions 5 / 15 mm

En amorçage fond de trou :

$\text{Bourrage} = 0,5 \times B$
--

$$\text{Bourrage} = 0,5 \times 2 = 1 \text{ m.}$$

Comme Andranovao se trouve à proximité des villages, la longueur de bourrage prise est celle égale à 2 m.

$$\text{Bourrage} = 2 \text{ m}$$

$\text{Facteur poudre} = \text{Charge totale} / \text{Volume en place}$

$$\text{Charge totale} = 31,25 + 300 = 331,25 \text{ kg}$$

$$\text{Volume en place} = 28 \text{ m}^3/\text{trou} \times 20 \text{ trous} = 560 \text{ m}^3$$

$$\text{Facteur poudre} = 331,25 / 560 = 0,591 \text{ kg/m}^3 \approx 500 \text{ g/m}^3$$

I.1.3 Plan d'amorçage

A Andranovao, l'amorçage est latéral ; le cordeau détonant est placé tout au long du trou et la détonation est propagée du bas vers le haut. Il doit être amorcé par un détonateur électrique que l'on place au fond du trou. Le cordeau détonant est le TITACORD 12 (la masse linéique de pentrite qu'il contient est de 12 g/m), commercialisé sous une longueur de 250 m. On peut le couper ou le rallonger par un fil SYNDUEX suivant la longueur de foration. Tandis qu'on utilise le détonateur électrique moyenne intensité DAVEYDET.



Figure 6 : De gauche à droite ; Amorçage latéral remontant -Cordeau détonant- Détonateur électrique.

I.1.4 Mise à feu

Par précaution de sécurité, on doit court-circuiter et isoler les fils après leur assemblage pour éviter tout risque d'accident pouvant être causé par un courant vagabond. Le générateur de courant est un exploseur classique à condensateur en tir électrique. L'exploseur se compose d'un boîtier comportant extérieurement deux bornes de connexion et une poignée de manœuvre amovible. La ligne de tir est le fil électrique qui relie l'exploseur et le détonateur. Pour une économie de la ligne de tir, on utilise le fil SYNDUEX commercialisé en rouleau de 100 m.

Il est nécessaire de bien vérifier le plan de connexion en s'assurant que chaque trou est bien connecté et que la séquence de tir est comme ce qu'on a prévu dans le plan de connexion. Le matériel prévu à cet effet est l'ohmmètre, il possède un afficheur numérique qui affiche directement la résistance des amorces.

Le boute-feu quitte le chantier en dernier, la mise à feu est effectuée par lui-même après s'être personnellement assuré que toutes les mesures de sécurité ont été appliquées. Un délai d'attente minimum de 3 minutes est à respecter avant le retour au chantier pour vérifier s'il y a eu des ratés (culot ou canon).



Photo 1 : Exploseur

I.1.5 Présentation des résultats

Les résultats après le tir sont les suivants :

- Aucun raté ;
- Les blocs de roche se sont bien détachés. On a remarqué qu'ils sont de grosse dimension à l'arrière front tandis que ceux de devant ont une dimension réduite. La dimension des gros blocs est de l'ordre de 500mm, ce qui convient bien à l'ouverture du concasseur.
- Le pied est bien sorti et on a constaté que le tas est moins étalé.
- Voici le bilan final des charges explosives utilisées : la charge de pied totale est égale à 31,25 kg, celle de colonne est égale à 300 kg. Soit la charge totale est égale à 331,25 kg.

En effet, la granulométrie et la forme du tas sont les résultats directs du tir. Ces deux paramètres jouent un rôle fondamental sur les opérations de chargement et de concassage. Normalement, elles font l'étude de mesures spécifiques mais une observation visuelle permet quand même de les apprécier. Après vérification par le boutefeu de l'état des lieux, le chargement et le transport des blocs de roches vers le site de traitement qui se trouve à 5km de la carrière sont effectués.

II. Procédure d'exploitation actuelle de la carrière d'Andranovao

La nouvelle méthode d'exploitation diffère de l'ancienne par le mode d'abattage utilisé. Le schéma suivant présente les différentes étapes de travail suivies depuis la carrière jusqu'au traitement.

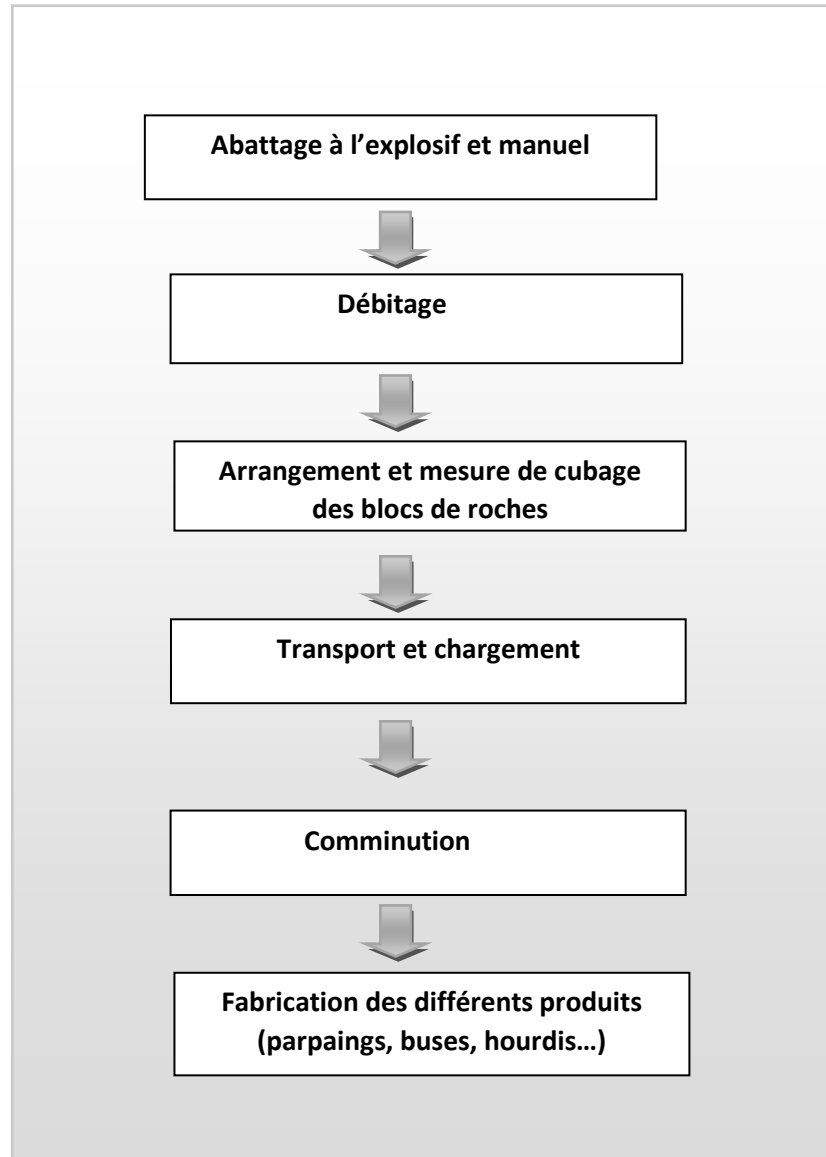


Figure 7 : Nouvelles procédures d'exploitation

En raison des nuisances causées par les tirs sur les infrastructures aux alentours et la plainte de la population d'Andranovao, la société a décidé de mettre fin au tir de mine professionnel dans l'abattage, pour un certain temps, et a plutôt opté pour des tirs artisanaux

effectués par des casseurs. Les méfaits de l'opération de minage effectuée par l'UBP sur l'entourage se résument par :

- La fissuration, l'effondrement de certaines habitations et la présence d'un haut risque d'effondrement pour d'autres favorisés par les intempéries ;
- L'affaissement de certains tombeaux ;
- L'ensablement des rizières ;
- La perturbation du quotidien de la population due aux bruits et vibrations.

II.1 Le schéma de tir actuel employé par l'UBP

La méthode d'abattage utilisée actuellement par la société fait intervenir le tir de mine mais de manière artisanale. Le tir à Andranovao est essentiellement utile pour provoquer des fissures dans le massif afin d'accélérer l'abattage à la main. Dans ce cas, on ne peut espérer aucune quantité de volé lors du tir. Il est réalisé une à deux fois par semaine selon la production à atteindre.

II.1.1 Foration des trous

Comme tout procédé de tir, la foration des trous dans lesquels les explosifs seront chargés doit être réalisée. La foration est exécutée à partir d'un outil à main dont les caractéristiques sont les suivants :

- Barre en acier cylindrique ;
- Diamètre environ 25mm ;
- Longueur 2m.

La profondeur de chaque trou ne dépasse pas 2m et leur nombre varie entre 20 à 30 trous pour chaque tir. La durée de foration d'un trou va dépendre de la profondeur ainsi que de la dureté du matériau constituant le massif, mais dans ce cas précis, elle dure une journée à une journée et demie.

La méthode utilisée par les casseurs est simple, ils frappent la barre avec un marteau et en même temps ils lui transmettent un mouvement de rotation, cet ensemble de mouvement

roto-percutant permet la foration du trou. Ici, l'eau joue des rôles importants, elle intervient dans le mouillage de la roche ainsi que dans l'évacuation des cuttings réalisé à l'aide d'un bambou.

II.1.2 Plan de chargement

Les casseurs utilisent des nitrates fioul et des gommes émulsions (EMULSTAR, SUPERPOWER) mais à faible quantité. En tant que tir artisanal, un cartouche de gomme émulsion et un cartouche de nitrate peut servir à charger 5 trous. Le plan de tir n'existe pas puisque les trous sont répartis irrégulièrement.

Avant le chargement, les émulsions sont enveloppées dans un papier journal et leur diamètre est mis en conforme avec celui du trou. La longueur de chaque pièce d'émulsion enveloppée est d'environ 10cm. Le plan de chargement est défini par : la charge explosive (nitrate fioul + émulsion), le détonateur (électrique) et le bourrage (sable de carrière).

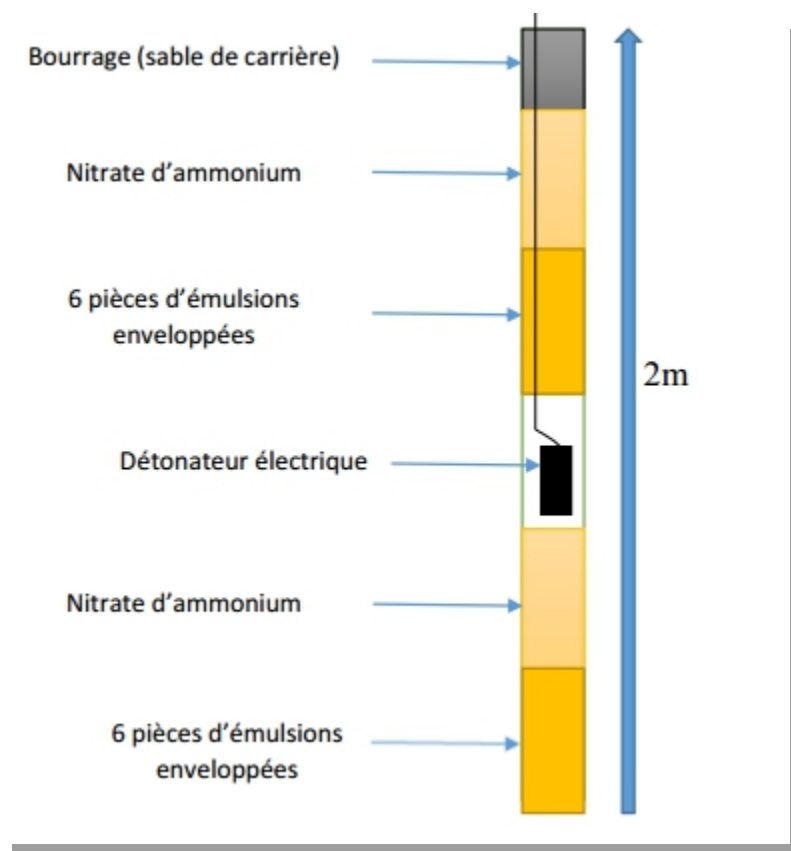


Figure 8 : Chargement des explosifs en mode artisanal

II.1.3 Amorçage

Par expérience, ces casseurs pouvaient situer les points donnant de large fissure et c'est à partir de ces derniers qu'ils forent les trous ; ils emploient des détonateurs électriques portant le numéro zéro. La connexion entre les détonateurs est impossible à cause de l'éloignement de l'emplacement de chaque trou mais elle est réalisable si les trous sont proches. En effet, les explosifs ne détonent pas en même temps car la connexion avec l'exploseur se fait successivement les uns après les autres.

II.1.4 Procédure de tir

Avant l'exécution d'un tir proprement dit, il faut réaliser les procédures suivantes :

- Informer les autorités concernées de la date et l'heure prévues pour le tir au plus tard la veille ;
- Informer le voisinage, par voie d'affichage, la date et l'heure du tir la veille du tir ;
- Mettre les panneaux indiquant la date et l'heure du tir et les drapeaux rouges aux endroits bien visibles par le public le jour du tir ;
- Transférer sous escorte policière les substances explosives et détonantes (SED) déposées à la gendarmerie d'Ambohimangakely ;
- Charger les SED dans les trous en présence des gendarmes d'escorte et préparer la ligne de tir ;
- Avertir les voisinages par voix de sifflet 30 mn avant le tir ;
- Evacuer les gens loin de la carrière par portevoix et sifflet 15 mn avant le tir ;
- Quand le boutefeu s'est assuré que toute est prêt pour le tir, procéder à la mise à feu ;
- Consulter le poste tir pour savoir s'il n'y a pas eu de projection ou de dommage pour autoriser l'accès au site ;
- Faire viser le rapport du tir par les gendarmes qui ont assistés au tir.

II.1.5 Mise à feu

Le générateur de courant est une batterie classique de 24V. La ligne de tir est le fil électrique, un fil SYNDUEX, qui relie la batterie et le détonateur. Quelques minutes avant la mise à feu, des coups de sifflets retentissent afin de prévenir les personnes travaillant dans la carrière ainsi que ceux aux alentours du début du tir. Ainsi, ils pourront évacuer les lieux et se mettre dans des endroits sûrs. Un responsable branche le fil SYNDUEX à la batterie et les charges explosives détonnent. A la fin du tir, les charges qui n'ont pas explosés sont vérifiées (connexion entre fil et détonateur) et la mise à feu est reprise jusqu'à ce que toutes explosent. Les casseurs accomplissent tous les travaux et aménagements avant et au cours du tir. Mais tous les matériels, engins et explosifs nécessaires à l'opération de minage sont à la charge de la société. Ainsi, pour un bon déroulement de la production, deux engins sont disposés à la carrière pour aider les casseurs pendant tous les travaux d'exploitations, exclusivement le débitage et l'arrangement des roches abattues avant de les mettre en mesure (mesure de cubage) et de les transporter.

II.2 Débitage, arrangement et mesure de cubage des blocs

Le tir a permis l'obtention de nombreuses fissurations, les casseurs escaladent le massif et ils abattent manuellement les blocs fissurés en se servant d'une barre à mines. Une fois extraits, les gros blocs dont les dimensions ne sont pas admises dans le concasseur sont débités par la BRH ou Brise Roche Hydraulique puis ils sont arrangés de manière à obtenir une forme rectangulaire ou carré. Ceci est effectué afin de faciliter la mesure du cubage des blocs. A partir d'un décimètre, la longueur puis la largeur et enfin la hauteur sont prises, leur produit donne le cubage.

❖ Importance de cette mesure de cubage :

Le résultat issu de cette mesure est loin d'être exacte, cependant elle sert d'approximation permettant de définir le résultat du tir, le salaire des casseurs puisque 1m^3 de ces blocages vont coûter 5000 Ariary à la société ainsi que la quantité de blocs de roches disponible dans la carrière.

III. Transport et chargement

Le chargement des produits est assuré par une pelle mécanique de référence 330DL de marque Caterpillar qui peut servir à la fois de Brise Roche Hydraulique (BRH) et de chargeuse. La pelle permet le chargement des blocs de roches dans les camions à bennes qui assurent leur transport vers le site de traitement, le purgeage des fronts, et le triage des blocs de dimensions différentes.

La société possède trois camions actifs dont l'un a une capacité de 8.75m^3 et les deux autres 7m^3 .

La capacité d'un godet est de 1.75m^3 , les deux camions de capacité 7m^3 sont chargés avec 4 godets pour un voyage tandis que l'autre camion est chargé avec 5 godets. Un voyage dure en moyenne 45mn. En une journée de 8h de travail, un poste réalise en moyenne 10 voyages s'il n'y a pas de panne mécanique. La quantité journalière de blocs issue de la carrière d'Andranovao approxime les 227.5m^3 en moyenne.



Photo 2 : Pelle mécanique 330DL en BRH et en chargeuse

IV. Traitement des matériaux extraits

Les blocs de granite sont transportés sur le site de concassage pour être transformés en blocage, caillasse, tout venant, gravillon, sable etc. L'installation de concassage classique telle qu'à Ambohimalaza est composée de :

- Concasseur à mâchoires (1) ;
- Broyeur à cônes (1) ;
- Trémie de stockage, avec son distributeur à la base, des produits concassés (1);
- Crible vibrant (étagés) (3) ;
- Organes de liaison entre les divers appareils (bandes transporteuses).

Pour que les gros blocs soient admis par le concasseur, il faut que leurs dimensions ne dépassent pas son ouverture (longueur : 1000 mm, largeur : 800mm).

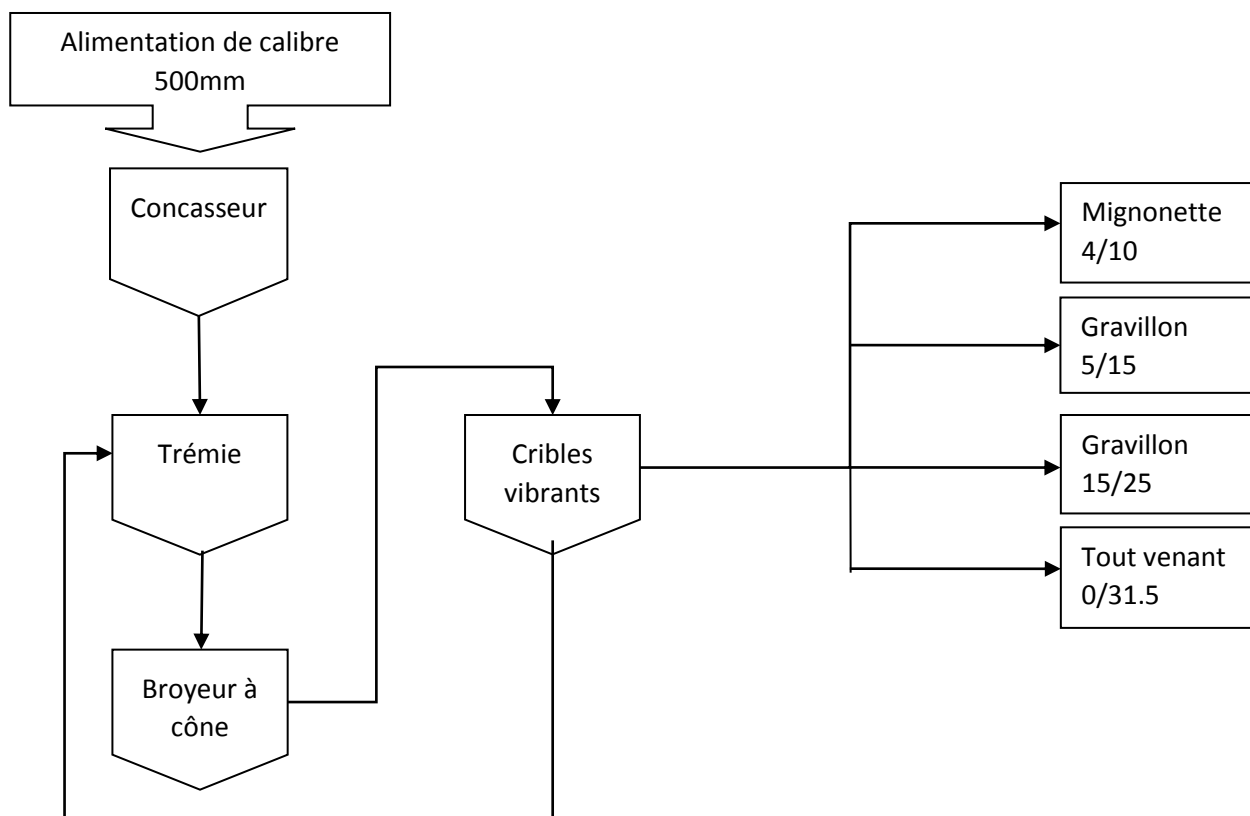


Figure 9 : Flow sheet du circuit de concassage de l'UBP



Photo 3 : Circuit de concassage de l'UBP

V. Fabrication de parpaings

Le concasseur distribue des variétés d'agréats, suivant leur dimension. Ainsi, à partir de ces agréats, la société fournit des produits préfabriqués. Ces derniers sont formés par l'assemblage d'agréat de calibre 5/15 mm (gravillon), du ciment et de l'eau.

Circuit de fabrication du parpaing :

- Un bétonnier conditionne le mélange gravillon 5/15 + ciment + eau.
- Le béton est transporté dans des brouettes vers la machine pondeuse
- Les formes géométriques du parpaing sont façonnées par cette machine pondeuse connue sous le nom de DOUBELLE, elle est constituée d'une moule et d'un dameur.

La production peut aller jusqu'à 10000 parpaings par jour et le temps du séchage est de 24 h jusqu'à 72h. Le bétonnier est alimenté par un groupe électrogène de 150 KVA, ce dernier assure l'alimentation en électricité du chantier.

Le transport du béton et la manipulation de la machine pondeuse nécessitent un travail manuel. De ce fait, la société emploie une dizaine d'ouvriers dans ce poste.

Notons que les produits parpaings se classent en trois catégories selon leur dimension :

- Parpaing de 20 (20x20x45)
- Parpaing de 15 (15x20x45)
- Parpaing de 10 (10x20x45)

La pondeuse peut fabriquer en un seul coup 5 parpaings pour la première catégorie, 6 pour la seconde et 9 pour la troisième. La société UBP reste leader sur le marché national dans la fabrication et vente de ces préfabriqués. Ses produits diffèrent des autres par leur qualité et leur résistance.

Partie III : Discussions et recommandations

I. Comparaison des méthodes d'abattage ancienne et actuelle

I.1 Mode d'exécution et technique d'abattage

Le matériau exploité dans la carrière d'Andranovao, le granite, est un matériau à la fois dur et résistant. Dans tous les cas, son extraction nécessite l'utilisation d'explosifs. Le tableau suivant donne un aperçu de l'analogie et la différence entre les opérations de minage à la fois techniques et professionnelles et les opérations de minages artisanales. Puisque ces deux méthodes ont été employées dans l'exploitation de la même carrière, la comparaison entre les résultats et le rendement obtenus permet l'analyse des avantages et des inconvénients ainsi que les différents problèmes pour donner ensuite les différentes recommandations et améliorations menant à une production optimale quelle que soit la méthode employée.

	Ancienne méthode d'abattage (Opération de minage professionnelle)	Méthode d'abattage actuelle (Tir artisanal)
Techniques	-Planification du tir définissant les différents paramètres -Mise en œuvre de ce plan	-Repère des points dans le massif pouvant créer des fissures
Nombre de personnel	Boutefeux accompagné par 10 personnes au maximum	25 groupes de casseurs dont le groupe compte 2 à 3 personnes

	Durée	Matériels et engins utilisés	Durée	Matériels et engins utilisés
Foration du trou	15mn/trou	Foreuse FURUKAWA avec taillant de diamètre égal à 76mm	1 à 1.5j/trou	-Barre à mines de diamètre égal à 20mm -Marteau -Bambou
Chargement du trou	10mn/trou	Manuel	30mn/trou	-Manuel -Marteau -Petite barre en acier
Amorçage	Dépend du nombre de trou	-Détonateur électrique -Cordeau détonant (Amorçage latéral) -Fil syndex	5mn/trou	-Détonateur (Amorçage ponctuel) -Fil syndex
Vérification	5mn	Ohmmètre	Aucune	Aucune
Mise à feu	2mn (tous les trous)	Exploseur	2mn/trou	Batterie

Tableau N°3 : Comparaison entre le minage professionnel et le minage artisanal

I.2 Avantages et inconvénients

I.2.1 Opération de minage professionnelle

❖ Avantage

- L'avantage du minage professionnel réside surtout dans le fait qu'il nécessite moins de main d'œuvre, avec le minimum de temps d'exécution des différentes opérations, il est possible d'obtenir un maximum de production.

❖ Inconvénients

- Elle nécessite l'emploi d'une quantité importante de charge explosive pour arracher les blocs du massif or des habitations et des infrastructures se trouvent à proximité de la carrière donc les risques d'effondrement, de fissuration et d'accident sont très élevés.

- Si une panne se présente, par exemple panne de la foreuse, toute l'opération s'arrête, et cela constitue une réelle perte de temps.

I.2.2 Tir artisanal

❖ Avantages

- Les impacts sur le quotidien des habitants aux alentours sont minimes ;
- Les matériels employés sont faciles à manipulés ;
- Les charges explosives employées sont à faible quantité.

❖ Inconvénients

- Il nécessite beaucoup de main d'œuvres ;
- Il demande un temps d'exécution plus long ;
- Les casseurs ne portent pas d'EPI ainsi les risques d'accident sont très élevés, de plus la pente du front d'abattage est très raide et certains casseurs escaladent sans corde le front lors de l'abattage manuel et la foration des trous ;
- Le résultat du tir est moins important.

II. Les problèmes auxquels fait face la société

Les problèmes auxquels fait face la société actuellement se résument en quelques points.

- Les coûts d'exploitation de la carrière d'Andranovao sont très élevées or la production n'arrive pas à suivre la demande et les besoins de la clientèle, ce coût exorbitant s'explique ainsi :

➤ Tous les engins et matériels travaillant au sein de la carrière appartiennent à l'UBP, elle recouvre toutes les dépenses en carburant et en maintenance.

➤ Dans l'abattage, la société se charge de l'approvisionnement en explosifs, détonateurs, fils, batterie ainsi que de la sécurité lors du tir en payant les escortes de la gendarmerie. De plus, lorsque les blocs suspendus sont difficiles à abattre manuellement, les engins sont employés pour aider les casseurs.

➤ Dans de nombreux cas, les dimensions des gros blocs issus de l'abattage ne peuvent être admises dans la mâchoire du concasseur, d'où le débitage qui consomme un carburant important, dans l'arrangement des roches pour la mesure du cubage, les blocs sont trop lourds pour les casseurs, ce sont les engins de la société qui interviennent.

➤ 1m³ de ces blocs vont coûter la somme de 5000Ar à l'UBP, les tirs sont réalisés une à deux fois par semaine selon les commandes à livrer, les casseurs sont payés en fin de semaine, le montant total de l'ensemble de leur salaire hebdomadaire atteint les 6millions d'Ariary.

➤ Le problème réside surtout au niveau de la mesure du cubage, rappelons que les blocs sont arrangés de façon à obtenir un rectangle ou un carré, puis les dimensions (longueur, largeur et hauteur) sont mesurées à partir d'un décamètre, leur produit donne le volume. Les résultats sont loin d'être exacts, en effet les blocs ont des dimensions très hétérogènes et très irréguliers, des espaces existent entre les blocs arrangés, la surface de dépôt des blocs n'est pas plane mais présente des bosses, et près du front d'abattage elle présente une certaine pente il est donc difficile de définir avec exactitude ce cubage, toute est question d'approximation. Au final, le volume mesuré reflète mal la quantité exacte des blocs issus de la carrière ainsi que du montant réel que la société doit payer au casseur. Tous les calculs en avals sont faussés en raison de cette approximation.

- La panne répétitive des engins de transport (camions à benne) et des engins de chargement freine la production à la fois au niveau de l'unité de comminution que dans l'unité de fabrication du parpaing.
- Le coût de réparation et de maintenance de la brise roche hydraulique constitue aussi une dépense importante et une perte de temps non négligeable, en effet cet engin travail beaucoup mais il tombe souvent en panne et nécessite le remplacement de certaines pièces or ces derniers coûtent chères.
- Le réserve de granite dans la carrière commence à s'épuiser or les commandes et les nouveaux marchés se multiplient pour la société. De plus, la carrière en cours d'ouverture qui se trouve à Andohan'Ampandrana, Imerikasinina, à 5 km du siège rencontre des problèmes d'ordre social et environnemental.
- Sur le marché des préfabriqués, l'UBP, leader dans ce domaine, fait face à une forte concurrence des autres sociétés spécialisés dans ce même domaine, surtout les chinois. Cela risque de perdre des clients.

III. Impacts de l'activité de la société sur l'environnement

L'exploitation minière ou l'exploitation d'une carrière fait partie de ces activités humaines ayant un impact important sur l'environnement. Ses effets s'étendent sur toutes ses composantes et peuvent être à la fois positifs et négatifs.

Les effets positifs de l'activité touchent surtout le domaine socio-économique, tandis que les impacts négatifs se concentrent au niveau des composantes physiques et biologiques de l'environnement. En effet, la création d'emploi et de nouvelles infrastructures routières constituent des avantages pour les habitants. De plus, la société verse des redevances et des aides qui offrent une certaine ressource économique pour la commune.

Cependant, les inconvénients au niveau de l'environnement se présente surtout sur :

- les entourages biologiques (les hommes) : Il est évident que les bruits et les vibrations provoqués par la détonation des charges explosives lors du tir impactent sur la santé des habitants vivant aux alentours de la carrière ;

- l'entourage physique (le relief, le paysage) : La structure et la forme du relief change et ceux en raison de l'extraction du matériau constituant le massif ; le déboisement et le défrichage de la végétation dans la phase d'ouverture de la carrière favorise l'érosion.
- les entourages sociaux : Les effets du tir sur les infrastructures et les habitations de la population riveraine c'est-à-dire fissuration, effondrement, ensablement engendrent des conflits entre les habitants et les responsables de la société.

IV. Suggestions et recommandations

IV.1. Sur la méthode d'abattage utilisée

Malgré le fait que les tirs artisanaux entraînent des coûts importants dans la phase d'exploitation, il est impossible de faire autrement. Supposons que l'ancienne méthode d'abattage c'est à dire l'opération de minage professionnelle soit rétablie au sein de la carrière, mais en modulant les divers paramètres afin d'éviter les nuisances dues au tir (fissuration et effondrement des habitations environnantes), ceci reste irréalisable. La raison est telle que, la carrière avance et le front d'abattage devient de plus en plus proche des villages d'Andranovao.

La vitesse de vibration V qui doit être adoptée et acceptable à Madagascar est :

$$V = \frac{K}{\left[\frac{D}{\sqrt{Q_i}} \right]^{1,8}}$$

K : coefficient en fonction de la nature de la roche $K=2500$ pour le granite ;

V : vitesse particulaire (mm/s) ; $V \leq 10\text{mm/s}$ d'après la norme internationale ;

D : Distance entre le front de taille et la maison la plus proche ;

Qi : Quantité instantanée en kg (Quantité d'explosifs qui détonnent en même temps

- Dans la méthode d'abattage utilisant le minage professionnel, à partir de la formule précédente,

D = 400m ; K=2500 ; V=10mm/s

$$V = \frac{K}{\left[\frac{D}{\sqrt{Q_i}} \right]^{1,8}}$$

D'où

$$Q_i = (D^{1,8} V / K)^{1,11}$$

Application numérique

$$Q_i = (400^{1,8} 10 / 2500)^{1,11}$$

$$Q_i = 344.5 \text{ Kg}$$

Avec cette charge, l'objectif est atteint dans le domaine de la production.

- Actuellement, si la même méthode est employée avec :

D = 200m ; K=2500 ; V=10mm/s

$$Q_i = (200^{1,8} 10 / 2500)^{1,11}$$

$$Q_i = 86.25 \text{ Kg}$$

$Q_i = 86.25 \text{ Kg}$ sera la quantité instantanée de la charge explosive avec laquelle il sera sûr qu'aucun dégât matériel dû aux vibrations ne surviendra. Cependant, avec cette charge, il est certain que la quantité de volé obtenue ne donnera pas une production suffisante, et ne constituera pas non plus un bénéfice pour la société.

A part la raison dite précédemment, employé de tel moyen dans l'exploitation d'une carrière dont les ressources sont déjà assez épuisées semble inutile.

Maintenir le mode d'abattage actuel mais avec beaucoup d'améliorations semble être la meilleure solution pour une optimisation de cette exploitation.

✓ Ainsi une maintenance corrective et préventive doit être effectuée sur les engins de transport et de chargement pour qu'ils puissent remplir leurs fonctions et pour éviter les pannes fréquentes.

✓ Il est nécessaire que la société exige de la part des casseurs travaillant au sein de la carrière le port des EPI pouvant garantir leur propre sécurité et rendre leur activité plus professionnel.

✓ An niveau de la mesure du cubage des blocs issus de la carrière, utiliser un moyen plus technique telle que la mesure par nombre de godet en s'assurant que le godet soit rempli à 80%, à noter qu'un godet a une capacité de 1.75m^3 .

✓ Il faut débattre du prix de cubage auprès des casseurs puisque la société est la charge de tous les matériels, engins et équipements nécessaires à la réalisation de l'abattage, donc le prix de $5000\text{Ar}/\text{m}^3$ paraît non raisonnable au moins descendre à $3000\text{Ar}/\text{m}^3$.

IV.2. Moyens d'atténuer les nuisances causées par un tir de mines

❖ Vibration

Pour optimiser le plan de tir et empêcher que des dommages ne soient causés, on contrôle souvent les vibrations engendrées par le tir. Pour atténuer les effets des vibrations provoqués par l'utilisation d'explosifs, on retiendra des mesures simples :

- Orienter les fronts d'abattage de manière adaptée à la fissuration et au pendage des couches ;
- Réduire la charge unitaire de manière à ce que la charge maximale à exploser au même instant soit d'un trou
- Le plan d'amorçage étant un facteur essentiel du niveau de vibration aux abords d'un chantier de minage, l'utilisation du détonateur électrique de moyenne intensité à microretard en fond de trou avec échelonnement unitaire de 25 ms rendra tolérable l'effet des vibrations.

❖ **Bruit**

Afin de diminuer les émissions sonores provoquées par l'abattage, on prendra les mesures suivantes :

- Profiter, pour l'orientation du front de taille, de la topographie naturelle (creux et buttes) ou créer celle-ci spécialement pour jouer un rôle d'écran (merlons de terre végétalisés, stocks de matériaux ...) ;
- Capoter les matériels bruyants : le capotage de la glissière réduit le niveau de bruit d'environ 9 dB ;
- Utiliser des détonateurs à microretard.

❖ **Projection**

Pour réduire les risques accidentels de projections dus aux tirs de mines, les dispositions suivantes seront mises en œuvre :

- Choisir judicieusement l'explosif et le localiser en mettant à profit les plans de discontinuité ;
- Tenir compte des fractures naturelles et du pendage des plans de stratification pour orienter les fronts d'abattage ;
- Le cas échéant, répartir la charge explosive afin d'éviter les projections dues aux zones de moindre résistance.

CONCLUSION

La société UBP n'est certes pas une société de grande envergure mais elle possède une certaine notoriété à Madagascar dans le domaine du bâtiment, de la construction et des travaux publics en raison de la qualité de ses produits ainsi que des prestations offertes par son équipe.

Actuellement, la concurrence est rude dans le secteur, certaines restructurations et quelques rénovations doivent être réalisées dans le cadre de l'exploitation de la carrière puisque c'est la base de la chaîne de production de la société. Ce qui est certain, pour le cas d'Andranovao, l'ancienne méthode d'abattage ne peut y être réintégrée, seule une amélioration des différentes opérations liées à l'exploitation, que ce soit au niveau matériels, sécurité et technique, peut être effectuée. Cependant, malgré les différents problèmes, elle a de nombreuses ressources telles la compétence et la loyauté de ses employés et la bonne qualité de ses produits. L'ouverture prochaine de la carrière à Andohan'Apandranana permettrait à l'UBP d'accroître sa production et d'être plus compétitif sur le marché ainsi que de rétablir les techniques de l'opération de minage professionnel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COSTECALDE Vincent, 7 Janvier 2011, RECYCLAGE CPT.

Département Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement UBP Madagascar, Mars-Avril 2015, rapport de l'étude d'impact sur l'environnement du projet d'exploitation de carrière à Andohan'Apandranana.

RAMAMONJISOA Miora Fanny, année 2010, caractérisation des discontinuités de la carrière à Andranovao en vue d'optimiser le tir de mines, mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Mines.

Robustin, Cours 3ème année mines, foration et explosif, Département Mines, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.

TABLES DE MATIERES

REMERCIEMENT.....	i
SOMMAIRE	ii
LISTE DES PHOTOS.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : Présentation de la société UBP Madagascar	2
I. Activités.....	3
II. Organigramme de la société	4
III. Produits de la société	5
IV. Carrière en exploitation	6
IV.1 Situation géographique	6
IV.2 Paysage et végétation	7
IV.3 Géologie du périmètre	7
IV.4 Caractéristiques pétrographiques et minéralogiques du massif..	7
PARTIE II : Procédures et Traitements des Biens de la Carrière	8
I. Ancienne procédure d’exploitation de la carrière d’Andranovao..	9
I.1 Schéma de tir habituellement adopté par la société UBP	10
I.1.1 Plan de foration	10
I.1.2 Plan de chargement	14
I.1.3 Plan d’amorçage	17
I.1.4 Mise à feu	18

<i>I.1.5 Présentation des résultats</i>	19
II. Ancienne procédure d'exploitation de la carrière d'Andranovao	20
II.1. Le schéma de tir actuel employé par l'UBP	21
<i>II.1.1. Présentation des résultats</i>	22
<i>II.1.2. Amorçage</i>	23
<i>II.1.3. Procédure de tir</i>	23
<i>II.1.4. Mise à feu</i>	24
II.2. Débitage, arrangement et mesure de cubage des blocs	24
III. Transport et chargement	25
IV. Traitement des matériaux extraits	26
V. Fabrication de parpaings	27
PARTIE III : Discussions et recommandations	29
I. Comparaison des méthodes d'abattage ancienne et actuelle	30
I.1 Mode d'exécution et technique d'abattage	30
I.2 Avantages et inconvénients	32
II. Les problèmes auxquels fait face la société	33
III. Impacts de l'activité de la société sur l'environnement	34
IV. Suggestions et recommandations	35
IV.1. Sur la méthode d'abattage utilisée	35
IV.2. Moyens d'atténuer les nuisances causées par un tir de mines	37
CONCLUSION GENERALE	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	I
TABLE DE MATIERES	II