

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
----- o0o -----

Département Mines

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Mines

Par

RANDRIA Mihaja Rijaniaina

**ETUDE DE L'EXPLOITATION RATIONNELLE DU
GISEMENT DE CALCAIRE ET DE MARNE
D' AMBOANIO A MAHAJANGA**

Membres du jury de soutenance

RANDRIANOELINA Benjamin
RANDRIANARIVELO Frédéric
RASOLOMANANA Eddy
RANDRIANJA Roger
RALAIMIDONA Adolphe
RANAIVONIARIVO Gabriely

Président
Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur
Examineur

Année Universitaire 1998

REMERCIEMENTS

L'élaboration du présent ouvrage n'aurait pas pu être mis à terme sans les bonnes volontés d'un grand nombre de personnalités, de services et de Sociétés.

Ainsi nous exprimons :

- notre profonde gratitude à :

*Monsieur **ANDRIANOELINA Benjamin** ; Directeur en exercice de l'ESPA , à qui tous les honneurs reviennent de droit.*

*Monsieur **RASOLOMANANA Eddy**, Chef de Département de la filière MINES, qui n'a pas ménagé ses efforts pour une amélioration soutenue de notre formation.*

*Monsieur **RANDRIANARIVELO Frédéric**, Enseignant à l'ESPA et rapporteur de ce mémoire. Ses directives et conseils attentionnés nous ont guidé dans la mise à jour du présent travail.*

*Messieurs les membres de jury, en l'occurrence, Monsieur **RANDRIANJA Roger**, Monsieur **RAKOTOARIMANANA Gabriely**, Enseignant Chercheurs à l'ESPA.*

Messieurs et Mesdames les enseignants de la filière MINES.

- nos sincères remerciements à :

*Monsieur **ALAIN PANADA** : Directeur Technique à la SANCA*

*Monsieur **Jacques PAUPINAT**, Directeur Commercial à la SANCA.*

Ils ont permis d'effectuer un stage au sein de cette Société, ce qui nous a constitué à faciliter la concrétisation de ce mémoire.

*Monsieur **RALAIMIDONA Adolphe**, Ingénieur de Mines à la SANCA, qui a bien voulu nous transmettre son savoir faire et ses expériences socio-professionnelles. Ses contributions nous ont beaucoup aidé à la conception de cet ouvrage.*

Nous dédions nos chaleureux remerciement au personnel de la SANCA, qui , par esprit de collaboration, par preuve de spontanéité, nous a accueilli par confrérie durant nos séjours.

Notre fidèle dévouement va à l'endroit de nos parents qui nous ont soutenus moralement, matériellement et financièrement sans relâche durant ces longues années d'études.

Enfin nous réitérons notre reconnaissance à toutes les personnes de bonnes volontés pour leurs précieux conseils.

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	
Avant Propos	02
INTRODUCTON	03
Partie 01 : Etude bibliographique	
<u>Chapitre I : Généralités sur les ciments</u>	05
I-1 Définition	05
I-2 Historique	05
I-3 Les différents types de ciments	05
I-3-1 Les modes de classification	05
I-3-1-1 Classification suivant la nature des matières premières	06
I-3-1-2 Classification suivant la nature des constituants	06
I-3-1-3 Classification selon les résistances mécaniques	08
I-3-1-4 Spécification chimiques	09
I-3-2 Les ciments en cours de normalisation	10
I-3-2-1 Le ciment prompt naturel	10
I-3-2-2 Le ciment alumineux fondu	11
I-3-2-3 Le ciment pour travaux à la mer	11
I-3-2-4 Ciment pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates	11
I-3-2-5 Ciments blancs ou ciments colorés	11
<u>Chapitre II : Processus de fabrication de ciment Portland</u>	12
II-1 Conditions de traitement	12
II-1-1 Les matières premières	12
II-1-1-1 Les matières premières de base	12
II-1-1-2 Les matières premières annexe	12
II-2 Flow sheet	13
II-2-1 Fabrication du clinker par voie sèche	13
II-2-1-1 Composition chimique du clinker	13
II-2-1-2 Cuisson proprement dite	13
II-2-2 Procédé de fabrication par voie humide	14
II-2-2-1 Matières premières delayables	15
II-2-2-2 Matières premières non delayables	15
II-2-2-3 Le processus de fabrication	15
II-2-2-3-1 Le concassage	15
II-2-2-3-2 Le broyage	15
II-2-2-3-3 Dosage, Homogénéisation, Stockage	16
II-2-2-3-4 Transport des pâtes	17
II-2-2-3-5 Cuisson	17
II-2-2-3-6 Broyage du clinker	17
II-2-2-3-7 Ensachage	17
II-3 Utilisation des ciments	18
<u>Chapitre III :Aperçu sur la fabrication du CPA par voie humide d'Amboanio</u>	
III-1 Concassage	19
III-2 Broyage	19
III-3 Préparation du mélange	19

III-4Cuisson	20
III-5 Refroidissement	20
III-6 Stockage du clinker	20
III-7 Préparation du charbon	20
III-8 Broyage du ciment	20
III-8-1 Gammes de produits de la SANCA	20
PARTIE 02 : Etude du gisement et de son exploitation	
<u>Chapitre IV : Cadres Géographiques de la région Boanamary Amboanio</u>	
IV-1 Situation géographique	23
IV-1-1 Localisation régionale	23
IV-1-2 Découpage administratif	23
IV-1-3 Implantation locale	23
IV-2 Milieu physique	23
IV-2-1 Hydrologie	23
IV-2-2 Climat	24
IV-2-3 Le paysage	24
IV-2-4 L'air ambiant	24
IV-3 Milieu biologique	24
IV-3-1 Flore	24
IV-3-2 Faune	24
IV-4 Milieu humain	24
IV-4-1 Occupation du sol et habitat	24
IV-4-2 Données socio-économiques	25
IV-4-3 Infrastructures	25
IV-4-4 Environnement sonore	25
IV-5 Pollution existante	25
<u>Chapitre V : Contexte géologique du secteur de Boanamry Amboanio</u>	
V-1 Mode de gisement	26
V-2 Nature lithologique	26
V-3 Stratigraphie	27
V-4 Evaluation des réserves	27
<u>Chapitre VI : Exploitation du gisement</u>	
VI-1 Méthode et mode d'exploitation	28
VI-1-1 Détermination de la zone à exploiter	28
VI-1-2 Choix de l'emplacement de l'usine	28
VI-1-3 Choix de l'emplacement de la carrière	28
VI-1-4 Choix du mode et méthode d'abattage	28
VI-1-4-1 Abattage à l'explosifs	29
VI-1-4-2 Abattage par scarification	29
VI-2 Natures et caractéristiques des roches	30
VI-2-1 Propriétés physiques des roches	30
VI-2-2 Autres caractéristiques des roches dans la carrière	31
VI-2-3 Les caractéristiques chimiques des roches	31
VI-3 Propriété du terrai	32
VI-4 Les moyens de mise en œuvre	32
VI-4-1 Types de matériels de foration	32
VI-4-2 Les caractéristiques de l'explosif à utiliser	32

VI-4-3 Géométrie du tir	34
VI-4-3-1 Hauteur du front	34
VI-4-3-2 Inclinaison du front	34
VI-4-3-3 Banquette - Entraxe	34
VI-4-4 Elaboration du schéma du tir	35
VI-4-4-1 Profondeur du trou	36
VI-5 Choix des explosifs	36
VI-6 Calcul de charges	37
VI-6-1 Calcul de la banquette et de l'entraxe	37
VI-6-2 La charge du pied	38
VI-6-3 La charge de colonne	38
VI-7 Rectification	39
VI-7-1 Choix du diamètre de foration	39
VI-7-2 Charge dans un trou	40
VI-7-3 Répartition du tir	40
VI-8 Système d'amorçage	41
VI-9 Chargement des trous et bourrages	41
VI-10 Schéma du tir	41
VI-11 Mesures après tir	42
VI-12 Débitage secondaire	42
VI-13 Synthèse	42
<u>Chapitre VII : Organisation du chantier</u>	43
VII-1 Relation entre matières premières et clinker	43
VII-2 Objectifs de l'exploitation	43
VII-2-1 Abattage par tir à l'explosif	43
VII-2-2 Extraction par rippage et par pelle	44
VII-2-2-1 Rippage	44
VII-2-2-2 Extraction par pelle	45
VII-2-2-3 Synthèse	45
VII-3 Chargement et transports des matières premières	45
VII-4 Synthèse	46
<u>Chapitre VIII : Exploitation du lac</u>	47
VIII-1 Construction de la digue	47
VIII-2 Calcul de la ligne de saturation	49
VIII-3 Calcul de débit d'infiltration	50
VIII-4 Consommation d'eau dans l'usine	51
PARTIE 03 : Etude Environnementale	
<u>Chapitre IX : Etude Environnementale du site</u>	53
IX-1 Analyse de l'état initial	53
IX-1-1 Analyses des effets de l'exploitation sur l'environnement	53
IX-1-1-1 Mode de l'exploitation	53
IX-1-1-2 Impact sur le milieu humain	53
IX-1-1-3 Impact sur le milieu naturel	54
IX-2 Mesures à prendre	54
IX-2-1 Réduction des nuisances	54
IX-3 Remise en état des lieux	54
IX-4 Synthèse	54

PARTIE 04 : Evaluation Economique	
<u>Chapitre X : . Evaluation économique de l'exploitation</u>	57
X-1 Introduction	57
X-1-1 Organigramme	57
X-2 Personnel	58
X-2-1 Personnel opérationnel	58
X-2-2 Charges sociales	58
X-2-3 Fonds de roulement	58
X-2-3-1 Frais du personnel	58
X-2-3-2 Equipement du personnel	58
X-3 Matières consommables	59
X-3-1 Consommation des explosifs	59
X-3-2 Consommation des carburants	59
X-3-3 Consommation d'huile	60
X-4 Entretien	60
X-5 Autres charges d'exploitation	61
X-6 Tableau récapitulatif du fond de roulement	61
X-6-1 Investissement	61
X-7 Calcul de prix de revient des produits finis	61
X-8 Tableaux de grandeurs	62
X-9 Capacité d'autofinancement	63
X-10 Calcul de la valeur actualisé nette	64
<u>Chapitre XI : Evaluation socio-économique</u>	65
XI-1 Introduction	65
XI-2 La Valeur ajoutée	65
XI-3 Les effets sur les Agents directement concernés	65
XI-3-1 La SANCA	65
XI-3-2 Le personnel	66
XI-4 Les effets sur l'administration fiscale	66
XI-5 Les effets sur les consommateurs et les Agents producteurs des matières consommables	66
XI-5-1 Les consommateurs	66
XI-5-2 Les Agents producteurs des matières consommables	67
XI-6 Synthèse	67
CONCLUSION GENERALE	68
Bibliographie	69
Annexe	71

LISTE DES TABLEAUX

PAGES

01 Les ciments Portland Artificiels	07
02 Types de ciments selon leurs constituants	08
03 Spécification mécanique et physique de type de ciments	09
04 Spécifications Chimiques	09
05 Ciment prompt naturel	10
06 Caractéristiques du ciment alumineux fondu	10
07 Constituant chimique du clinker	13
08 Composition des ciments	16
09 Utilisation des ciments	18
10 Caractéristiques des ciments de la SANCA	21
11 Composition chimique du ciment d'Amboanio	21
12 Proportion des matières premières dans les réserves	27
13 Propriétés mécaniques des marnes et du calcaire	31
14 Densité et résistance à l'abrasion des roches	31
15 Composition chimiques des matières premières	32
16 Matières premières consommées dans l'année	43
17 Travail de la foreuse	44
18 Production du Bull D6C	44
19 Production des engins de la carrière	45
20 Durée des différents mouvements au cours d'une cycle	46
21 Production par rapport au nombre des camions	46
22 Proportion des matières premières pour la construction de la digue	48
23 Rémunération de personnels	58
24 Equipements du personnels	58
25 Consommation des explosifs	59
26 Consommation des carburants	59
27 Consommation d'huile	60
28 Coût sur les entretiens	60

Liste des Annexes

1. Calcul du mélange du cru
2. Propriétés physiques de roches
3. Calcul du proportion des matières premières dans le mélange
4. Caractéristique des engins de la carrière
5. Caractéristique des explosifs
6. Propriétés du lac
7. Formation du dépôt dans le bassin de Mahajanga

AVANT – PROPOS

Les roches sédimentaires constituent des éléments minéralogiques essentielles que les hommes aient connu et exploité depuis plusieurs siècles.

Le calcaire, étant une roche sédimentaire formée essentiellement de carbonate de calcium, son utilité ne se limite pas à la construction des matériaux, mais également dans la médecine.

La marne, roche argileuse contenant une forte proportion de calcaire (de 35 à 65%), est utilisée dans la fabrication du ciment.

Ainsi, la combinaison de ces deux matières premières dans la fabrication du ciment, matériau très nécessaire dans tout ce qui est Bâtiment Travaux Publics (BTP) fait l'objet de cette recherche qui est axée sur le gisement de calcaire et de marne à Amboanio Mahajanga, région très réputée depuis la colonisation française dans l'histoire de la cimenterie à Madagascar.

INTRODUCTION

Comme dans les années trente, le gisement de BOANAMARY AMBOANIO MAHAJANGA a entraîné, dans ses environs immédiats, l'implantation d'une usine en 1932.

La production annuelle de l'usine de ciment a été de 20 000 tonnes pour ses débuts en 1934. Soixante cinq années plus tard, privatisés après des années de divers changements aussi bien en matière de gestion qu'en matière de direction, l'usine accuse une production annuelle de 60 000 tonnes de ciment.

Il s'avère aussi nécessaire que l'exploitation du gisement de calcaire et de marne de ces lieux soit rationalisée par un meilleur rendement : c'est l'objet de l'étude entreprise par nos soins.

Pour ce faire, dans cet ouvrage qui traitera quatre parties principales, on verra successivement :

- L'étude bibliographiques concernant les généralités du ciment
- L'étude du gisement et de son exploitation
- L'étude environnementale
- L'évaluation économique

Les moyens à mettre en œuvre seront-ils adéquats ou disponibles pour parvenir à une amélioration de cette production de carrière ?

Une conclusion générale nous donnera une explication à cette question et dans laquelle des solutions seront suggérées aux problèmes évoqués aux développements.

PARTIE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR LES CEMENTS

Cette première partie sera procédée selon la méthode de la pyramide renversée; ainsi les traits généraux sur les ciments seront dégagés en premier lieu . En d'autres termes, du général au particulier, nous allons évoquer ce que sont les ciments à partir de la manufacture jusqu'aux clients . Sous un angle technique; nous avons considéré les conditions de traitement, les gisements et l'évaluation des réserves en matières premières . En second lieu, nous allons évoquer dans cette partie, le processus de traitement, la cuisson et les contrôles aux différents stades de la production.

I-1 Définition

Les ciments sont des liants hydrauliques formés de constituants anhydres, cristallisés ou vitreux; renfermant des silicates et aluminates de calcium.

Un liant hydraulique n'est qu'une poudre minérale .L'ajout de l'eau avec ce liant forme une pâte après gâchage ;celle-ci fait priser soit dans l'air soit dans l'eau.

Il est à noter que le durcissement est essentiellement provoqué par la combinaison des composants anhydres dans un milieu aqueux avec l'ajout de silicate et d'aluminates de calcium hydratés dont la solubilité dans l'eau s'avère très faible.

I-2 Historique

Jadis, la chaux vive ou éteinte est un des liants minéraux la plus anciennement utilisée pendant la période du Grec Antique ou Empire romain.

La propriété hydraulique des liants c'est à dire sa susceptibilité de faire prise et de durcir sous l'eau , a été découverte par les romains. Cette propriété d'hydraulicité est restée inexpliquée jusqu'aux travaux de LOUIS VICAT qui élabore en 1817 la théorie d'hydraulicité pour constituer la mélange qui après cuisson à une température bien déterminée et convenable, sera un véritable liant hydraulique.

En 1824, l'Ecosais ASPADIN a trouvé que par cuisson de calcaire argileux, on obtenait un liant qui durcissait à l'abri de l'air et sous l'eau. Ce produit étant, par sa couleur et sa nature semblable à la pierre à bâtir employée en Angleterre et appelée « Portlandstone », on lui a donné le nom du ciment Portland.

La première usine de ciment a été crée par DUPONT et DEMARLE en 1846. Ainsi, l'industrie cimenterie a beaucoup évolué. Pour produire une tonne de clinker, en 1870, il fallait quarante heures; actuellement ceci ne nécessite que plus de trois minutes.

I-3 Les différents types de ciments

I-3-1 Les modes de classification

Le choix d'un ciment, sa composition, ses propriétés, sont étudiées de façon à le favoriser par rapport à un ou plusieurs paramètres de fabrication.

Exemple : - performance mécanique
- résistance au milieu agressif

On peut classifier les ciments suivant :

- La nature des matières premières
- La nature des constituants
- Les résistances mécaniques

I-3-1-1 Classification suivant la nature des matières premières

On distingue :

- Les ciments naturels : qui utilisent des roches constituées de mélanges naturels de calcaire et d'argile.
- Les ciments artificiels : qui sont obtenus par la cuisson des mélanges artificiels de calcaire et d'argiles et éventuellement d'autres constituants minéraux siliceuse ou contenant de l'alumine.

I-3-1-2 Classification suivant la nature des constituants

On distingue :

- Les ciments Portland Artificiel (CPA)
- Les ciments Portland Composés (CPJ)

Ciments Portland Artificiel (CPA)

Ils sont obtenus par broyage du clinker avec 3 à 4% de gypse ou d'anhydrite. Ils sont constitués par de mélanges d'oxydes (CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3). Après cuisson se forment les composés :

notés

3CaO SiO_2	C3S	Alite
2 CaO SiO_2	C2S	Bélite
$3 \text{ CaO Al}_2\text{O}_3$	C3A	Alumino - tricalcique
$4 \text{ CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$	C4AF	Célite

Rappelons bien que le cliquer Portland est obtenu par cuisson, au moins jusqu'à fusion partielle, d'une mélange fixé avec précision de matières premières contenant de CaO , SiO_2 , Al_2O_3 et de petites quantités d'autres matières.

	Types et caractéristiques	Exemples
Ciment sans ajouts minéraux actifs	Obtenu à partir du clinker broyé additionné de gypse (régulateur de prise) et dont la teneur en SO_3 est inférieure à 3.5	CPA 160 - 250 (ordinaire) CPA 210 - 325 (haute résistance) Le super 355- 400 (résistance à deux jours : 19.6MPa
	CPA au laitier (CPA - L) Obtenu par broyage de clinker, de gypse et de laitier granulé de haut fourneau	HRI-L 315-400 (laitier 5 à 10%) CPA-L160-250 (laitier 10 à 20 %) CPA - L210-325(haute résistance) CHF 210 - 325 (laitier $70 \pm 5 \%$)

Ciment avec ajouts minéraux actifs		CHF 160 - 250
	Ciment de laitier à la chaux	CLX 50-100 laitier 70%, chaux 30% CLX 100 - 160
	Ciment Portland de fer	CPF 160 - 250 (laitier $30 \pm 5\%$) CPF 210 - 325
	Ciment Sursulfaté	CSS 315 - 400 (laitier 80 à 85%)
Ciment avec ajouts minéraux actifs	Ciment métallique mixte	CMM 160 - 250 (laitier 50%) CMM 210 - 325
	CPA aux cendres Renferment 5 à 20% de cendres issues de centrale thermique	CPA-C160 - 250 (10 à 20% cendres) CPA-C210 - 325 HRI-C315 - 400 (cendres 5 à 10%)
	CPA aux cendres et laitier	CPA-LC160 - 250 (10 à 20% mélange) CPA-LC210 - 325 HRI-LC315 - 400 (5 à 10% mélange)
	Ciment Portland Artificiel à la Pouzzolane	CPA-Z160 - 250 (10 à 20% de Pouzl.) CPA-Z 210 - 325 HRI-Z 315 - 400 (5 à 10% de Pouzl.)
	Ciment à maçonner composé de matières inertes 35%, laitier 50%	CM 100 - 150
	Ciment naturel résultat du broyage de produits issus de la cuisson de roches naturelles avec une teneur en SO ₃ supérieure ou égale à 5%	

Tableau N°01 : Les Ciments Portland Artificiels

Les ciments Portland composés

Ce sont des ciments spéciaux dérivés des ciments Portland. Les ciments Portland composés contiennent au moins 70% de clinker, le reste pouvant être du laitier de haut fourneau, de la pouzzolane, des cendres volantes de houille, des cendres volantes de lignite, des fillers...

Le tableau ci-dessous montre les différents types des ciments selon leurs constituants :

Catégories des ciments	Normes	Classes	Clinker	Autres constituants
CPA	NFP 15-301	35 ; 45 ; 55 ; HP	$\geq 97\%$	3à4% Gypse 3% Fillers
CPJ	NFP 15-301	35 ; 45 ; 55	$65\% \leq K \leq 97\%$	35% Pouzzolanes, laitiers, cendres volantes
Ciments aux laitiers	NFP 15-301	35 (CHF) 45 (CLK) HP (CLC)	$25\% \leq K \leq 60\%$ $K \geq 20\%$ $25\% \leq K \leq 60\%$	40 à 75% Laitier $\geq 80\%$ Laitier 20 à 45% Laitier et 20à 45% Cendres
Ciments laitier à la chaux CLX	NFP 15-301	100 160	CPA + CPJ + K +(Laitier $\leq 50\%$)	
Ciments naturels	NFP 15-308		Cuisson de calcaires et d'argiles	
Ciments sursulfatés CSS	NFP 15-313		80% Laitier + 15% Gypse +5% Clinker	

Tableau N°02**I-3-1-3 Classification selon les résistances mécaniques**

La classe de résistance d'un ciment est définie par la résistance à la compression simple à 28 jours d'âge (R_{c28}) du mortier, exprimée en MegaPascal Mpa.

Rappelons bien qu'un mortier normal est constitué par une partie de liant, plus trois parties de sable normal additionné de l'eau.

Pour tous les types de ciments, la résistance à la compression, le temps de début de prise, la stabilité, doivent suivre la norme NF EN 196-1.

Le tableau ci-dessous montre les spécifications mécaniques et physiques de différents types de ciments :

Classe	Résistance à la compression (N/mm ²)				Retrait des CPA-CEM I CPJ-CEM II 28 jours (μm/m)	Temps de début de prise (min)	Stabilité (mm)
	Résistance au jeune âge		Résistance normale				
	2 jours Li	7 jours Li	28 jours Li Ls				
32.5	-	-	≥32.5	≤52.5	≤800	≥90	
32.5R	≥13.5	-			≤1000		

42.5	≥ 12.5	-	≥ 42.5	≤ 62.5		≥ 60	
42.5R	≥ 20	-					
52.5	≥ 20	-	≥ 52.5	-	-		
52.5R	≥ 30	-					

Tableau N° 03

Li : Limite Inférieure

Ls : Limite Supérieure

I-3-1-4 Spécifications chimiques

Les propriétés des ciments, dont les types et classes de résistance figurent respectivement au colonne 3 et 4 de tableau ci-dessous, doivent satisfaire aux valeurs citées à la colonne 5 de ce tableau lorsqu'ils sont essayés conformément aux normes citées dans la colonne 2.

1	2	3	4	5
Propriété	Essai de référence	Type de ciment	Classe de résistance	Exigence (%)
Perte au feu	NF EN 196-2	CPA-CEM I CHF-CEM III CLK-CEM III	Toutes classes	≤ 5.0
Oxyde de magnésium MgO	NF EN 196-2	CPA-CEM I	Toutes classes	≤ 5.0
Résidu insoluble	NF EN 196-2	CPA-CEM I CHF-CEM III CLK-CEM III	Toutes classes	≤ 5.0
Sulfates (SO ₃) Limite supérieure	NF EN 196-2	CPA-CEM I CPJ-CEM II CPZ-CEM IV CLC-CEM V	32.5 32.5R 42.5	≤ 3.5
			42.5R 52.5 52.5R	≤ 4.0
		CHF-CEM III	Toutes classes	
Chlorures	NF EN 196-21	Tous types	Toutes classes sauf 52.5 R	≤ 0.10
			52.5R	≤ 0.05
Pouzzolanité	NF EN 196-5	CPZ-CEM IV	Toutes classes	Satisfait à l’essai

Tableau N° 04

I-3-2 Les ciments en cours de normalisation

Ces types de ciments, sont:

- Ciment Prompt
- Ciment Alumineux
- Ciment Blanc et ciments colorés

I-3-2-1 Le ciment prompt naturel

Le ciment prompt naturel, à prise et durcissement rapide, résulte de la cuisson à température modérées (1000 – 1200 °C) d'un calcaire argileux de composition régulière; la mouture est très fine.

Il est caractérisé par la présence de silicate de calcium, essentiellement sous forme de silicate bi calcique actif, d'aluminate de calcium riche en alumine et de sulfo-aluminate de calcium qui est une spécificité du produit.

Le tableau suivant montre les résistances en mortier de 50% de ciment et 50% de sable.

Age	15 min.	01 h	03 h	01 jour	07 jours	28 jours	06 mois	01 an
Compression en Mpa	04	06	08	10	14	19	40	45
Traction / Flexion	1.4	1.8	2.3	2.5	03	3.5	05	5.5

Tableau N° 05

I-3-2-2 Le ciment alumineux fondu

Le ciment alumineux fondu est un liant hydraulique qui résulte de la mouture, après cuisson jusqu'à la fusion, d'un mélange composé d'alumine, de chaux, d'oxyde de fer et de silice, dans des proportions telles que le ciment obtenu renferme au moins 30% de sa masse d'alumine.

Résistance sur mortier :

Age	06h	24h	28 jours
Résistance à la compression (Mpa)	30	50	65

Tableau N°06 :

I-3-2-3 Les ciments pour travaux à la mer

Ces ciments présentent des teneurs limitées en aluminat tricalcique (C_3A) qui leur permettent de conférer au béton une résistance accrue, à l'agression des ions sulfate en présence d'ions chlorures, au cours de la prise et ultérieurement.

I-3-2-4 Les ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates

Ils présentent des teneurs limitées en aluminates tricalciques (C_3A) qui leur permettent de conférer au béton une résistance accrue à l'agression des ions sulfate au cours de la prise et ultérieurement.

Ces ciments sont :

- Des produits dont les caractéristiques sont complémentaires de celles des CPA-CEM I CPJ-CEM II, CHF-CEM III, CLK-CEM III/C, CLC-CEM V .
- Des ciments alumineux fondus (CA), ayant présenté un bon comportement, soit lors d'essais de longue durée, soit en ouvrages dans le milieu considéré.

I-3-2-5 Les ciments blancs et ciments colorés

Ils sont obtenus avec des matières contenant le moins d'oxyde colorants possible (fer, manganèse, chrome). Les clinkers de ciments blancs sont analogues à celles des ciments de la norme NFP 15-301, mais on en fabrique parfois des classes inférieures de faible résistance mécaniques.

Les ciments blancs sont la base des ciments colorés par incorporation de pigments minéraux de même granulométrie.

Exemple :

Fer III	—————→	Couleur rouge
Fer II	—————→	Couleur jaune
Zinc	—————→	Bleu
Cuivre	—————→	Verte

CHAPITRE II :**PROCESSUS DE FABRICATION DE CIMENT PORTLAND****II-1 Conditions de traitement****II - 1-1 Les matières premières**

Les matières premières pour la production du ciment peuvent être distinguées comme suit :

- matières premières de base.
- et les matières premières annexes.

II-1-1-1 Les matières premières de base

Elles sont composées principalement de calcaire et d'argile. D'une part; le calcaire est constitué en grande partie de carbonate de calcium (CaCO_3). D'autre part, les argiles sont essentiellement constituées de diverses matières contenant notamment trois oxydes: SiO_2 ; Al_2O_3 et Fe_2O_3 .

Les argiles ne sont utilisables que si les teneurs de leurs composants varient entre les limites admissibles suivantes :

Silice	SiO_2	35 à 85%
Alumine	Al_2O_3	09 à 25 %
Chaux	CaO	00 à 25 %
Magnésie	MgO	00 à 05 %
Oxyde alcaline	K_2O , Na_2O	01 à 05 %
Sesquioxide de fer	Fe_2O_3	03 à 09 %
Oxyde de titane	TiO_2	0.3 à 02 %
Anhydride sulfurique	SO_3	00 à 03 %
Gaz carbonique	CO_2	00 à 13 %
Eau de combinaison	H_2O	05 à 11 %

II-1-1-2 Les matières premières annexes

Ce sont en l'occurrence des matières minérales correctrices et ajouts tels que les gypses, les pouzzolanes, les laitiers, les boues de nephelines les cendres, etc..

Nous tenons à souligner que ces constituants ayant des propriétés hydrauliques, forment par réaction avec l'eau des composés hydratés stables très peu solubles, présentant une forte adhérence entre eux et les granulats, créant ainsi progressivement une cohésion croissante des pâtes, des mortiers et des bétons.

II -2 Flow sheet

Le procédé de fabrication du clinker peut se faire :

- par voie sèche
- par voie humide
- par voie semi-sèche (méthode intermédiaire)

La voie sèche exige moins de combustible que la voie humide, pour cette raison elle sera choisie quand les matières ne seront ni trop humides ni trop collantes. Elle est à recommander lorsque la teneur en humidité des matériaux se situe en dessous de 18 %. Les matières seront concassées, séchées et réduites à l'état de farine capable d'être mélangée correctement.

Dans la voie humide, les éléments durs subissent le même procédé (hormis le séchage), les matériaux tendres et délayables seront transformés, par addition d'eau, en une pâte finement broyée prête à la cuisson.

II -2-1 Fabrication du clinker par voie sèche

Il s'agit d'une nouvelle technique, née du fait que certaines craies, marnes trop dures et peu humides (5 à 12%) ne peuvent pas être facilement délayées. De plus cette technique évite le délayage et par là, même entraîne une économie substantielle de calories (30 à 50%) tout en accroissant le rendement du four de 50 à 70%. Le procédé le plus répandu actuellement est le système de l'échangeur de chaleur multicyclones du type Humboldt. Le principe consiste à mettre le cru, sous forme de farine, préalablement séché et homogénéisé par brassage à l'air comprimé; en suspension dans les gaz chauds, avant son introduction dans le four. Ce qui entraîne une décarbonatation partielle du cru. La longueur du four est en général de 50 à 70 m.

II-2-1-1 Composition chimique du clinker

L'analyse chimique révèle que les principaux constituants sont combinés essentiellement sous forme de sels anhydres comme le tableau suivant le montre (Cf tableau N° 07)

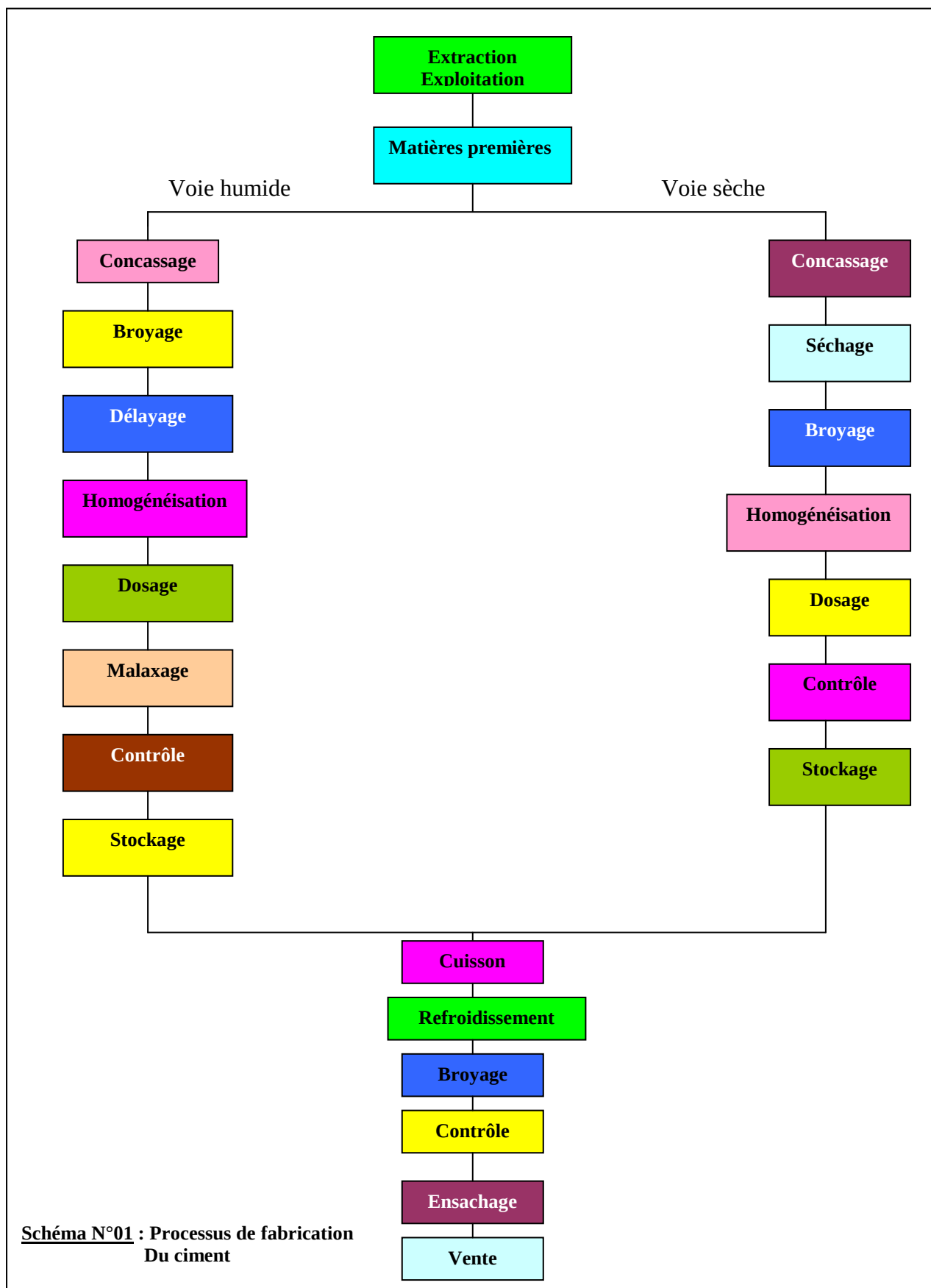
	<i>Formule</i>	<i>Notation</i>	<i>%</i>
Silicate tricalcique	$\text{SiO}_2, 3\text{CaO}$	C3S	63 à 67
Silicate bicalcique	$\text{SiO}_2, 2\text{CaO}$	C2S	14 à 16
Aluminate tricalcique	Al_2O_3	C3A	09 à 11
Alumino ferrite tétracalcique	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{CaO}$	C4AF	06 à 08

Tableau N°07 : constituant chimique du clinker

II-2-1-2 Cuisson proprement dite

La farine entrant dans la tour échangeur subit les transformations suivantes au fur et à mesure de son passage dans les étages de l'échangeur :

- Evaporation de l'eau résiduelle.
- Décarbonatation du CO_3Mg .



- Evaporation de l'eau de combinaison des argiles.
- Décarbonatation partielle du CO_3Ca .

Dans le four les transformations sont les suivantes :

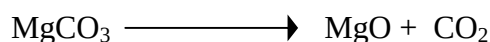
- Fin de la décarbonatation du CO_3Ca .
- Clinkérisation.

♦ • Zone de séchage

Dans cette zone la température atteint 320°C.

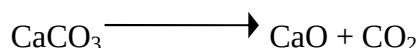
• Zone de décarbonatation du CO_3Mg .

Vers 500 et 600°C, on observe une dissociation de carbonate de magnésium MgCO_3 suivant la réaction ci après.



• Zone de décarbonatation du CaCO_3

Cette transformation s'effectue à une température de 900°C environ. Le CaCO_3 se transforme en chaux vive + dégagement de CO_2 selon la réaction :



Ce dégagement de CO_2 cesse à une température de 1000°C. Une partie de CaO ainsi formée se combine avec Al_2O_3 et SiO_3 pour donner naissance à l'aluminate monocalcique CaOAl_2O_3 et silicate bicalcique 2CaOSiO_2 .

• Zone de clinkérisation

La température régnant dans cette zone est de 1450°C. Une longue flamme venant d'une tuyère alimentée par du combustible (charbon, fuel, coke de pétrole, combustibles dégradés ...). La fusion partielle des silicates et des aluminates constitue le ciment.

En effet, vers 1000 à 1300°C, il existe une apparition d'une phase liquide, riche en aluminate de calcium ; due à l'absorption d'une partie du CaO formé précédemment par Al_2O_3 et Fe_2O_3 . Lors de la formation de ce premier liquide, la matière commence à s'agglomérer pour donner naissance à des grains arrondis, appelé clinker.

A la température de 1450°C, on assiste à la disparition progressive de CaO. Dans cette zone apparaît "un collage" formé par des matières agglomérées et composées de poussières de clinker, ce qui protège les briques réfractaires garnissant l'intérieur du four.

II -2-2 Procédé de fabrication par voie humide

Le schéma N°01 nous donne une idée sur ce processus. Dans le procédé de fabrication, les matières premières sont concassées, puis broyées sous forme de pâte. On distingue deux procédés pour préparer la pâte suivant qu'il s'agit de :

- matières délayables
- matières non délayables

II-2-2-1 Matières premières délayables

Ces matières peuvent être réduites en fine poudre sans concassage; on les achemine directement vers un délayeur. Il s'agit d'un appareil constitué d'un bassin en béton dans lequel tourne un malaxeur soutenant de lourdes herse munies de profilés d'acier.

II-2-2-2 Matières premières non délayables

Les matières premières venant de la carrière sont présentées sous formes de blocs compact dont la granulométrie est de plusieurs dizaines de centimètres. On réduit ces blocs à une granulométrie de l'ordre de quelques millimètres dans un concasseur giratoire ou cylindre denté. Cette matière concassée entre ensuite dans un broyeur à boulets avec une addition d'eau pour obtenir à la sortie une pâte dont les grains constitutifs présentent une finesse désirée (200 μ). On achemine la pâte vers une cuve de préparation pour y être dosée.

II-2-2-3 Le processus de fabrication

Le processus de fabrication de ciment se résume comme suit :

II-2-2-3-1 Concassage

Le concassage s'effectue généralement dans un concasseur giratoire ou cylindrique denté. Les produits concassés sont transportés par des bandes transporteuses vers le broyeur. La production de concasseur à cylindre se calcule d'après la surface d'ouverture entre les deux rouleaux et la vitesse périphérique de ceux-ci en y appliquant un facteur de rendement

$$L = W \times B \times V \times 3600 \times \eta$$

$$L = Q \div v$$

L : production en m³/ h

W : largeur de l'ouverture entre deux cylindres en m

B : longueur des cylindres en m

V : vitesse périphérique des cylindres en m / s (1.0 à 2.5 m/s)

Q : production en tonnes/ h

η : coefficient de rendement (0.25 à 0.5)

v : poids du m³ en tonnes

II-2-2-3-2 Le broyage

Le broyage s'effectue exclusivement dans le broyeur à boulets ou broyeurs à barres qui sont très utilisés aussi dans la préfabrication des minerais. Il ne paraît pas utile d'enrichir les pâtes de cimenterie en éléments très fins, car elles exigent plus d'eau à fluidité égale.

En général, on utilise le broyeur à boulets pour des matières premières telles que les calcaires et les marnes.

II-2-2-3-3 Dosage, Homogénéisation, Stockage

Le laboratoire de contrôle de l'usine détermine la combinaison chimique de la pâte ; connaissant la composition habituelle des diverses matières premières dès le stade de délayage ou concassage.

Les pâtes sont ensuite réparties dans des bassins où l'on fait des prélèvements pour les analyses, donc connaître les différentes compositions chimiques de chaque bassin. Leur contenu est enfin mélangé dans une cuve de correction dans les proportions voulues pour obtenir la composition chimique souhaitée.

♦ Calcul du mélange es matières premières

Il existe plusieurs méthode pour calculer les mélanges de matières premières . Selon Michaelis, le calcul des mélanges de matières premières du ciment Portland est :

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1.7 \text{ à } 2.2$$

Le rapport s'appelle module hydraulique, qui varie de 1.7 à 2.4 pour le ciment naturel. Pour les ciments alumineux, il varie de 0.5 à 0.65.

Si le module hydraulique est trop élevé, le ciment obtenu peut gonfler fortement, entraînant alors la destruction du mortier ou béton. S'il est trop bas, le ciment peut devenir friable dans le béton.

La composition des ciments se situe dans les limites suivantes :

	Ciment Portland %	Ciment Haut fourneau %	Ciment de fer %	Ciment alumineux %
SiO ₂	19 -24	24 – 30	21 – 27	07 – 17
Al ₂ O ₃	04 – 09	07 – 16	06 – 10	35 – 50
Fe ₂ O ₃	1.6 – 06	01 – 13	01 – 04	06 12
CaO	60 – 67	43 – 55	54 – 60	36 – 47
MgO	00 – 05	00 – 06	00 – 04	00 – 02
SO ₃	0 - 03	00 -04	00 03	00 – 0.5

Tableau N° 08

Elargissant de ce notion de module hydraulique, KHUL introduit le calcul des mélanges de **module silicique** et le **module alumino ferrique**.

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1.2 \text{ à } 4.0 \text{ (moyenne 2.4 à 2.7)}$$

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1.0 \text{ à } 4.0 \text{ (moyenne 1.5 à 2.5)}$$

Dans le calcul du mélange des matières premières pour le ciment Portland, KHUL établie aussi la formule suivante donnant le standard de chaux K .

$$K = \frac{\text{CaO}}{2.8 \text{ SiO}_2 + 1.6 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.7 \text{ Fe}_2\text{O}_3}$$

Notons que : $90 \leq K \leq 95$ Dans le ciment ordinaire
 $95 \leq K \leq 98$ dans le ciment à haute résistance

Après dosage et homogénéisation on les achemine vers les bassins de stockage enfin d'assurer l'alimentation du four ; là les pâtes sont soumises à un brassage mécanique et pneumatique pour éviter la décantation.

II-2-2-3-4 Transport des pâtes

Il s'avère nécessaire d'utiliser des canalisations avec de pompes centrifuges, entre les différents bassins de dosage ainsi qu'entre les bassins de stockage et le four .

II-2-2-3-5 cuisson

La cuisson se fait en général dans un four rotatif incliné de 4 à 5%. Dans ce four s'établit un double courant :

- de l'aval vers l'amont :les gaz de combustion.
- de l'amont vers l'aval :la matière.

La pâte descendant dans le four est brassée par des chaînes accrochées à la paroi interne dans la partie haute du four pour y être séchée.

Puis le long du four elle subit la décarbonatation et calcination à une température près de 1000°C. La pâte traverse une zone dite de pré cuisson et atteint la zone de cuisson proprement dite où la chaux libérée se combine avec les composants de l'argile : les silicates et aluminates de chaux.

A la température 1450°C, se produit le début de la fusion. C'est la clinkérisation :la matière se présente sous la forme de noix ou noisettes.

II-2-2-3-6 Broyage du clinker

Le clinker issu du four subit un refroidissement rapide dans le refroidisseur à grilles, il est ensuite stocké sous un hall ;puis broyé dans un broyeur rotatif à boulets, avec du gypse pour régulariser le temps de prise(1 à 5%) ; et des constituants éventuels suivant le ciment désiré.

II-2-2-3-7 Ensachage

Après les divers contrôles effectués au laboratoire que possède toute cimenterie, on effectue l'ensachage et ensuite l'expédition vers les lieux d'utilisation ou de ventes .

II-3 Utilisation des ciments

Tel qu'on a vu précédemment, il existe différents types de ciments. Il en découle une large plage d'utilisation. Le tableau suivant illustre ces utilisations . (Cf tableau N°08).

Dans ce tableau, on constate que ces ciments ont des utilisations multiples dans le monde de la construction à usage humain (socio-économique).

Utilisation des divers ciments

Ciment	Emplois recommandés	Emplois non recommandés
CPA CPA-C CPA-L	Travaux courants de béton en élévation ou en fondation	Présence d'eau agressive
SUPER HRI CMM	Travaux exigeant des résistances : préfabrication, décoffrage rapide, bétonnage en élévation	Présence d'eau agressive Travaux de béton armé ordinaire et maçonnerie
CPF CMM	Travaux de béton armé et de masse principalement en fondation Travaux en élévation	Présence d'eau agressive Travaux effectués par temps froid
Ciment prompt	Travaux à prise rapide : scellement, aveuglement de venue d'eau Travaux en présence d'eau agressive	Autres emplois
Ciment pouzzolani que	Construction souterraine, sous marin en béton armé Condition d'étanchéité et résistance à l'eau	Travaux aériens Bétonnage par temps froid
Ciment blanc	Travaux de finition, confection de plaques de revêtement, de marches d'escalier, de rebords de fenêtres, enduits, marbre artificiel, carreaux	Autres emplois
CHF CLK	Travaux de béton armé souterrains Travaux en eau agressive (mer) Tous travaux hydrauliques	Travaux en élévation Enduits, ouvrages de faible épaisseur
CSS	Travaux de fondation à décoffrage rapide (à la mer) Présence d'eau agressive	Présence d'eau acide ou très pure Ouvrage soumis au gel Mélange avec d'autres ciments
CLX	Travaux de maçonnerie, génie rural, Travaux souterrains Présence d'eau peu agressive	Travaux en élévation Travaux en béton armé
CM LM	Maçonnerie agglomérée	Travaux en béton armé
Ciment alumi neux	Doublage des appareils thermiques Mortier en béton réfractaire(1800°) Bétonnage par temps froid Pieux d'essai en béton armé	Bétonnage par temps chaud Présence d'eau alcaline Travaux avec d'autres ciments Travaux de masse
CN	Petits travaux de bétonnage, maçonnerie, enduit, pierres artificielles Présence d'eau peu agressive	Travaux en béton armé
XEH XH	Maçonnerie, enduit Béton de remplissage Travaux en génie rural	Travaux en béton armé Travaux souterrains

Tableau N°09 :Utilisation des ciments

CHAPITRE III :**APERCU SUR LA FABRICATION DU CPA
PAR VOIE HUMIDE D'AMBOANIO**

Après l'extraction, les matières premières sont chargées dans des camions et transportées vers l'usine pour être concassées.

III -1 Concassage

Ce concasseur est à cylindre denté de 800mm de diamètre, avec une moteur de 85cv et donnant des concassés de l'ordre de 0 à 100mm.

Après le transfert par bandes transporteuses, elles subissent un deuxième concassage dans le concasseur à marteaux pour avoir une dimension finale de 0 à 25mm.

III -2 Broyage

Venant du concasseur, et additionnées d'une quantité d'eau nécessaire, les matières premières sont introduites dans un broyeur cylindrique à boulets. Ce broyeur de 1.80m de diamètre et de 10m de longueur est du type à deux chambres :

- la première est revêtue de blindages releveurs.
- la deuxième est dotée de blindages autoclassants.

Ainsi les produits obtenus sortent du broyeur sous la forme de pâte contenant de 36 à 39% d'eau.

Le broyeur comprend deux compartiments :

compartiment 1	contenant des boulets de 100 à 70mm de diamètre son longueur est $L_1 = 2.49m$
compartiment 2	contenant des boulets de 60 à 17mm de diamètre son longueur est $L_2 = 7.265m$

Les boulets travaillent par friction pour avoir la finesse requise.

III -3 Préparation du mélange

A la Sortie du broyeur, les pâtes sont stockées dans des cuves de $280m^3$ chacune. On a cinq cuves dont :

- deux contenant la marne et de calcaire
- une pour la préparation du mélange
- les deux autres contenant les pâtes prêtes à être expédiées au four.

Les pâtes sont homogénéisées par des malaxeurs évitant les décantations. Pour le calcul du mélange; c'est à dire pour savoir les quantités nécessaires de marne et de calcaire, on se réfère au pourcentage de $CaCO_3$ de chaque matière (titre en $CaCO_3$).

En général le titre visé du mélange est de 78.0% en $CaCO_3$. (Cf Annexe 1 pour le calcul du mélange).

III -4 Cuisson

La cuisson s'opère dans un four rotatif de longueur 55m : il tourne lentement, autour de son axe . L'alimentation de la pâte dans le four est en moyenne de 11.25m³/h . Le four comprend quatre zones :

- zone de déshydratation (<4% d'eau), température 250 à 400°C
- zone de décarbonatation, température 600 à 1000°C
à 550°C départ de l'eau de combinaison de l'argile.
à 600°C départ de CO₂

$$\text{MgCO}_3 \longrightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$$
à 900°C décarbonatation

$$\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$
- zone de clinkerisation, température 1400 à 1500°C
- zone de refroidissement.

III -5 Refroidissement

Le clinker quittant le four se verse dans le refroidisseur rotatif ayant une longueur de 21m et avec 1.80m de diamètre. La partie haute (huit premiers mètres du tube) est garnie de briques réfractaires ;la partie basse est équipée de releveurs.

III -6 Stockage du clinker

Le clinker est transporté et stocké dans un hall couvert de l'usine. Les dimensions de cette zone est de 68m × 18m et permet le stockage d'environ 7000 à 8000t de clinker .

III -7 Préparation du charbon

Le charbon réceptionné au port de BOANAMARY est humide. Après passage dans un séchoir ;le charbon séché est broyé, puis stocké dans un silo avant d'être transporté vers le four, par l'intermédiaire d'un ventilateur, à travers une tuyère.

Le séchoir rotatif est un séchoir cylindrique de 0.680m de diamètre et de 14m de longueur. Après broyage on obtient de charbon à une finesse de 6 à 7% de refus au tamis de 4900 mailles au cm².

III-8 Broyage ciment

Le clinker refroidit dans le hall clinker sera transporté vers un silo, puis introduit dans un broyeur à ciment avec une certaine quantité de gypse(6%) qui joue le rôle de régulateur de prise additionnée du filler 3%.

Le contrôle de la quantité du gypse se fait par l'analyse du SO₃. La cimenterie d'Amboanio vise un taux de SO₃ compris entre 2.5 et 3%.

Le ciment doit être stocké dans des silos appropriés suivant les gammes de produits.

III-8-1 Gammes des produits de la SANCA

La cimenterie d'Amboanio produit le CPA 45 et le CPA 35. Le tableau suivant nous montre les caractéristiques du ciment à la SANCA.

		CPA 35	CPA 45
résistances mécaniques MPa	02 jours	23.08	24.10
	07 jours	34.60	35.26
	28 jours	42.56	43.78
surface spécifique Blaine (cm ² / g)		3524	4122
composition des produits	% clinker	87.65	86.58
	% gypse	9.86	10.75
	% filler	2.40	2.53

Tableau N°10: Caractéristiques des ciments de la SANCA

Caractéristiques chimiques

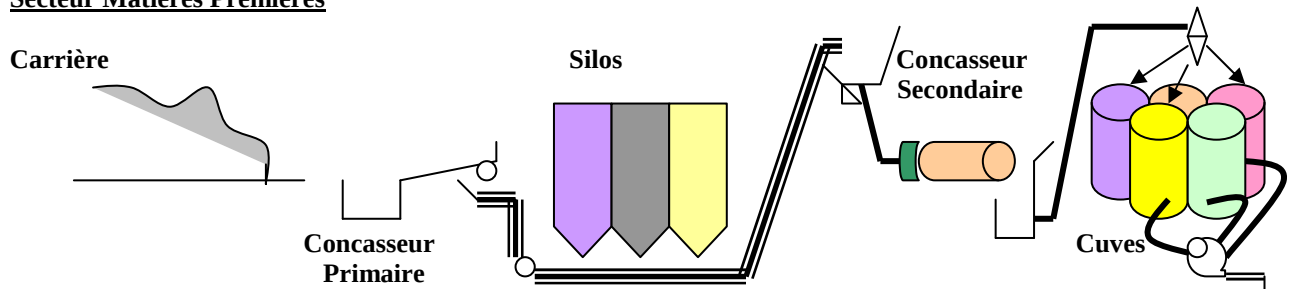
constituant	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Total
Teneur en %	21.54	68.65	06.90	02.65	0.11	00.02	00.13	100.0

Tableau N° 11 : composition chimique du ciment d'Amboanio

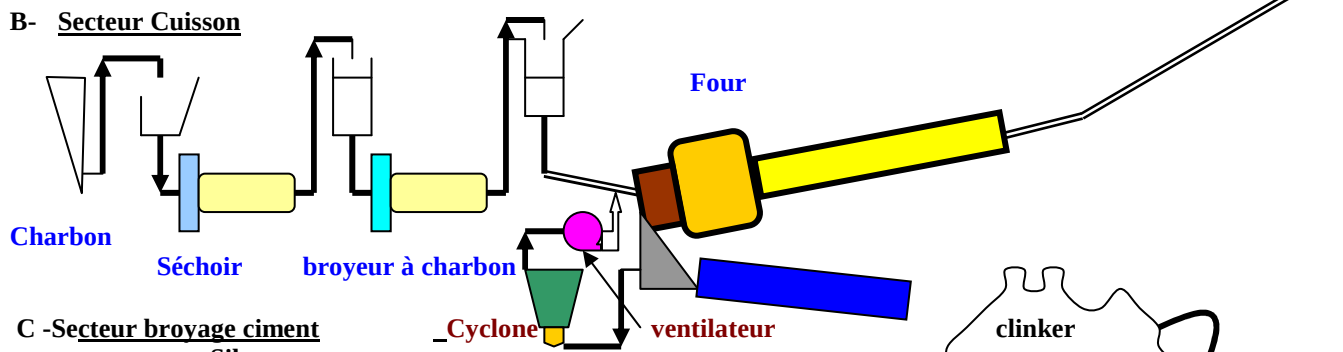
Au point de vue quantité, la cimenterie d'Amboanio produit environ 60 000 tonnes de ciment par an de deux variétés différentes, le CPA 35, le CPA 45.

Processus de fabrication du CPA à la SANCA

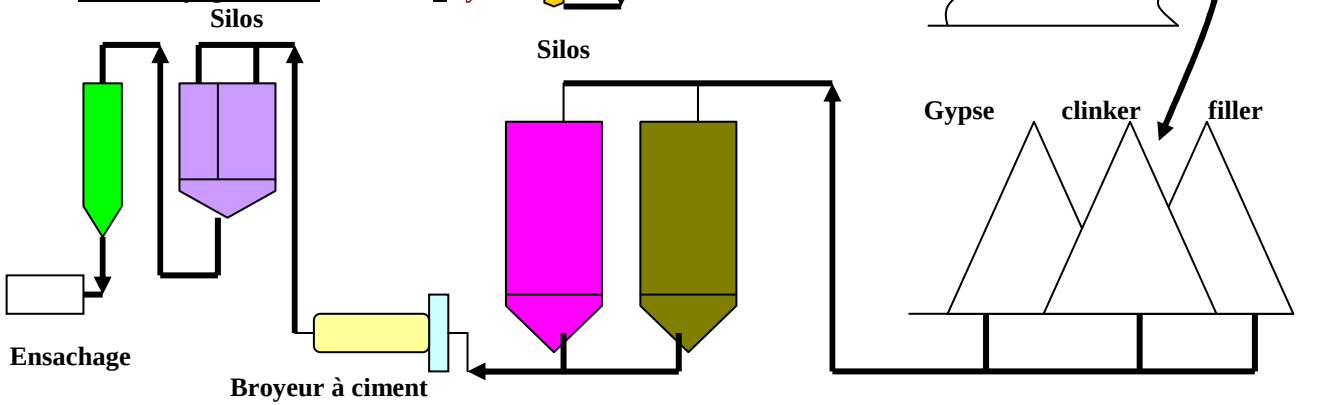
A- Secteur Matières Premières



B- Secteur Cuisson



C -Secteur broyage ciment



PARTIE 02

ETUDE DU GISEMENT ET DE SON EXPLOITATION

CHAPITRE IV :**CADRES GEOGRAPHIQUES DE LA REGION
BOANAMARY AMBOANIO****IV-1 Situation géographique**

Le gisement de Boanamary Amboanio est situé sur « un petit plateau en bordure de l'estuaire de la Betsiboka » (H. BESAIRIE), à 150° 45 latitude Sud et 46° 21 longitude Est.

Ce petit plateau est composé de courbes de calcaires de différentes sortes à trois niveaux, supportées à la base par une couche de marnes fossilifères.

IV-1-1 Localisation régionale

Le centre du gisement est localisé aux points de coordonnées suivants :

$$X = 389.258$$

$$Y = 1139.926$$

Situé à près de 12km à vol d'oiseau de Mahajanga. On y accède en quittant la RN4 au niveau du PK 566.5 venant d'Antananarivo ou au PK 18 de Mahajanga. Dix sept kilomètres séparent la RN4 du gisement.

Sur le parcours, partant de Marohogo on amorce une descente passant à une couche de calcaire, du sable et du grès très tendre sur deux kilomètres pour continuer carrément sur des couches de calcaire jusqu'à Amboanio.

IV-1-2 Découpage administratif

Faisant partie du Faritany de Mahajanga, cette région dépend administrativement au Fivondronana de Mahajanga II , et est circonscrite dans le Firaiana de Boanamary.

IV-1-3 Implantation locale

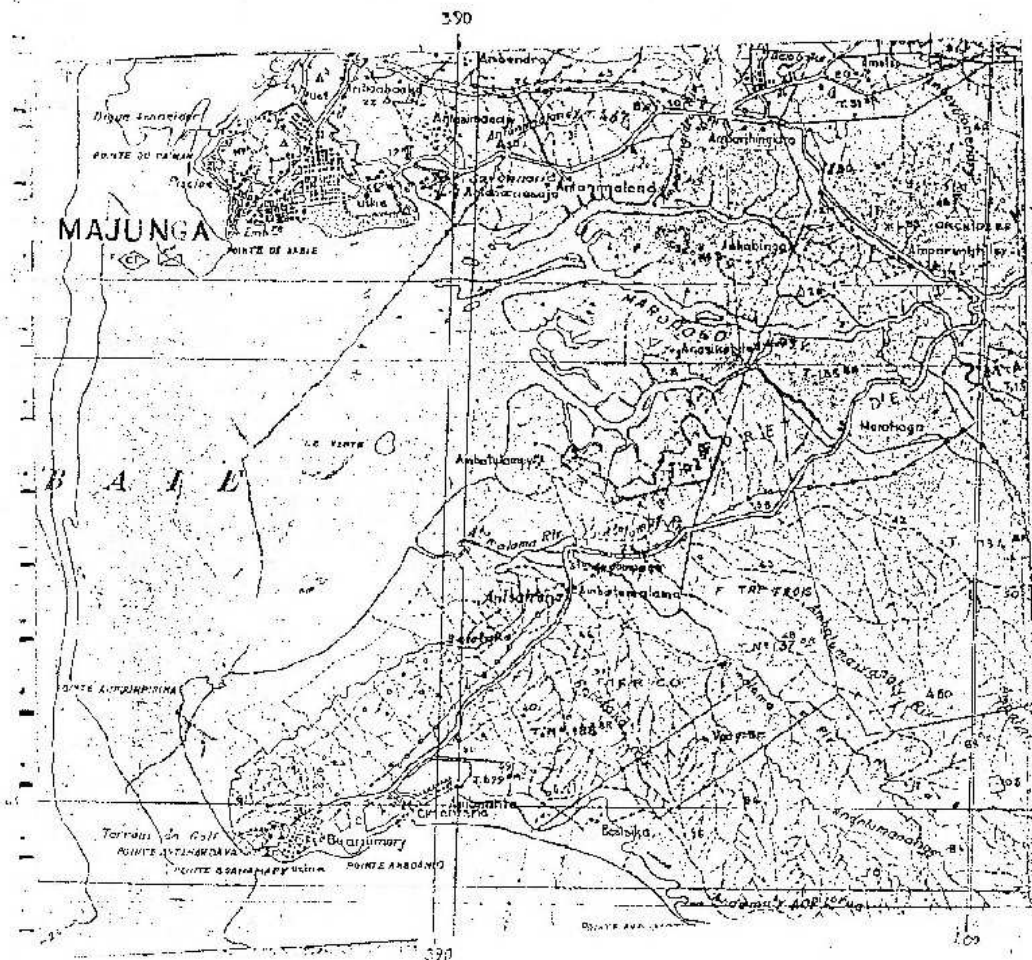
La localité la plus proche du gisement d'Amboanio est celle du Boanamary. Le traitement du calcaire et de la marne se fait dans l'usine de la SANCA à Amboanio.

IV-2 Milieu physique**IV-2-1 Hydrologie**

La zone se trouvant dans l'estuaire de la BETSIBOKA, plusieurs réseaux hydrographiques sont relevés.

On note principalement la BETSIBOKA dont l'eau a certain degré de salinité. Par ailleurs , l'eau douce , source de la consommation locale provient en amont d'AMBATOMALAMA pour donner un point d'eau à sept kilomètres de l'usine.

En outre , on relève une existence d'une nappe issue des eaux de ruissellement et qui alimente le lac qui tient lieu de réservoir d'eau douce utilisable dans l'usine .



Route Nationale
Route carrossable
Sentier

Point géodésique
côte

Echelle 1/100 000

CARTE TOPOGRAPHIQUE DE LA REGION DE MAHAJANGA

IV-2-2 Le climat

La région est soumise au climat de zone tempérée. On distingue une saison sèche et une saison humide. La température moyenne annuelle est de 23°C dont le maxima est de 35°C et le minima de 10°C.

L'humidité moyenne est de 71.5% avec un maxima de 85% et minima de 57%. Il tombe en moyenne 1700mm de pluies par an. Durant trois mois environs (Décembre, Janvier, Février), la précipitation moyenne est de 380mm.

IV-2-2 Le paysage

Plat et légèrement incliné vers le littoral sur une profondeur d'une dizaine de kilomètres par rapport au front de la mer, il est surplombé en hauteur vers l'intérieur du pays. La couleur dominante est le vert.

IV-2-3 L'air ambiant

L'air est plutôt pollué de particules de poussières provenant de l'exploitation de la carrière et de la fumée de la cheminée de l'usine.

IV-3 Milieu biologique

IV-3-1 Flore

Riche, elle est constituée de la mangrove qui constitue la végétation particulier de la région. Elle est principalement à base de cocotier, de palétuviers, d'« afiafy » (Avicenia) et de palmiers du genre « satrana ».

En hauteur, on note la prépondérance de manguiers et de jujubiers par rapport aux autres arbres et arbustes.

IV-3-2 Faune

Outre la présence des animaux domestiques, en particulier des bœufs, il y a parmi les mammifères sauvages, les sangliers.

Dans d'autres genres, on note les lézards, les caméléons, les serpents et les insectes. Les oiseaux sont constitués essentiellement de pigeons ramiers.

IV-4 Milieu humain

IV-4-1 Occupation du sol et habitat

De moyenne densité et concentrée dans les principaux villages, la population ne s'occupe pas de cultures vivrières, le sol calcaire ne s'y prêtant pas. La pratique courante est donc la pêche et la plantation des cocotiers.

IV-4-2 Données socio-économique

Outre les activités des pêches , les travaux à l'usine et à la carrière ont basé la population environnante . L'approvisionnement complémentaire de vivres se fait à Mahajanga. Le niveau de vie sur les lieux n'est assez élevé.

IV-4-3 Infrastructures

Une route goudronnée dont l'état nécessite une réhabilitation mène de la RN4 vers l'Amboanio. Des pistes tout terrains unissent vers les hameaux forestiers des environnants.

IV-4-4 Environnement sonore

Les bruits d'engins, des machines tels que broyeurs, concasseurs et de groupes électrogènes prédominent les jours comme des nuits durant les périodes d'activités de l'usine.

Par ailleurs, on note les vibrations et les bruits dues à des tirs à l'explosif de la carrière.

IV-5 Pollution existante

Il y a prédominance des poussières provenant de l'exploitation de la carrière affectant les habitations environnantes et les végétations .

On ne peut pas non plus négliger les fumées produites par l'usine de traitement, fumées et poussières dont les dépôts affectent même les locaux des infrastructures.

CHAPITRE V :**CONTEXTE GEOLOGIQUE DU SECTEUR
BOANAMARY AMBOANIO****V-1 Mode du gisement**

“....Un petit plateau en bordure de l’estuaire de la Betsiboka.” (H.Besairie). En effet, c’est là l’allure générale du secteur étudié. Le replat sommital occupe une altitude moyenne de 37m. A mi chemin entre le village d’Amboanio et celui de Boanamary, on note une vallée principale dont les parois latérales ont une pente moyenne de 6% environ. A partir du croisement Boanamary Amboanio, il existe une descente de 10% jusqu’au village d’Amboanio, bâti sur une formation géologique différente de celle qui constitue le plateau.

La bordure Sud du plateau est marquée par une falaise souvent abrupte, en contact avec la mer par des mangroves à palétuviers (« afiafy »). La mer n’arrive au bas de cette falaise qu’en marée haute. Les superficies occupées par les mangroves s’étalent de plus en plus vers le large au cours du temps. La bordure Nord Ouest se lamine en pente douce de 3 à 4%.

V-2 Nature lithologique

Du haut en bas, on peut séparer quatre niveaux différents selon leurs constituants dominants.

Niveau IV :

Ce niveau est constitué de calcaire crayeux d’aspect blanc poudreux, tachant le doigt légèrement graveleux et non fossilifère. La partie sommitale sous forme de pente très douce est constituée en général par ce calcaire crayeux. A ce niveau aussi ,abonde la formation de dolines qui sont de légères dépressions circulaires d’ordre décimétrique à métrique.

Niveau III :

Ce niveau est formé par une série alternée de bancs parallèles de calcaires marneux et de marno-calcaires. Il est en pente douce, ce qui constitue les parois des vallées. L’épaisseur moyenne de ce niveau est de 5 à 6 mètres.

Niveau II :

Il est constitué de calcaire grumeleux, en miches, sans litages défini. C’est une formation dure, et bien compacte. Or ce niveau dur ne résulte pas de blocs dispersés. Ce niveau forme la falaise rocheuse de calcaire jusqu’au quai du Boanamary. L’épaisseur moyenne de ce niveau est de 6 mètres.

Niveau I :

C’est une couche marneuse fossilifère, de couleur bleu ciel pâle au niveau de l’affleurement, boueux en période de pluies. Ce niveau se présente toujours en pente douce et son toit est souvent affouillé. Dans le secteur d’Amboanio, le contact niveau I formation gréseuse disparaît sous la mer. Aux environs de la carrière, ce niveau affleure surtout le long de la côte et ayant une épaisseur moyenne de 10 mètres.

V-3 Stratigraphie

Les niveaux II, III, et IV supérieurs sont assimilés au Danien. De ce côté d'Amboanio vers l'Est, les épaisseurs des calcaires s'amincissent de plus en plus de 20 à 25 mètres.

Les couches marneuses au dessous (niveau I) appartiennent au Maestrichien. Les éboulis s'avèrent riches en Alectryonia et en Pycnodonta. La formation gréseuse sous-jacente n'affleure que partiellement vers l'Est d'Amboanio. Elle appartient à la série du grès de Maevarano.

Les formations lithologiques existantes ont un pendage général de 5 à 10% légèrement marquées vers l'Ouest. L'ensemble possède donc une structure subhorizontale, ce qui facilite beaucoup l'exploitation en carrière des roches existantes.

Dans cette région d'Amboanio, on remarque qu'aucune faille majeure n'est réellement apparente.

V-4 Evaluation des réserves

D'après la carte qui montre la limite de la surface appartenant à la société SANCA et qu'on peut exploiter, on estime que le cubage du gisement est évalué $7\,352\,600\text{m}^3$ en place sur une surface de $236\,414\text{m}^2$.

Le tableau ci-dessous nous montre les proportions des différentes matières premières :

	Marne	Calcaire dur	Calc. Marneux	Craie
Volume [m^3]	3316252	1402810	1134254	1499284

Tableau N° 12 : Proportions des matières premières dans les réserves

A partir de la surface de la marne que l'on devra extraire dans une année ($5000\text{m}^2/\text{an}$), on en déduit que ce gisement a une réserve de 50 ans au moins.

CHAPITRE VI :**EXPLOITATION DU GISEMENT****VI-1 Méthode et mode d'exploitation****VI-1-1 Détermination de la zone à exploiter**

Le gisement se trouve proche de l'estuaire de la Betsiboka au Sud et aux environs immédiat de Majunga à 12km à vol d'oiseau ou 34km sur route. L'usine se place dans une site intéressant à Amboanio - Boanamary.

VI-1-2 Choix de l'emplacement de l'usine

L'usine est située aux points de coordonnées :

$$X = 388.250$$

$$\text{et } Y = 1139.490.$$

Cette installation près de la mer permet de diminuer les frais de transport en particulier ceux du charbon importé. Elle facilite aussi l'expédition des produits finis par voie maritime.

VI-1-3 Choix de l'emplacement de la carrière

On peut faire l'ouverture de la carrière à n'importe quel point, car d'après les analyses faites sur les cuttings, il n'y a pas de différence substantielle sur la qualité des matière premières. Par contre la carrière doit être située autant que possible, éloigné des agglomérations, de tout lieu d'habitat et de toute voie de communication à fort usagés.

En conséquence, nous avons choisi d'ouvrir le front sur la falaise naturelle de coordonnées

$$X = 389.258$$

$$\text{et } Y = 1139.926$$

VI-1-4 Choix du mode et méthode d'abattage

Le choix du mode et de la méthode d'abattage est basé sur :

- le ratio de décapage
- les propriétés du minéral
- les matériels mis en œuvre

Dans le secteur Amboanio les minerais sont en affleurement, avec un faible pendage des couches, leur dureté(roches meubles ;plus ou moins dures),facilitent l'exploitation. Il est avantageux d'effectuer l'exploitation à ciel ouvert.

Dans l'exploitation, il existe deux opérations :

- décapage des stériles
- extraction des minerais

Ratio de décapage

C'est la quantité de stérile à enlever pour extraire une unité de minerai :

$$R = \frac{V}{T}$$

R : ratio de décapage (m³ / t)

V : volume du stérile enlever (m³)

T : tonnage du minerai (t)

Actuellement on peut considérer la craie comme des stériles car on ne l'utilise qu'en une faible quantité comme filler dans le broyage du ciment , ce qui est négligeable par rapport au volume décapé.

Pour une unité de surface, on a :

- Volume de stérile (craie) : 10.5 m³
- Epaisseur moyen du minerai : 20m
- Densité moyenne du minerai : 2.18 t/m³

D'où la ratio **R= 0.24**

Actuellement, l'exploitation se fait par deux méthodes :

- abattage à l'explosif pour la couche de calcaire dur et la couche de calcaire marneux
- abattage par scarification de la couche de marne et de la craie

VI-1-4-1 Abattage à l'explosif

Dans notre étude sur les mines et des carrières à ciel ouvert, les objectifs dans un tir à l'explosif sont généralement les suivants :

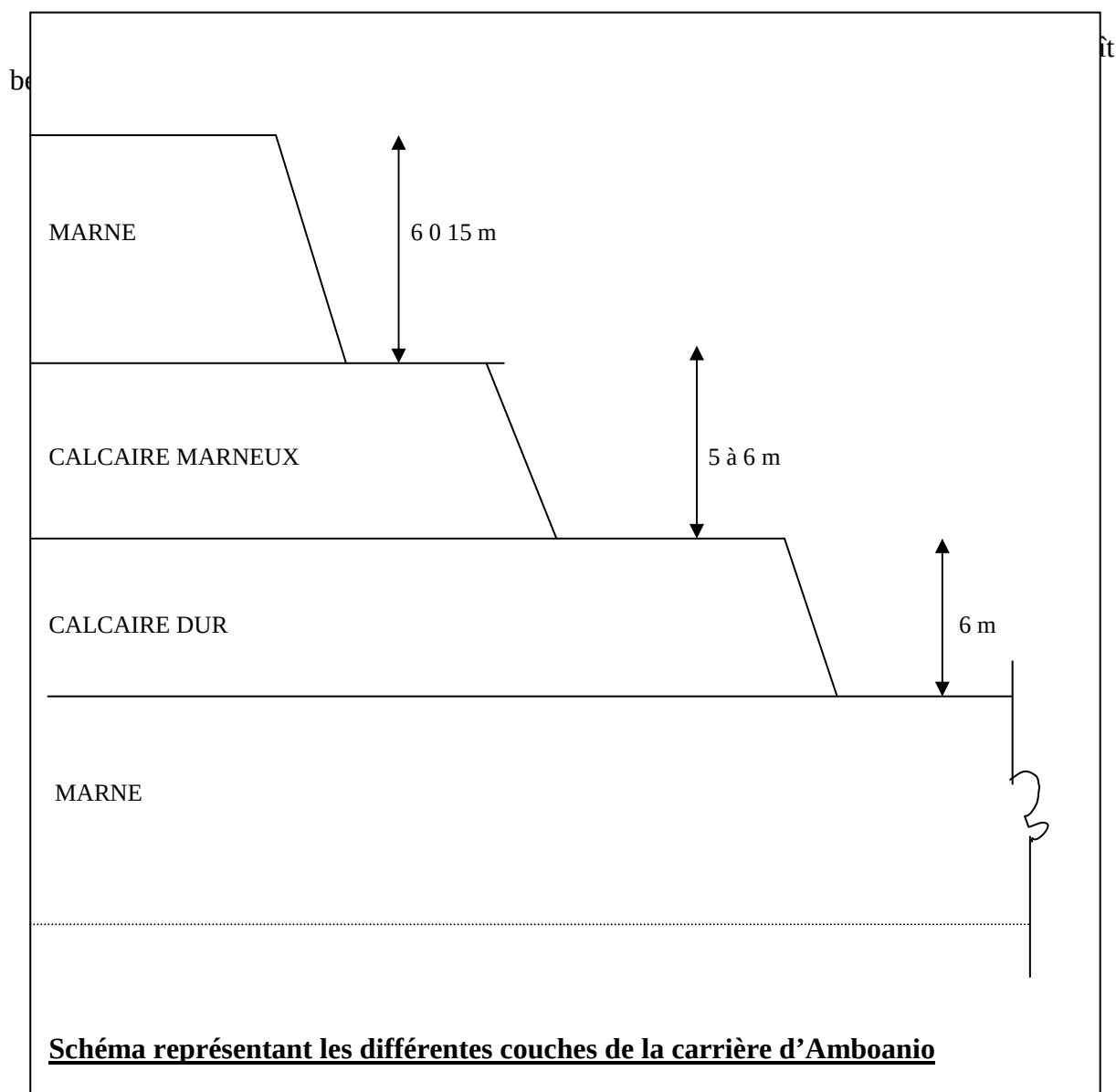
- production avec objectif dimensionnel
- production avec objectif de forme
- coût global minimal de l'opération
- maîtrise rationnelle du temps
- respect de l'environnement

Dans une carrière de cimenterie, les objectifs techniques que l'on doit respecter sont :

- la bonne sortie du pied
- la granulométrie adaptée à l'ouverture du concasseur primaire
- la forme du tas et le foisonnement facilite le travail de chargement
- le bon alignement du front.

VI-1-4-2 Abattage par scarification

Pour l'optimisation de l'exploitation de la carrière , l'extraction se fait par l'utilisation de bull. avec rippers pour scarifier les couches plus ou moins meubles mais compactes, comme la marne, la craie et le calcaire marneux .



VI-2 Natures et caractéristiques des roches

On a vu précédemment les diverses formes ou aspects des couches selon la géologie du massif. Aussi il est nécessaire de connaître les caractéristiques de ces roches afin de déterminer le choix convenable de la méthode et des matériels à utiliser.

VI-2-1 Propriétés physiques des roches

On a fait des essais sur les résistances en compression des roches calcaires et les marnes, ;et à partir des résultats obtenus on peut calculer les résistances à la traction et au cisaillement. (CF annexe N°-02)

La résistance à la compression $R_c = \frac{F}{S}$

F : force appliquée sur l'échantillon 40.66 KN (cas du calcaire)

S : section de base de l'échantillon $4 \times 4 \text{ cm}^2$

$R_c = 2.54125 \text{ KN} / \text{cm}^2$ ou $2593.1122 \text{ t} / \text{m}^2$

Dans la pratique on prend la résistance à la compression tri axiale qui est toujours supérieure à celle de la compression simple.

D'où $R_c = 3000 \text{ t} / \text{m}^2$

La résistance à la traction est $R_t = \frac{R_c}{10}$

La résistance au cisaillement est $R_{cs} = R_t \times 2$

Le tableau ci-dessous illustre les propriétés physiques des roches :

	Résistance à la compression simple	Résistance à la compression pratique	Résistance à la traction	Résistance au cisaillement
Marne	1381.79 t / m ²	2000 t / m ²	200 t / m ²	400 t / m ²
Calcaire	2593.112 t / m ²	3000 t / m ²	300 t / m ²	600 t / m ²

Tableau N° 13 : Propriétés mécaniques des marnes et du calcaire

VI-2-2 Autres caractéristiques des roches dans la carrière

	Marne	Calcaire dur	Calc.Marneux	Craie
densité	2.0095	2.3458	2.19407	1.519
résistance à l'abrasivité	moyenne	faible	moyenne	moyenne

Tableau N° 14 : Densité et résistance à l'abrasion des roches

L'abrasivité dépend à la fois de la résistance de la roche et de sa teneur en minéraux durs à savoir la silice. Elle a une incidence majeure sur la performance du matériel et le coût de la foration ou le coût de l'abattage par rippage (usure sur du matériel).

Ces résultats d'analyses mécanique nous montre que ce sont des roches plus ou moins dures ; ce qui justifie les moyens mis en œuvre lors de l'abattage et du décapage.

VI-2-3 Les caractéristiques chimiques des roches

Les analyses chimiques portant sur les échantillons provenant de la carrière ont donné :

	perte au feu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	somme	titre en CaCO ₃
Craie	41.11	8.303	2.473	1.56	86.278	0.716	99.33	89.80
Calcaire marneux	39.14	9.21	5.53	0.94	83.33	0.37	99.38	80
Calcaire dur	42.66	4.64	0.90	0.64	91.40	0.57	98.15	93
Marne	36.20	12.10	7.42	0.68	77.94	0.76	98.90	74.50

Tableau N°15: Composition chimique des matières premières

Les analyses montrent que ces matières sont de très bonne qualité pour la fabrication du ciment.

VI- 3 Propriété du terrain

On constate une présence d'eau entre la couche de marne et la couche de calcaire dur. Elles proviennent des eaux d'infiltration. De faible quantité, elles ne posent pas de problème sur l'exploitation.

Pourtant l'existence de cavités dans la couche de calcaire dur nous pose des difficultés :

- sur le travail de foration qui peut entraîner le coincement de la tige de forage
- sur le chargement du trou
- lors du tir, les gaz formés par l'explosion peuvent se détendre sans atteindre l'objectif.
- sur le bourrage.

VI-4 Les moyens de mise en œuvre

VI-4-1 Types de matériels de foration

La qualité de la foration dépend :

- de la méthode de foration
- de la précision d'implantation (implantation de la glissière et de la profondeur du trou)
- de la structure du massif

Comme engin de foration de type pneumatique ,on a une foreuse du type « Hausserr ». Elle est munie d'un fleuret avec un taillant faisant le type de forage rotary.

On a deux types de fleuret sur la foreuse :

- celui que l'on utilise pour la foration de marne au cas où le bull. est en panne ou n'est pas disponible, et a un diamètre de 120mm.
- et l'autre pour la foration du calcaire dur, du calcaire marneux et de la craie, a un diamètre est de 80mm.

Le coefficient de fiabilité de cette foreuse est inférieur à 60%

Sa vitesse d'avancement est en moyenne 1.5 m / h

En outre il existe aussi une autre foreuse « MEUDON » pour la foration de la marne ; son fleuret a une longueur 1.60m avec une diamètre de 42mm. La carrière dispose également d'un marteau perforateur, utilisé quand on est obligé de faire un débitage secondaire.

VI-4-2 Les caractéristiques de l'explosif à utiliser

Un explosif est un corps composé d'éléments susceptibles de subir une transformation dans un temps très court, sous l'effet d'une excitation appropriée en se gazéifiant à une température très élevée.

Le choix de l'explosif repose donc en fonction de :

- sa puissance CUP
- sa vitesse de détonation (Vd)
- sa sensibilité à l'onde explosive
- sa sensibilité aux frottements, à la friction aux chocs
- sa résistance à l'humidité.
- les fumées des gaz qui vont se développer lors de l'explosion.

Ce choix dépend également :

- des objectifs technico-économiques
- des matériels utilisés
- des caractéristiques du terrain à exploiter.

Sur le marché, on dispose les explosifs suivants :

- ANFO
- GOMME F16
- IREMITES 1000 - 2500 - 4000
- SIGMAGEL 6 - 605 - 612

Nous devons d'abord connaître les caractéristiques de ces explosifs, avant de faire le choix avec lequel on fera dans l'abattage.

ANFO (Ammonium Nitrate Fuel Oil)

Composition : 5.5 à 6% de fuel oil
94 à 95% de nitrate d'ammonium.

Ce type d'explosif est moins puissant que les dynamites mais il est aussi moins coûteux, il facilite le chargement, il facilite le remplissage du trou de mine et il a l'avantage d'une grande sécurité d'emploi.

Mais il existe quand même des inconvénients lors de son utilisation :

- sa grande sensibilité à l'eau
- sa facilité de s'écouler dans les fissures ou les cavités
- sa faible aptitude à transmettre la détonation.

Gomme F16 ; Iremites ; et les Sigmagels :

Ces explosifs sont constitués à base de nitroglycérine, trinitrotoluène et nitrate d'ammonium. Ils se présentent sous forme de produits encartouchés, ayant une bonne sensibilité à l'onde explosive, moins sensible aux frottements et aux chocs et une bonne résistance à l'eau. (Cf Annexe 5 : les caractéristiques des explosifs)

Notre choix se porte sur l'ANFO pour sa facilité d'emploi et son coût moins élevé que celui de l'Iremite 2500.

VI-4-3 Géométrie du tir

VI-4-3-1 Hauteur du front

Elle dépend :

- de la nature de la roche , de l'orientation de la couche. Comme dans le cas de notre carrière, la direction du pendage est SSW vers NNE. On choisit alors le sens de l'exploitation dans cette direction.
- du matériel disponible.

VI-4-3-2 Inclinaison de trou de foration

Nous avons constaté que lors du travail de foration dans les couches de calcaire marneux et dans le calcaire dur, et quand on utilise le fleuret de diamètre 80mm ; l'inclinaison des trous d'une valeur de 15° nous apporte les avantages suivants :

- dégagement du pied
- meilleure fragmentation en tête
- explosion moins violente
- consommation d'explosif moindre.

VI-4-3-3 Banquette - Entraxe

Banquette

C'est la distance entre le front de taille et la première rangée de trou et/ou la distance entre deux rangées successives: on le désigne par **V**.

Entraxe

Appelé aussi espacement :indique la distance entre deux trous d'une même rangée. On la représente par **E**.

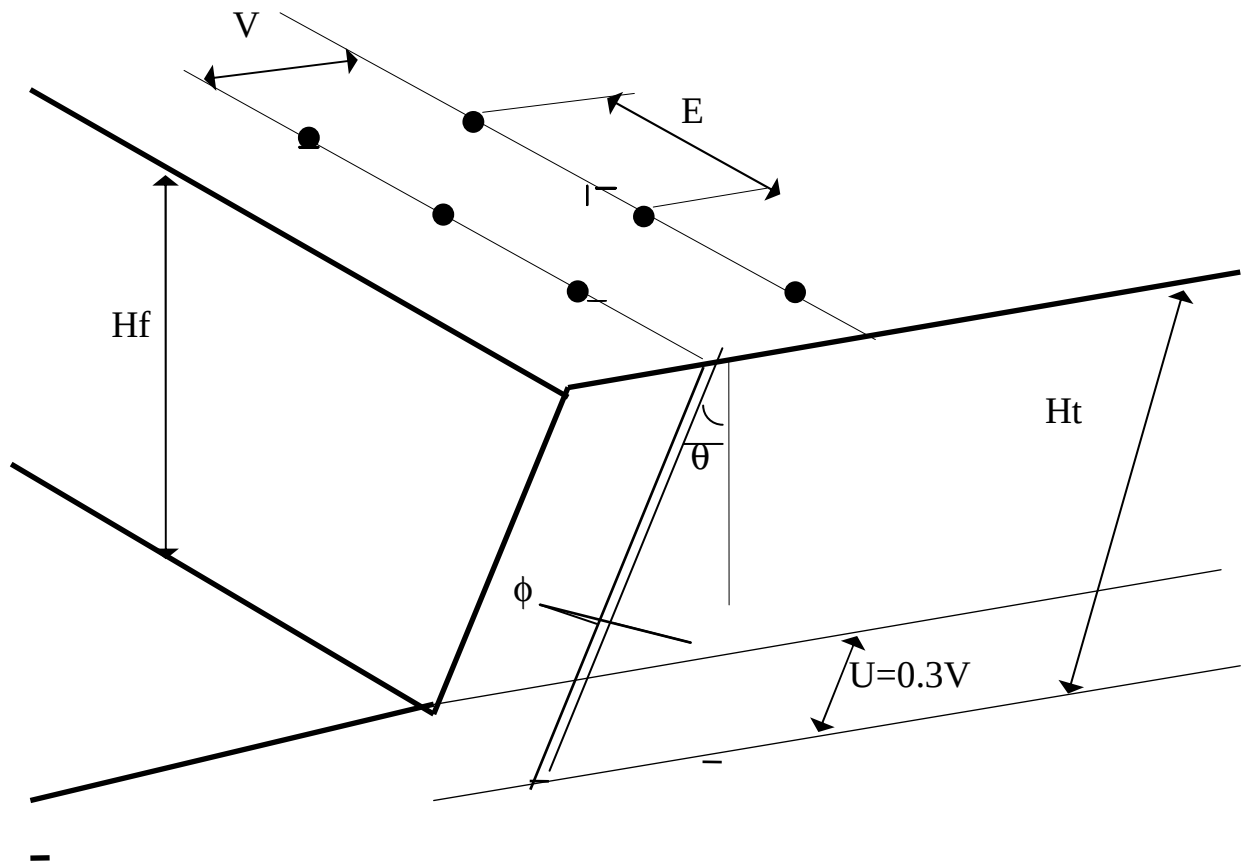


Figure N° 02

VI-4-4 Elaboration du schéma du tir

Elle dépend des facteurs suivants :

- taille des blocs qu'on veut obtenir
- profondeur et diamètre du trou
- nature de l'explosif
- système d'amorçage
- volume de matériaux à abattre.

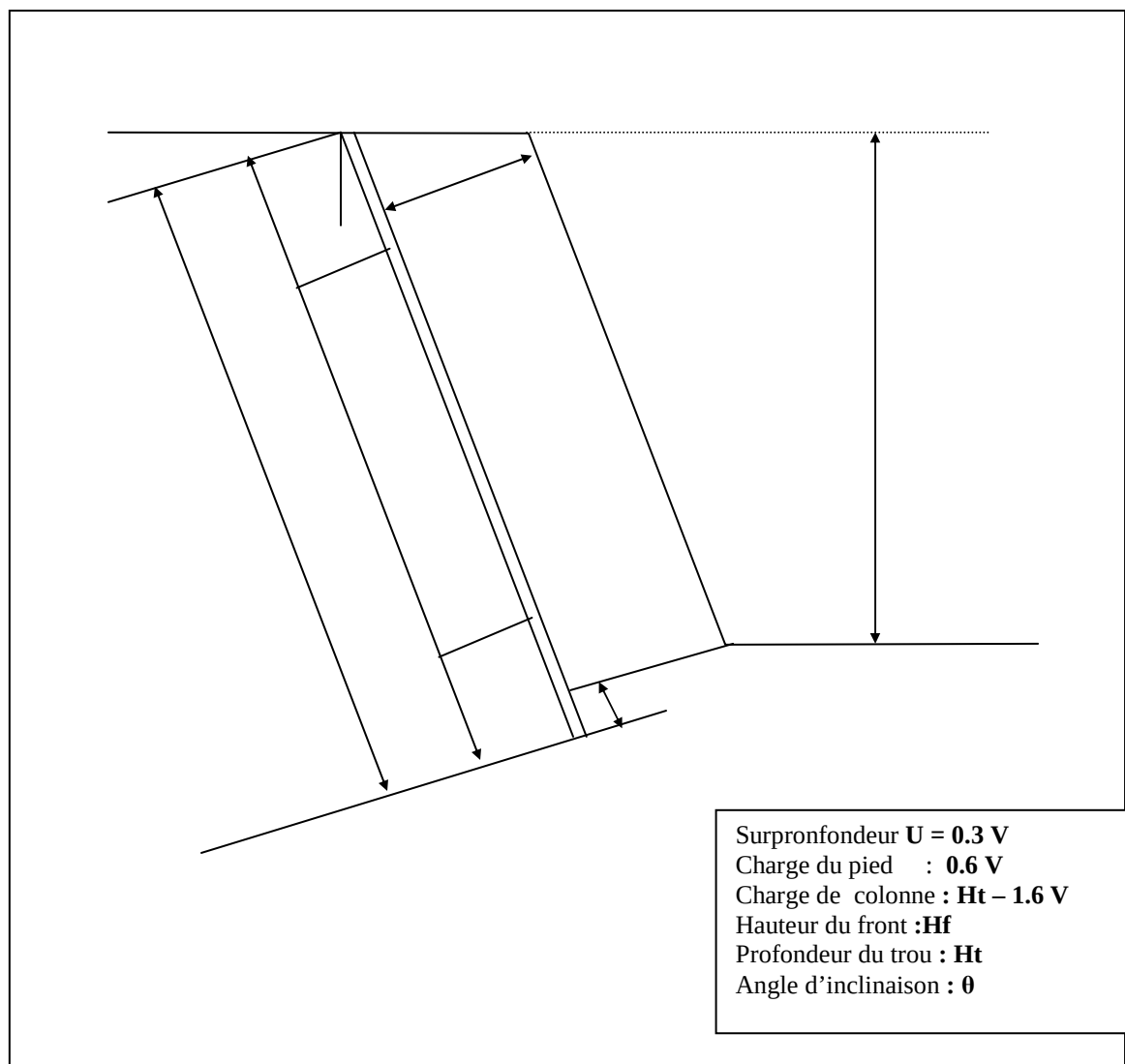


Figure N° 03

VI-4-4-1 Profondeur du trou

Le profondeur du trou dépend également du matériel de foration et de l'angle d'inclinaison du trou.

$$Ht = \frac{Hf}{\cos \theta} + 0.3V$$

Avec $Hf = 5m$
 $V = 2.5m$
 $\theta = 15^\circ$

D'où

$$Ht = 5.92m$$

VI- 5 Choix des explosifs

Il est porté surtout sur le rapport de l'impédance de l'explosif par l'impédance de la roche.

$$0.3 < Z = \frac{\text{Impédance de l'explosif}}{\text{Impédance de la roche}} < 1$$

Ie :impédance de l'explosif = densité de l'explosif × vitesse de détonation

Ir :impédance de la roche = densité de la roche × vitesse de propagation

$$I_r = 2.26 \times 3000$$

Pour l'Iremite 2500

$$Z = \frac{1.19 \times 5300}{2.26 \times 3000} = 0.9302$$

Pour l'ANFO

$$Z = \frac{0.8 \times 3500}{2.26 \times 3000} = 0.4129$$

Ces explosifs conviennent parfaitement à la roche dont est constituée la carrière de l'usine.

VI -6 Calcul des charges

On utilise la formule d'OPPENEAU

$$\begin{aligned} \alpha E H_f + \beta E V &= 2.4 m \gamma v \Delta \phi^2 d_1 \\ \alpha E H_f &= 2.4 m \gamma v \Delta \phi^2 d_2 \\ \beta E V &= 2.4 m \gamma v \Delta \phi^2 d_3 \end{aligned}$$

Avec

E : entraxe (m)	α : résistance à la traction(t/m ²)
V : banquette(m)	β : résistance au cisaillement(t/m ²)
Hf : hauteur du front (m)	m : coefficient de puissance (1.78)
d1 : longueur du charge total (m)	γ : coefficient de pression (0.45)
d2 : longueur du charge de colonne	v : coefficient de vitesse (1.151)
d3 : longueur du charge de pied	Δ : densité de chargement (0.75)
ϕ : diamètre du trou (mm)	

VI-6-1 Calcul de la banquette et de l'entraxe

$$d_2 = H_t - 1.6V$$

:

$$H_t - 1.6V = \frac{\alpha E H_f}{2.4 m \gamma v \Delta \phi^2}$$

Pour une bonne fragmentation, prenons le rapport de maille égal :

$$\frac{E}{V} = 1.2$$

On a : $H_t = 5.92 \text{ m}$ $\alpha = 300 \text{ t/m}^2$ $\beta = 600 \text{ t/m}^2$
 $\phi = 80 \text{ mm}$

- Nous prenons le cas du calcaire pour le mode de calcul.

On obtient alors : $V = 3.3456 \text{ m}$

$E = 4.0147 \text{ m}$

VI-6-2 La charge du pied

$$d_3 = \frac{\beta E V}{2.4 m \gamma v \Delta \phi^2}$$

$d_3 = 0.75878 \text{ m} < 0.6V = 2.00736 \text{ m}$

charge du pied = $\Delta \times d_3$

$0.75 \times 0.7587 = 0.569 \text{ kg d'Iremites 2500}$

VI-6-3 La charge de colonne

$$d_2 = \frac{\alpha E H_f}{2.4 m \gamma v \Delta \phi^2}$$

$d_2 = 0.56700 \text{ m}$

charge de colonne = $\Delta \times d_2$

$0.75 \times 0.56700 = 0.42525 \text{ kg d'Iremites 2500}$

On doit remplacer le dynamite par l'ANFO dans la charge de colonne.

$$m_{Ir} s_{Ir} = m_A s_A$$

s_{Ir} : strenght de l'Iremite

m_{Ir} ; masse de l'Iremite

s_A : strenght de l'ANFO

m_A : masse de l'ANFO

$s_{Ir} = 0.89$

$s_A = 0.85$

$m_{Ir} = 0.42525$

d'où masse de l'ANFO correspondante m_A est : **0.44526 kg d'ANFO**

Cette quantité de charge de colonne est insuffisante pour abattre le massif. On constate aussi que la banquette et l'entraxe peuvent nous donner des blocométries plus grandes que l'ouverture du concasseur primaire.

VI-7 Rectification

En principe la dimension du bloc doit être égale à :

$$V / (4 \text{ ou } 5) = 50 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

On doit donc diminuer le diamètre de foration car celui-ci n'est pas proportionnel à la hauteur du front. D'après la dimension de bloc, on a :

$$V = 50 \cdot 10^{-2} \times 5 = 2.5 \text{ m}$$

Le rapport de maille est 1.2. D'où $E = 3 \text{ m}$

banquette $V = 2.5 \text{ m}$ entraxe $E = 3 \text{ m}$
--

VI-7-1 Choix de diamètre de foration

Nous savons que $d_3 = 2 \times \text{sur profondeur}$
 $2 \times 0.3V = 0.6V$

$$\beta E V = 2.4 \text{ m } \gamma v \Delta \phi^2 0.6V$$

D'où

$\phi = \sqrt{\frac{\beta E}{1.44 \text{ m } \gamma v \Delta}}$

D'après calcul on trouve $\phi = 39.49 \text{ mm}$

Dans le cas pratique, on prend $\phi = 42 \text{ mm}$

De ce fait, il faut remplacer l'Iremite par le Sigmagel 6, car ne disposant pas le diamètre convenable à celui des trous, il ne respecte pas le couplage.

Le coefficient de couplage doit :

$C_e = \phi_e / \phi = 0.8 \text{ à } 0.9$
--

Pour l'Iremite $C_e = 25 \div 42 = 0.39 < 0.8$
 Pour le Sigmagel 6 $C_e = 37 \div 42 = 0.88$

L'emploi du Sigmagel 6 modifie donc toute la répartition des charges .

Sigmagel 6 : $\phi_e = 37 \text{ mm}$ / $p = 500 \text{ g} / l = 400 \text{ mm}$ sa densité : 1.17

$m = 1.704$ $v = 1.161$

$\gamma = 0.45$ $\Delta = 0.90$

D'après le calcul on trouve :

V = 2.5m	d3 = 1.326m
E = 3m	d2 = 2.194m
Ht = 5.92m	bourrage = 2.4m

VI-7-2 Charge dans un trou

Charge du pied: 1.1934 kg de Sigmagel 6 et de l'ANFO

Charge de colonne : 2.27 kg de l'ANFO

Volume abattu par trou : $2.5 \times 3 \times 5 = 37.5 \text{ m}^3$

Charge spécifique =	$\frac{\text{poids de l'explosif par trou}}{\text{volume abattu par trou}}$
---------------------	---

ANFO charge spécifique = 60.53 g / m^3
 Sigmagel 6 charge spécifique = 31.73 g / m^3

Mètres forés spécifiques =	$\frac{\text{Ht}}{\text{volume abattu par trou}} = 0.157 \text{ m / m}^3$
----------------------------	---

VI-7-3 Répartition du tir

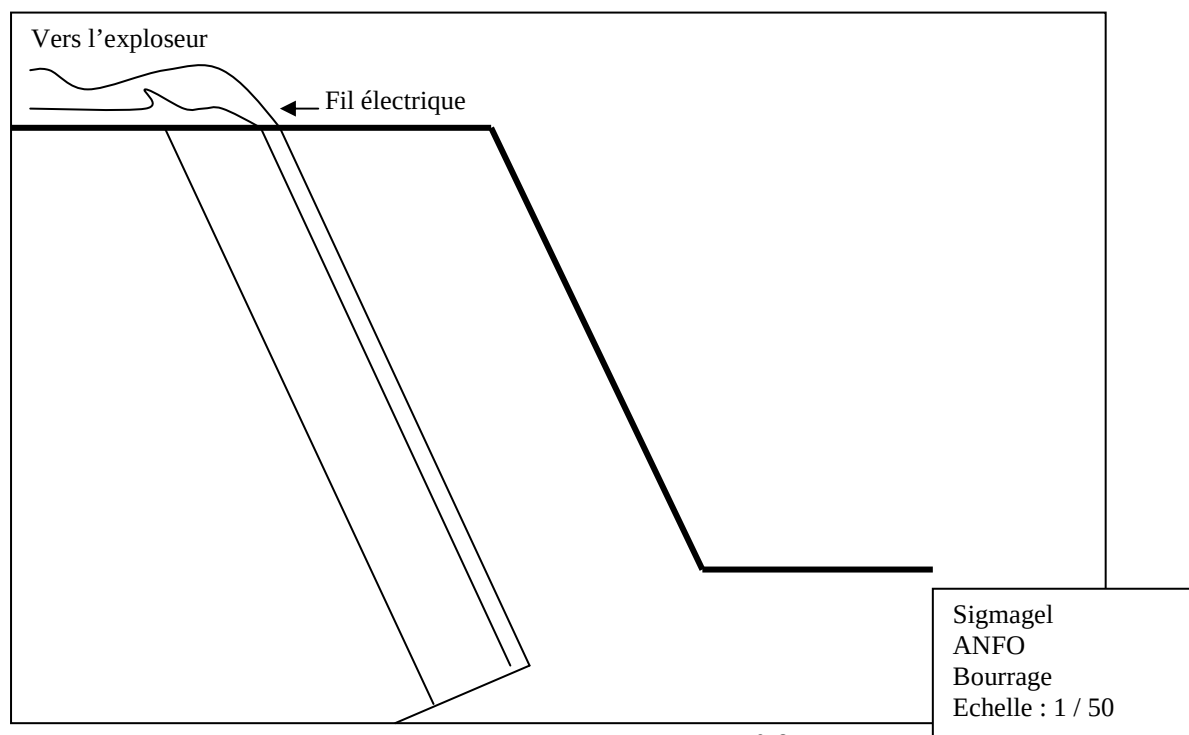


Figure N° 04

VI-8 Système d'amorçage

On utilise deux types d'amorçage :

Amorçage latéral : formé par un cordeau détonant qui doit recouvrir au minimum la longueur du trou foré plus 0.26m pour la prise et la fixation. Mais on doit connaître la compatibilité de ce cordeau avec l'explosif. Dans notre cas, le Sigmagel 6 est convenable au cordeau de 10g / m.

Amorçage ponctuel : qui est caractérisé par l'association d'une cartouche amorce et un détonateur électrique.

Généralement, le cordeau détonant n'est pas employé durant les opération d'abattage du fait de la proximité de la carrière aux habitations.

Par contre, il est obligatoirement utilisé dans les cas où des cavités sont rencontrées, lors de chargement de l'explosif ; car l'onde de choc peut y être reparti avant qu'il n'atteigne le coefficient de self excitation (<5cm).

Dans le cas de l'amorçage ponctuel, on met la cartouche amorce au fond du trou pour que l'onde qui descend dans le massif sous-jacent soit faible ;et celle qui remonte dans la zone de bourrage et qui réfléchit à la surface soit puissante. De plus les gaz formés au pied sont mieux confinés, d'où les résultats suivants :

- Bon dégagement du pied
- Bonne fragmentation générale
- Diminution des projections
- Protection du massif sous-jacent

VI-9 Chargement des trous et bourrages

Ce procédé est exécuté suivant le schéma du tir et la répartition adoptée :

On met d'abord la cartouche amorce au fond du trou et les charges du pied, ensuite la charge de colonne, et au-dessus le bourrage qui est l'action d'obturer et de confiner le trou de mine chargé pour :

- augmenter l'efficacité du tir
- éviter l'échappement de flammes dues à l'explosion

Le bourrage se fait avec des petits gravillons.

L'outil utilisé est le bourroir à bois.

VI-10 Schéma du tir

Nombre de trous d'une rangée : **1^{er} rangée : 8 2^{ème} rangée : 7**

Nombre de rangées : 02

Nombre total de trous : 15

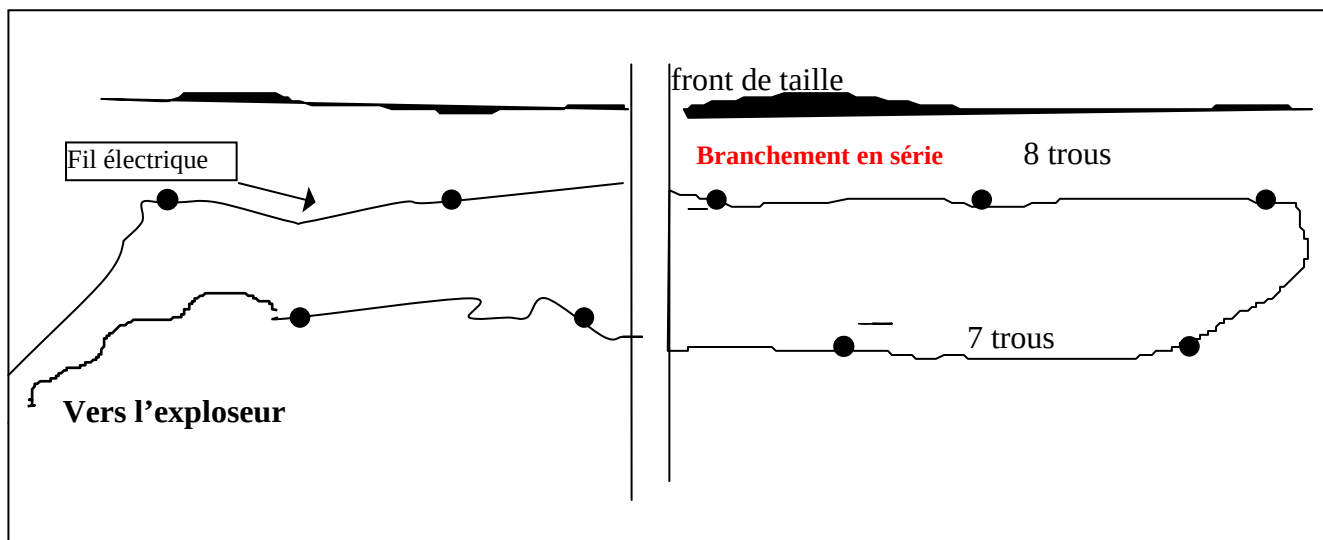


Figure N° 05

VI-11 Mesures après tir

Ces mesures permettent de nous montrer la forme du tas, la granulométrie obtenue et le rendement du tir.

VI-12 Débitage secondaire

En général, il n'y a pas de débitage secondaire, car on a une pelle portant une brise roche pour fragmenter les gros blocs afin que leur taille soit compatible avec l'ouverture du concasseur primaire.

Mais au cas où on a des enrochements après le tir, on est obligé d'exécuter un débitage secondaire.

VI-13 Synthèse

Le choix du plan du tir dépend de la nature et les caractéristiques des roches à abattre. Les objectifs seront donc choisis en fonction de la production, de la qualité et de la sécurité de travail :

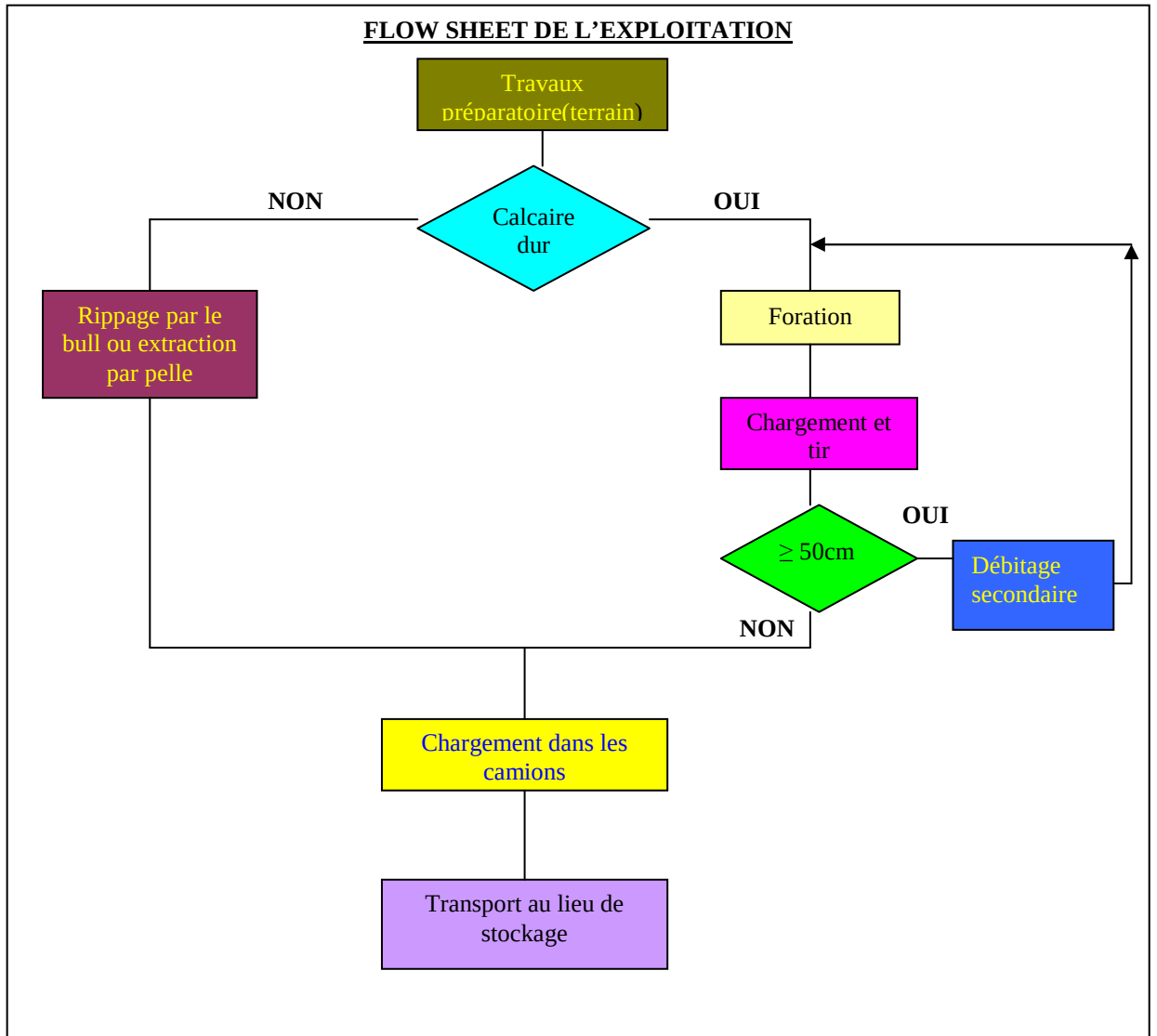
- le rendement de la production
- la forme géométrique du gradin : bonne planéité du pied, sans rebord permettant la bonne marche des engins de reprise ;
- les opérations de reprise doivent se dérouler dans la sécurité totale : bonne rupture du front, pas de blocs en surplomb, bon étalement des tas abattus.

Pour ce faire, le tir en plusieurs rangées doit être utilisé lorsqu'on veut abattre des quantités importantes de matériaux. Il est recommandé que tous les trous d'une même rangée soient amorcés avec le même retard ; car ils apportent des avantages au niveau de la répartition de l'explosif et de la fragmentation du massif.

Le tir séquentiel est généralement caractérisé par :

- une bonne fragmentation du massif
- une réduction sensible des projections verticales
- une amélioration des formes des tas

FLOW SHEET DE L'EXPLOITATION

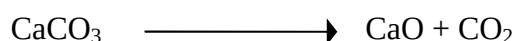


CHAPITRE VII :

ORGANISATION DU CHANTIER

VII-1 Relation entre matières premières et clinker

Calcul des quantités des matières premières sèches nécessaires pour obtenir du clinker (Pour le mode de calcul , voir annexe N°03).



Avec une perte au feu de 0.3586 kg pour 1 kg de mélange de matière, on peut avoir les proportions de mélange nécessaire pour alimenter le four.

Ce dernier produit **180 t de clinker** par jour, ce qui nécessite **280 636 t de mélange par jour, soit 102432.1796 t par an.**

Le tableau ci-dessous nous montre les proportions de matières premières consommées dans une année.

Matières premières	Marnes	Calcaire dur	Calcaire marneux	Craie
Surface à exploiter	5000m ²	5000m ²	5000m ²	5000m ²
Hauteur du front	6 m	6 m	5 m	7 m
Volume à exploiter *	30000 m ³ 60240 t	30000 m ³ 70200 t	25000 m ³ 54750 t	35000 m ³ 54950 t
Volume consommé	30000 m ³	3905.928 m ³	25000 m ³	3203 m ³
Volume non utilisé	00 m ³	26094.07 m ³	00 m ³	31797 m ³
Méthode d'abattage	Rippage	Tir à l'explosif	Rippage Tir à l'explosif	Rippage

Tableau N°16 : Les matières premières consommées dans l'année

* C'est le volume minimum qui doit être exploiter pour alimenter le four.

VII-2 Objectifs de l'exploitationVII-2-1 Abattage par tir à l'explosif

L'exploitation de la couche de calcaire se fait par tir à l'explosif. Nous savons que le travail de foration occupe les 2/3 du temps de travail d'abattage. Il est distingué dans le tableau N°17, la comparaison entre l'utilisation du fleuret de diamètre 80mm et celui de 42mm, ainsi que le temps nécessaire pour la foration.

Foreuse HAUSSER	Diamètre 80mm	Diamètre 42mm
Heures d'ouvertures	4224 h / an	
Coefficient de fiabilité de la foreuse	52.68	
Heures de marche (HM)	2225.203 h / an	
Vitesse d'avancement (Vav)	1.3 m / h	2.47 m / h
Mètre foré par an = HM × Vav	2892.7639 m	5496.2514 m
Nombre de trous par an (Ntr)	446 trous	845 trous
Volume obtenu par an	20070 m ³	38025 m ³
Temps de préparation	1.5 h / deux postes	
Chargement des fleurets	11mn 08s / trou (4 fleurets)	
Manœuvre de la foreuse	03mn 20s entre deux trous	

Tableau N°17: Travail de la foreuse

D'après ce tableau, on peut conclure que l'utilisation du fleuret de diamètre 42mm donne plus de rendement que celle de diamètre 80mm. Donc l'utilisation de ce fleuret est choisi.

En principe, on exécute le tir tous les 15 trous forés. Le temps nécessaire pour faire la foration de ces trous, et le tir nécessite 6 postes. Nous le désignons par une « volée ».

Dans une année on a 57 volées

Production par an = 88978.5 t

Production par volée = 1579.5 t

Production par poste = 263.25 t

Production par heure = 32.90 t

Nombre d'ouvrier = 04 / poste

Production par ouvrier = 65.81 t

Production par jour = 526.5 t .

VII- 2-2 Extraction par rippage et par pelle hydraulique

VII- 2-2-1 Rippage

Pour ce faire on dispose d'un bull CATERPILLAR D6C . Le tableau ci-dessous nous montre la performance de l'engin pendant l'extraction des couches de marne, de calcaire marneux et de la craie.

Bull D6C	Marne	Calc.Marneux	craie
Heures d'ouverture	6528 h / an		
Coefficient de fiabilité (Cf)	75.96 %		
Heures de marches	4960 h / an		
Production par heure	50.60 t	49.12 t	41.64 t
Production moyenne	47.12 t / h		
Production annuelle	233715.2 t		

Tableau N°18 : Production du bull D6C

Les heures d'entretien : 12 h / semaine

Temps de préparation : 1h 30 mn par poste.

VII-2-2-2 Extraction par le pelle hydraulique

Heures d'ouverture	6528 h / an
Coefficient de fiabilité	27.49 %
Heures de marche	1794.547 h / an
Production par heure	50 t
Production par an	89727.35 t
Temps de préparation	1h 30mn / poste
Temps d'entretien	12h / semaine

La production totale du bull et de la pelle est donc 242687.55 t / an de matières premières. Par ailleurs, on ne peut pas négliger que pendant la saison des pluies la production diminue de 35%. Cette période dure deux mois (janvier et février).

La production réelle de l'année est donc: 202251.1705 t .

VII-2-2-3 Synthèse

Le travail d'exploitation de la carrière est reparti comme suit :

- La couche de calcaire doit être abattue partir à l'explosif. On doit travailler en 2 fois 8 heures.
- Les autres couches sont extraites par scarification avec le bull et abattage par pelle hydraulique. Le temps nécessaire pour exécuter cette tâche oblige le fonctionnement en 3 fois 8 heures. Le vieillissement des engins est tel qu'ils ne peuvent pas tenir ce rythme. Alors il est préconisé l'utilisation d'un bull plus puissant du type CAT D7 ou D8 pour atteindre l'objectif.

VII-3 Chargement et transport des matières premières

Ce terme désigne l'acheminement des matières abattues du front de taille à l'usine. Les matériels assurant ces opérations sont :

	heures de marche/ an	production / h
Un chargeur CAT 955L	2008	102.3 m ³ / h
Deux camions MAN 32 / 280	2396 par camion	32 m ³ / h
Un dumper VOLVO BM860S	2901	32 m ³ / h
Une pelle hydraulique RICHIER	1161	24 m ³ / h
Une pelle portant une brise roche.	233	

Tableau N°19 : Production des engins de la carrière

Les caractéristiques de ces engins sont dans l'annexe N°-04

Voici la durée d'un cycle de chargement et de transport.

Cycle d'un chargement	Durée de chargement	Nombre de godets	Aller	Man oeuvre	Déchargement	Retour	Man oeuvre	Durée du cycle	Trajet
46s	4 mn 29 s	6.5	3 mn 33 s	42 s	57 s	3 mn 12 s	1 mn 13 s	14mn 52 s	850 m

Tableau N°20: Durée des différents mouvements au cours d'une cycle

La quantité des matières premières à transporter est : **137 656.1185 m³ / an (en place)** , soit **178 952.9541 m³ / an (foisonné)** , soit **286 600 t / an**

Le foisonnement de la roche abattue est de 30% .

Le tableau ci-dessous nous montre la production par rapport au nombre de camions disponible :

Nombre de camion	Attente de chargeur / cycle	Attente camion par cycle	Production / h de camion	Production / h de chargeur
03	0 s	38 s / camion	199t / h	222 t / h
02	5 mn 8s	0 s	133 t / h	141 t / h
01	9 mn 37s	0 s	66 t / h	71 t / h

Tableau N°21 : Production par rapport au nombre des camions

VII-4 Synthèse

En vu de leur disponibilité et leur performance, on peut dire que le chargement et le transport peuvent être assurés par ces engins pendant l'année 1999 , mais au delà de cette échéance il faudra remplacer ou rénover les camions existants.

CHAPITRE VIII :**EXPLOITATION DANS LE LAC**

Dans la partie Sud , à 600m de l'usine , se trouve une ancienne carrière de marne qui est devenue une réserve d'eau industrielle.(cf. Carte topo. de la carrière). L'eau de ce lac assure l'alimentation de l'usine. Sa surface est de 44 349 m² et son volume est environ 204 630 m³. Dans cette ancienne carrière, on a encore une réserve de marne de plus de 60 000 m³

Pour permettre de poursuivre l'exploitation de cette ancienne carrière ; nous proposons de diviser le lac en deux parties; par la construction d'une digue en terre, trapézoïdale ayant pour crête 4.50m de large avec une base de 15.00m et une hauteur moyenne de 3.50m.

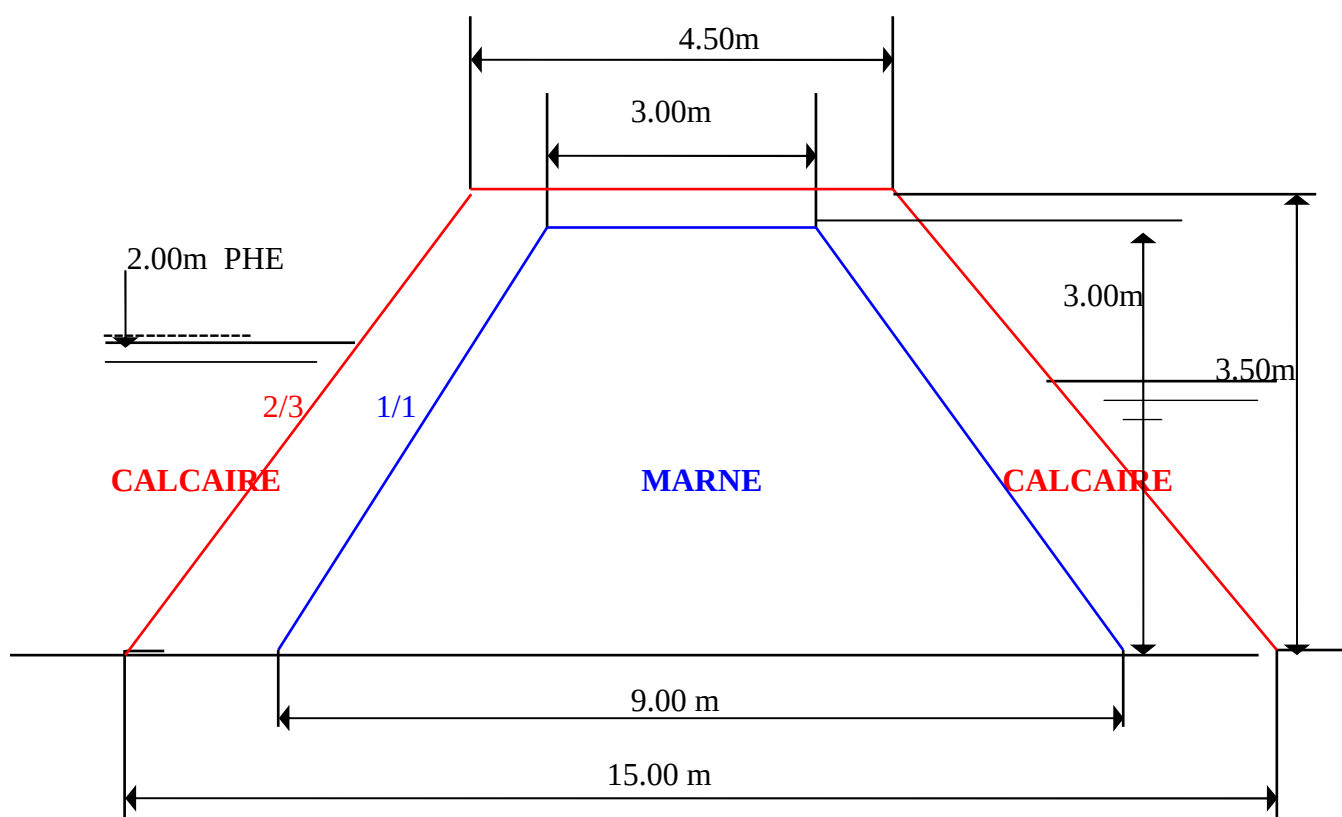
Durant la saison des pluies, l'eau de la partie sud du lac, la moins profonde est utilisée. L'autre partie, plus grande en volume est utilisée pendant la saison sèche.

Le premier bassin étant à sec après pompage, une exploitation de la marne jusqu'au niveau -3m pourra être effectuée pendant cette saison sèche.

Le schéma d'exploitation de la marne durant l'année sera donc :

- extraction dans le lac pendant la saison sèche
- exploitation du front déjà en affleurement pendant la saison des pluies

En appliquant cette méthode, on obtiendra plus de rendement surtout au niveau du ratio de décapage et l'exploitation deviendra plus rationnelle.

VIII - 1 Construction de la digue**Figure N°06**

La longueur de la digue est 186m
 Sa largeur au sommet est 4.50m
 Sa hauteur moyenne : 3.50m

Nous trouvons dans le tableau ci-dessous les proportions des matières nécessaires pour le remblayage.

Matières	Volume compacté	Volume foisonné	Volume en place
Marne	3259.9742 m ³	3911.9690 m ³	3009.206 m ³
Calcaire	1863.66705 m ³	2236.4004 m ³	1720.3080 m ³
Total	5123.6402 m ³	6148.3683 m ³	4729.5140 m ³

Tableau N°22 : Proportions des matières pour la construction de la digue

Les matériels utilisés sont : - le Bull
 - le chargeur
 - les camions
 - un compacteur (à pied de mouton)
 - un compacteur à cylindre automoteur

Dans l'étude d'un barrage en terre , on doit examiner les matériaux de construction de l'ouvrage.

Pour déterminer le type du massif à adopter il faut étudier :

- ◆ l'étude de stabilité du sol des fondations.
- ◆ l'étude de la stabilité du massif
- ◆ l'espace laisser entre le niveau de PHE et le couronnement de l'ouvrage afin de le préserver de l'action de l'eau.
- ◆ la protection de parement

Pour l'étude de la stabilité de la digue, on a étudié la position de la ligne de saturation dans le massif. L'assise du massif est formée de matériaux argileux imperméables(marne) comme noyau et de calcaire additionné de sable graveleux.

La partie centrale du massif est constituée de la marne ayant un coefficient de perméabilité $K = 2 \cdot 10^{-5}$ cm/ s , recouverte de mélange de calcaire , de sable et de gravier.

On a comme ligne de saturation la courbe parabolique de foyer A, d'axe AX et d'équation :

$$(x + y_0)^2 = x^2 + y^2$$

PROFIL DE LA DIGUE

Echelle 1/50

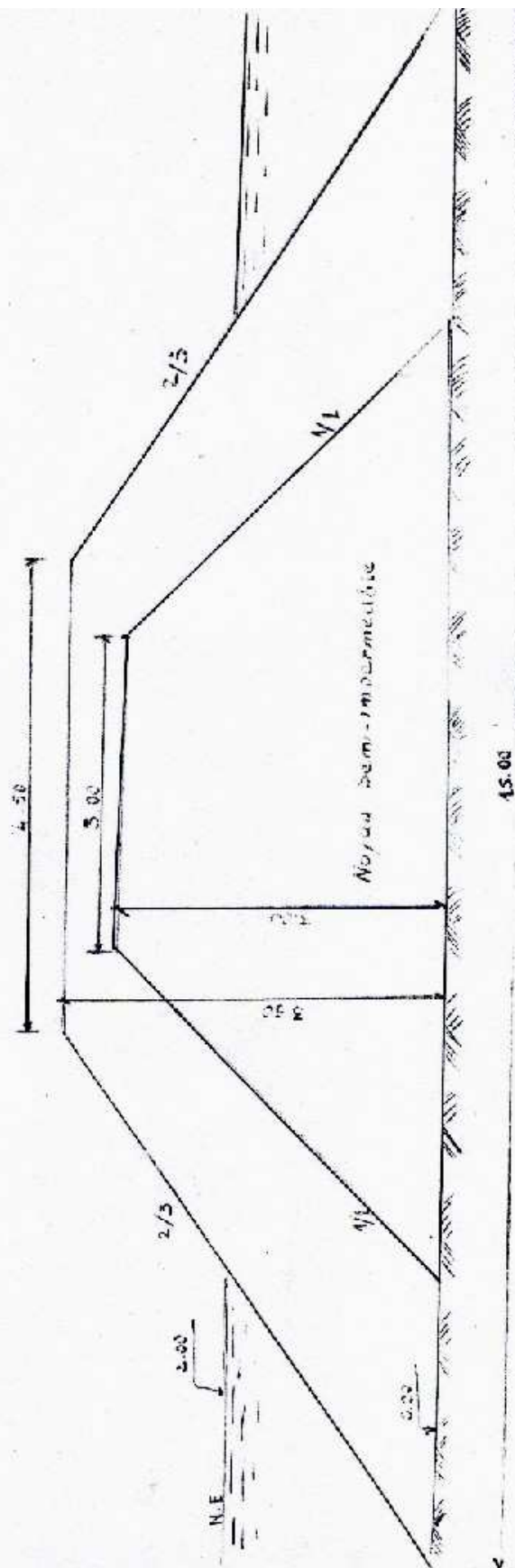


Figure N° 07

VIII-2 Calcul de la ligne de saturation

Eléments connus

PHE (Plus Haut d' Eau) : $h = 2.00\text{m}$

L'équation de la courbe de la ligne de saturation

$$(x + y_0)^2 = x^2 + y^2 \quad (1)$$

Pour des valeurs données de y_0 la parabole coupe la ligne délimitant le plan d'eau dans la retenue en des points B_2 de coordonnées

$$\begin{aligned} y &= h \\ \text{et } x &= d. \end{aligned} \quad (\text{voir figure N°08})$$

En supposant que l'infiltration dans le massif de la digue se comporte comme l'écoulement d'un fluide incompressible, en mouvement plan permanent, dans un milieu homogène, elle obéit à la loi de DARCY qui met en relief la proportion validée des pertes de charges aux vitesses d'écoulement.

D'après CASAGRANDE la parabole passe par le point B_2 tel que BB_2 soit égale au $3/10$ de la projection horizontale de S de la portion de la face amont du massif en contact avec l'eau de la retenue.

En faisant $y = h$ et $x = d$ dans l'équation (1) avec d égale à la largeur du massif à sa base, diminuée de $0.7S$; $d = L - 0.7S$

D'où

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad (2) \quad h = 2.00\text{m}$$

$$S = h \div \tan 45^\circ = 2.00\text{m}$$

$$BB_2 = 0.3S = 0.6\text{ m}$$

$$d = L - 0.7S = 9.00 - (0.7 \times 2.00) = 7.60\text{ m}$$

d'après calcul on a $y_0 = 0.258\text{m}$

d'où l'équation de la ligne de saturation :

$$x^2 + y^2 = (x + 0.258)^2 \quad (3)$$

Pour trouver le point C, intersection de la parabole avec la face aval, on se base à partir de l'équation en coordonnées polaires en prenant comme origine le foyer A :

$$\rho = \frac{y_0}{1 - \cos\theta}$$

(4)

LIGNE DE SATURATION

Echelle: 1/50

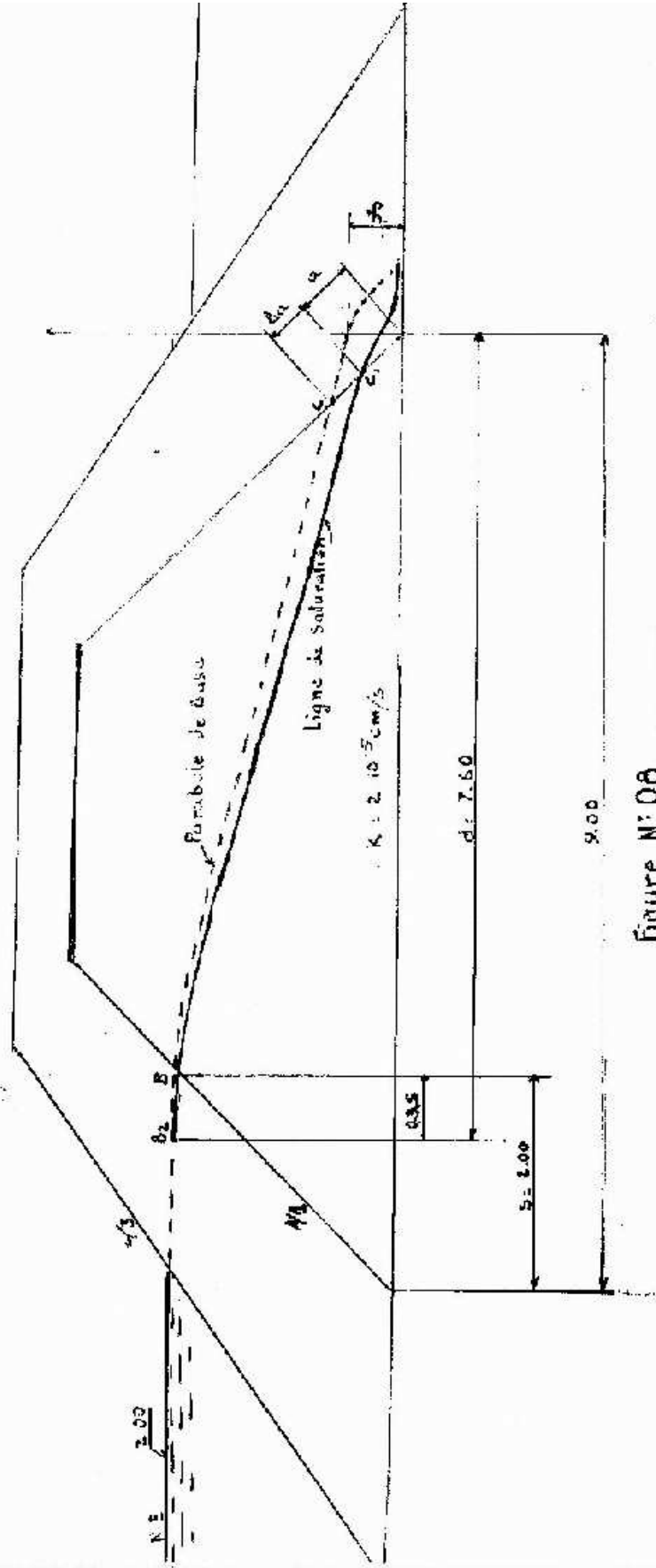


Figure N°08

ρ : rayon polaire θ : angle polaire avec l'axe de parabole

En désignant par a la distance AC, par Δa la distance CC_1 et par θ l'angle de la face horizontale ; on aura pour le point C.

$$\rho = a + \Delta a \quad \theta = \alpha = 45^\circ$$

La relation (4) peut s'écrire :

$$a + \Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha}$$

$$a + \Delta a = \frac{0.2587}{1 - \cos 45} = 0.8834\text{m}$$

La valeur de l'angle α est comprise entre 30 et 60°, on peut faire alors une première approximation :

$$a = \frac{1}{2} \times \frac{h^2}{d \sin^2 \alpha}$$

$$\text{d'où } a = 0.526\text{m}$$

$$\Delta a = 0.357\text{m}$$

Le point C_1 se trouve donc $0.8834 - 0.357 = 0.53$ m du point A.

C_1 est l'intersection de la ligne de saturation avec la face aval du massif qui se trouve à une distance Δa en dessous du point C. (voir figure N°08)

VIII-3 Calcul de débit d'infiltration

Une fois localisée la ligne de saturation, il est toujours intéressant de connaître le débit d'infiltration. Pour ce faire on se base sur l'équation de DARCY :

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

Q : débit d'infiltration

i : gradient hydraulique

A : aire soumise à l'infiltration

K : coefficient de perméabilité du matériau

ici $K = 2 \cdot 10^{-5} \text{ cm / s}$

Nous représentons pour chaque tranche de la digue de largeur unité, l'aire de la section par y et si nous prenons comme valeur du gradient i , la perte de saturation dx/dy , le débit écoulé aura pour expression :

$$q = Ky \frac{dx}{dy}$$

En utilisant la propriété de la courbe de saturation, on a : $q = K y_0$

$$q = K (\sqrt{h^2 + d^2} - d)$$

Or y_0 est petit par rapport à d , d'où $q \sim K \frac{h^2}{2d}$

Après le calcul, on trouve

$$q = 0.526 \cdot 10^{-3} \text{ l / s}$$

VIII-4 Consommation d'eau dans l'usine

Comme nous le savons : la cimenterie d'AMBOANIO est en voie humide. La consommation de l'eau durant une année est d'environ $215\,492.29 \text{ m}^3$ (consommation d'eau $46 \text{ m}^3/\text{h}$). Cf annexe 6.

L'extension du lac nous permet des avantages dans l'avenir, car la quantité d'eau obtenue après traitement pourrait alimenter la population en eau potable .

PARTIE 03

ETUDE ENVIRONNEMENTALE

CHAPITRE IX :**ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DU SITE
ET DE SON ENVIRONNEMENT**

Actuellement on constate une diminution quantitative des formations naturelles, ce qui aboutit à une régression de la qualité environnementale. Généralement, les dommages sont provoqués par les érosions des sols, dues aux feux de brousse et leurs effets.

On ne peut pas négliger la dégradation de l'environnement provoquée par les activités minières, car tous les travaux d'exploitation minière entraîne une dégradation des sites.

L'étude d'impact sur l'environnement consiste essentiellement à réduire au maximum l'ensemble des incidences physiques et socio-économiques d'une exploitation sur son environnement.

IX-1 Analyse de l'état initial

On a déjà vu les caractéristiques physiques du site et ses environs : géographiques, géologiques, milieu humain . (Cf dans la **partie 02 : chapitre IV**).

IX-1-1 Analyse des effets de l'exploitation sur l'environnement**IX-1-1-1 Mode de l'exploitation**

Le mode de l'exploitation est à ciel ouvert, car les minerais sont en affleurement; il suffit de former des gradins pour avancer l'exploitation. On applique l'abattage par tir à l'explosif, l'extraction par ripage et l'excavation par pelle.

IX-1-1-2 Impact sur le humain

L'existence de l'usine entraîne des changements sur les activités socio-économiques. Les conséquences sur l'économie de la région sont : diminution du chômage, élévation du niveau de vie.

La population a actuellement des activités telles que : la pêche, le travail à l'usine. Vivre de l'agriculture est très difficile dans cette région. Un réseau routier a été créé reliant le site de l'usine avec la RN°4. Le transport s'en trouve facilité.

Plus tard le village deviendra plus grand, ce qui aura pour conséquence l'installation d'écoles, de centres de soins, d'amélioration des conditions de vie en général.

On peut conclure que l'existence de la cimenterie apporte une grande évolution sur le milieu humain dans le secteur Boanamary Amboanio.

Pourtant, il existe aussi des inconvénients.

- Comme l'usine marche 24h sur 24h, il y a des nuisances dues au bruit (machines , camions, différents engins....)
- Les tirs à l'explosif à la carrière entraînent des vibrations au niveau des habitations, qui peuvent endommager les maisons et ainsi nuire au bien être du personnel et aux habitants des communes avoisinantes.
- L'impact sur les poussières est gênant quant à la propreté de l'environnement
- On ne peut négliger aussi les poussières de charbon qui polluent l'atmosphère environnant.

IX-1-1-3 Impact sur le milieu naturel

Le décapage de la couche de craie provoque la destruction directe des groupements végétaux et animaux . On remarque une perturbation de l'équilibre de l'écosystème.

Après avoir recensé l'ensemble des contraintes que représente une cimenterie, on peut définir les raisons du choix du projet.

Nous avons vu ci- dessus les inconvénients dus à l'exploitation, c'est pourquoi on doit prendre des mesures pour réduire les nuisances.

IX-2 Les mesures à prendre

IX-2-1 Réduction des nuisances

Actuellement , la partie de l'exploitation est déjà transformée en un lac artificiel. Plus tard, l'extension du lac nous obligera a prendre des mesures pour réhabiliter les sites d'exploitation. Les autres parties doivent être aménagées pour satisfaire les besoins de l'usine, alimenter en eau la population du village et aussi pour devenir une zone touristique.

Il faut réduire les effets des vibrations provoquées par les explosions car les ondes de choc se propagent dans toutes les directions sous la forme de déformations élastiques du sous-sol, et en plus, il existe des vibrations de l'air dues aux charges peu profondes. Ces effets provoquent des vibrations sensibles dans les bâtiments situés à proximité , et aussi des bruits importants. Pour limiter ces méfaits, on doit :

- diminuer le diamètre des trous de mine
- réduire l'utilisation du cordeau détonant
- procéder aux tirs à microrétard.

Pour le nuisances dues aux poussières , on doit distribuer des masques anti-poussières, des combinaisons, des casques et des bottes afin que règne la sécurité au niveau du personnel.

On arrose aussi les pistes pour, non seulement diminuer les envolées de poussières, mais aussi pour sauvegarder l'usure des pneumatiques des engins d'exploitation.

Faire des modifications sur les engins qui sont source de bruits importants, car ces bruits provoquent des troubles psychiques.

IX-3 Remise en états des lieux

La remise en état du site se fait par l' aménagement au niveau du lac, pour que l'eau qu'il contient, devienne consommable pour l'usine et pour les habitants des villages environnants. On met de la terre végétale sur les parties exploitées pour la plantation de végétation. Enfin on peut penser que le territoire devienne une zone attirante et touristique.

La société devrait réserver 3% de ses bénéfices par an pour la remise en état après exploitation.

IX-4 Synthèse

L'étude d'impact sur l'environnement est de nos jours, d'une actualité qui conditionne l'acceptation d'un projet à mettre à jour concernant l'exploitation des produits miniers et de leurs industries connexes.

Le cas du gisement et de l'usine d'Amboanio peut être considéré comme étant particulier car déjà existé depuis 1932, aucun problème majeur n'a été relevé du fait que l'état initial de l'environnement permettait d'aborder les débuts d'exploitation.

De nos jours, la dégradation de l'ensemble de l'écosystème oblige au recours de la protection de cet environnement d'autant plus que la carrière d'exploitation s'agrandit.

Les problèmes actuels font apparaître des solutions adéquates dont la mise en œuvre est à la portée de la société.

PARTIE 04
EVALUATION ECONOMIQUE

CHAPITRE X :**EVALUATION ECONOMIQUE DE L'EXPLOITATION****X-1 Introduction**

L'évaluation d'une entreprise consiste à analyser sa situation financière afin de pouvoir prendre une décision adéquate dans le financement prévisionnel.

La carrière est un service de la SANCA , sa gestion est la même que les autres services. Les documents comptables, sources des données d'analyse sont compris dans la comptabilité de la société.

Donc on ne peut pas bien déterminer l'étude spécifique de cette carrière .

On a mentionné seulement dans ce chapitre les points suivants :

Organigramme fonctionnel de la carrière

Investissement

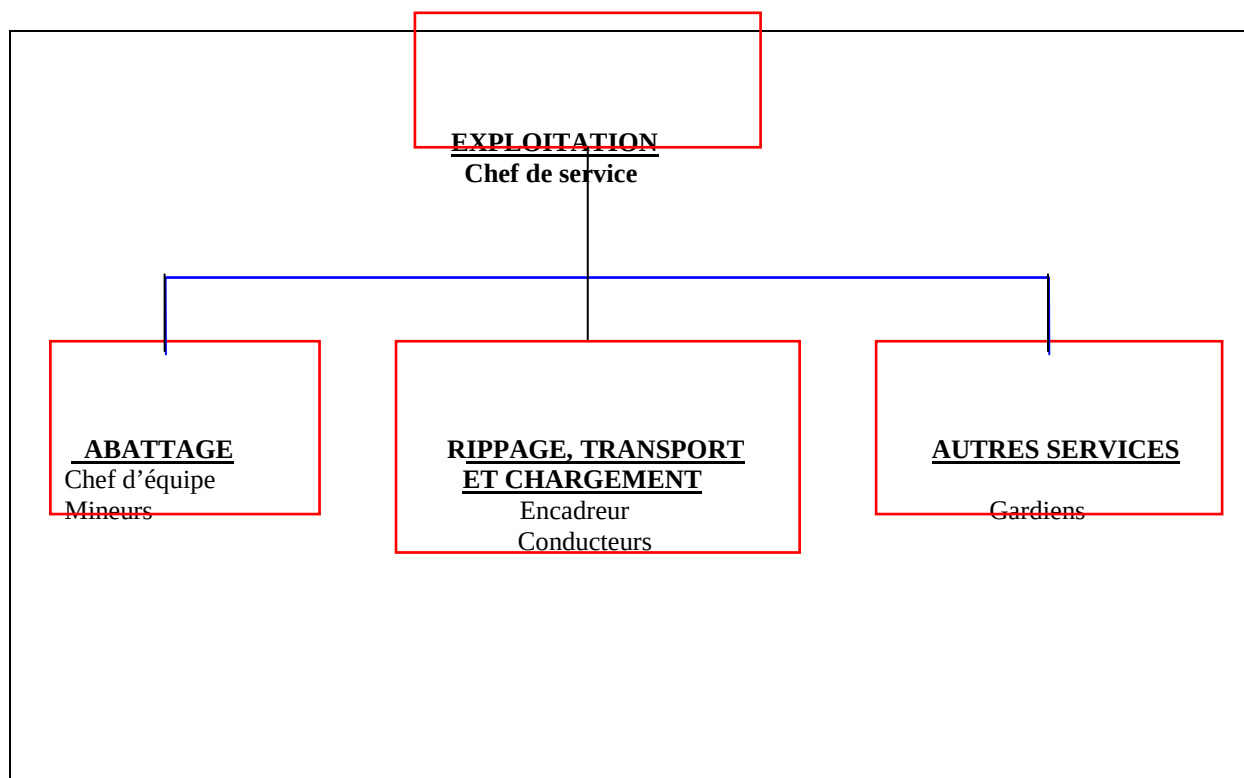
Les éléments détaillés des fonds de roulement.

Calcul du prix de revient

Calcul de la marge brute

Détermination de chiffre d'affaires (C.A)

Etablissement du chiffre d'affaire prévisionnel.

X-1-1 Organigramme

X-2 Personnel

X-2-1 Personnel opérationnel

Tâches	Nombre	Qualification	Salaire mensuel	Salaire annuel
Chef service	01		850 000	10 200 000
Chef d'équipe	01	OP2B	295 000	3 540 000
Mineurs	08	OP1A	189 000	18 144 000
Encadreur	01	OP2B	295 000	3 540 000
Conducteurs	14	OP3	333 000	55 944 000
Gardiens	06	OP2A	257 000	18 504 000
TOTAL				109 872 000 Fmg

Tableau N°23 : Rémunérations de personnels

X-2-2 Charges sociales

Les charges sociales sont composées de : congés payés, cotisation à la CNaPS. Elles représentent environ les 20% des salaires :

$$CS = 20\% \times \text{salaire}$$

$$CS = 0.2 \times 109\,872\,000$$

$$CS = 21\,974\,400 \text{ FMG}$$

X-2-3 Fonds de roulement

X-2-3-1 Frais du personnel

$$\begin{aligned} \text{Charges sociales} + \text{salaires} &= 21\,974\,400 + 109\,872\,000 \\ &= \mathbf{131\,846\,400 \text{ Fmg}} \end{aligned}$$

X-2-3-2 Equipement personnel

Désignation	Nombre	Coût unitaire	Montant
Combinaison	32	65 000	2 080 000 Fmg
Masques	2704	1 250	3 380 000 Fmg
Casque	32	58 500	1 872 000 Fmg
TOTAL			7 332 000 Fmg

Tableau N°24 : Equipements de personnel

X-3 Matières consommables

X-3-1 Consommation des explosifs

	Consommation spécifique	Consommation par volée	Consommation annuelle	Coût unitaire	Coût annuel
Sigmagel 6	13.559 g / t	21.416 kg	1220.71kg	35000 F / kg	42 724 850 F
ANFO	25.867 g / t	40.856 kg	2328.80kg	4500 F / kg	10 479 600 F
Détonateur électrique	-	-	250 unités	18000F par unité	4 500 000 F
Détonateur ordinaire	-	-	120 unités	5000F par unité	600 000 F
Détonateur micro-rétard	-	-	520 unités	18000F par unité	9 360 000 F
Mèche lente			150 m	8000Fpar ML	1 200 000 F
Cordeau détonant			200 m	8300F par ML	1 660 000 F
TOTAL				70 524 450 Fmg	

Tableau N°25: Consommation des explosifs

X-3-2 Consommation des carburants

Matériels	Heures de marches	Carburant l / h	Consommation annuelle (l)	Coût unitaire	Coût annuelle de carburant
Chargeur 955	2008.5 par an	7.02	14 096.2	1700F/ l	23 963 533.1Fmg
Bull D6C	3770.66 par an	9.00	33 936.1	1700F/ l	57 691 220.4Fmg
Pelle Richier	1161.26 par an	6.64	7 710.78	1700F/ l	13 108 325.4Fmg
Pelle Poclain	924.00 par an	5.52	5 100.48	1700F/ l	8 670 816 Fmg
Camion MAN1	2396.95 par an	4.58	10 978.1	1700F/ l	18 662 660.8Fmg
Camion MAN2	2 396.95 par an	5.77	13 830.4	1700F/ l	23 511 692.7Fmg
Dumper VOLVO	2901.60 par an	4.33	12 563.9	1700F/ l	21 358 713.6Fmg
Foreuse	2225.20 par an	1.72	3 927.35	1700F/ l	6 506 493.57Fmg
TOTAL				173 473 500Fmg	

Tableau N°26 : Consommation des carburants

X-3-3 Consommation d'huile

Matières par engin		Consommation annuelle d'huile(l)	Coût unitaire (F / l)	Coût annuelle d'huile
Chargeur 955	HSD40	2160	8724.24	18 844 366.83Fmg
	ISO68	1680	7198.146	12 092 885.78Fmg
Bull D6C	HSD40	2260	8724.24	19 716 791.22Fmg
	ISO68	1072	7198.146	7 716 412.83Fmg
Pelle Richier	HSD40	200	8724.24	1 744 848.78Fmg
	ISO100	1984	6969.756	13 827 995.90Fmg
Pelle Poclain	HSD40	240	8724.24	2 093 818.53Fmg
	ISO100	2400	6969.756	16 727 414.40Fmg
Camion MAN1	HSD40	480	8724.24	4 187 637.07Fmg
	ISO68	312	7198.146	2 245 821.64Fmg
Camion MAN2	HSD40	312	8724.24	2 721 964.09Fmg
	ISO68	480	7198.146	3 455 110.22Fmg
Dumper VOLVO	HSD40	160	8724.24	1 395 879.02Fmg
	ISO68	840	7198.146	6 046 442.89Fmg
Foreuse	HSD40	27	8724.24	235 554.58Fmg
	ISO68	65	7198.146	467 879.51Fmg
TOTAL				113 520 900Fmg

Tableau N°27: Consommation d'huile des engins**X-4 ENTRETIEN**

Matériels	Dépense par mois (pièce de rechange)	Main d'œuvre par mois	Coût total annuel d'entretien
Chargeur 955	289 000Fmg	96 264.6 Fmg	4 623 174 Fmg
Bull D6C	313 427 Fmg	101 613 Fmg	4 980 480 Fmg
Pelle Richier	560 893 Fmg	128 353 Fmg	8 270 952 Fmg
Pelle Poclain	577 681 Fmg	133 701 Fmg	8 536 584 Fmg
Camion MAN1	455 654 Fmg	106 951 Fmg	6 751 260 Fmg
Camion MAN2	454 782 Fmg	106 951 Fmg	6 740 796 Fmg
Dumper VOLVO	497 593 Fmg	123 005 Fmg	7 447 176 Fmg
Foreuse	36 967 Fmg	181 833 Fmg	2 625 600 Fmg
TOTAL			49 976 100 Fmg

Tableau N°28 : Coût sur les entretiens des engins

La coût total au niveau des engins donne :

consommation de carburant + consommation d'huile + coût d'entretien

$$173\,473\,500 + 113\,520\,900 + 49\,976\,100 = \mathbf{336\,970\,500 \text{ Fmg}}$$

X-5 Autres charges d'exploitation

Electricité :

Puissance installée = 4 kw

Consommation = $0.75 \times \text{puissance installée} \times \text{heures de marche}$

Consommation par jour = $0.75 \times 4 \times 12 = 36 \text{ kwh / jour}$

Consommation par an = 13140 kwh / an.

Prix d'un kwh = 455 Fmg

Coût total d'électricité = 5 978 700 Fmg par an

X-6 Tableau récapitulatif du fond de roulement

:

Désignation	Montant
Frais du personnel	131 846 400
Equipement du personnel	73 320 00
Coût des explosifs consommés	70 524 450
Consommation des engins	336 970 500
Electricité	5 978 700
Imprévus	10 000 000
TOTAL	628 639 850

X-6-1 Investissement

Désignation	Montant
Construction de la digue	80 000 000 Fmg
Pompe	15 000 000 Fmg
Total	95 000 000 Fmg

X-7 Calcul de prix de revient des produits finis

L'exploitation de la carrière fait partie d'un service dans la SANCA . Elle fournit les matières premières nécessaires à la fabrication du ciment.

Le prix de revient de l'exploitation se calcule comme suit :

coût total d'exploitation
Prix de revient de matière = -----
production en tonne

Avant l'étude

On a comme : production par an : 80 000 t / an

coût total d'exploitation : 509 374 900 Fmg / an

D'où le prix de revient : 6367.185 Fmg / tonne de matières

Pour évaluer les chiffres d'affaires de l'exploitation, on va considérer que SANCA, unique client achète le produit. On attribue à ce produit fini (matières premières), 15% de marge commerciale.

Le chiffre d'affaire est donc :

$509\,374\,900 \times 1.15 = 585\,781\,135 \text{ Fmg}$

Prix de vente : 7322.26 Fmg par tonne de matières premières

Après l'étude

La production annuelle : 286 600 tonnes / an

Coût total d'exploitation : 628 639 850 Fmg

Avec le même prix de vente ci-dessus ,

on a comme chiffres d'affaires : **2 098 560 000 Fmg**

X-8 Tableaux des grandeurs

Avant l'étude

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
production vendus	585 781 048	585 781 048	615 070 100	624 296 152	624 296 152
Achats de marchandises	53 654 850	53 654 850	55 264 496	55 817 141	55 817 141
MARGE DE PRODUCTION	532 126 198	532 126 198	559 805 604	568 479 011	568 479 011
Autres charges externes et achats	322 873 574	322 873 574	332 559 781	337 548 178	337 548 178
VALEUR AJOUTEE	209 252 624	209 252 624	227 245 823	230 930 833	230 930 833
Impôt et taxes plus charges sociales	21 974 400	21 974 400	22 304 016	22 527 056	22 527 056
Salaires et traitements	109 872 000	109 872 000	110 970 720	112 080 427	112 080 427
Subventions d'exploitation	-	-	-	-	-
EXCEDENT BRUT D'EXPLOITATION	77 406 224	77 406 224	116 275 103	96 323 350	96 323 350
Dotation aux amortissements	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000
RESULTAT D'EXPLOITATION	-140 593 776	-140 593 776	-101 724 897	-121 676 650	-121 676 650
Produits financiers	-	-	-	-	-
Charges financières	-	-	-	-	-
RESULTAT COURANT AVANT IMPOTS	-140 593 776	-140 593 776	-101 724 897	-121 676 650	-121 676 650
IMPOTS SUR LES BENEFICES (40%)	-	-	-	-	-
RESULTAT NET	-140 593 776	-140 593 776	-101 724 897	-121 676 650	-121 676 650

Après l'étude

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
production vendus	2 098 560 000	2 098 560 000	2 151 024 619	2 183 289 988	2 183 289 988
Achats de marchandises	70 524 450	70 524 450	71 582 317	72 656 052	72 656 052
MARGE DE PRODUCTION	2 028 035 550	2 028 035 550	2 079 442 302	2 110 633 936	2 110 633 936
Autres charges externes et achats	426 269 200	426 269 200	428 757 071	441 619 783	441 619 783
VALEUR AJOUTEE	1 601 766 350	1 601 766 350	1 650 685 231	1 669 014 153	1 669 014 153
Impôt et taxes plus charges sociales	21 974 400	21 974 400	22 523 760	22 861 616	22 861 616
Salaires et traitements	109 872 000	109 872 000	113 168 160	115 431 523	115 431 523
Subventions d'exploitation	95 000 000	95 000 000	100 000 000	150 000 000	150 000 000
EXCEDENT BRUT D'EXPLOITATION	1 564 919 950	1 564 919 950	1 614 993 311	1 680 721 014	1 680 721 014
Dotation aux amortissements	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000
RESULTAT D'EXPLOITATION	1 346 919 950	1 346 919 950	1 396 993 311	1 462 721 014	1 462 721 014
Produits financiers	-	-	-	-	-
Charges financières	-	-	-	-	-
RESULTAT COURANT AVANT IMPOTS	1 346 919 950	1 346 919 950	1 396 993 311	1 462 721 014	1 462 721 014
IMPOTS SUR LES BENEFICES (40%)	538 767 980	538 767 980	558 797 350	585 088 406	585 088 406
RESULTAT NET	808 151 970	808 151 970	838 195 961	877 632 608	877 632 608

X-9 Capacité d'autofinancement (CAF)

Avant l'étude

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
RESULTAT NET	-140 593 776	-140 593 776	-101 724 897	-121 676 650	-121 676 650
Dotations aux amortissements	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000
CAF	77 406 224	77 406 224	116 275 103	96 323 350	96 323 350

Après l'étude

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
RESULTAT NET	808 151 970	808 151 970	838 195 961	877 632 608	877 632 608
Dotations aux amortissements	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000	218 000 000
CAF	1 026 151 970	1 026 151 970	1 056 195 961	1 095 632 608	1 095 632 608

X-10 Calcul de la valeur actualisée nette(VAN)

$$VAN = \sum_{t=1}^5 (CAF)_{6-t} (1+i)^{-t} + VR (1+i)^{-n} - I_0$$

i : Taux d'intérêt (14%)

VR : valeur résiduelle ($VR = 0$)

I_0 : Investissement

$I_0 = 218\,000\,000 \times 5 \text{ (années)} = 1\,090\,000\,000 \text{ Fmg}$

D'après calcul, on trouve :

•Avant amélioration

$$\sum_{t=1}^5 (CAF)_{6-t} (1+i)^{-t} = 340\,381\,535$$

$$\begin{aligned} I_0 &= 1\,090\,000\,000 \\ VAN\,1 &= -749\,618\,465 \end{aligned}$$

•Après amélioration

$$\sum_{t=1}^5 (CAF)_{6-t} (1+i)^{-t} = 3\,620\,365\,819$$

$$\begin{aligned} I_0 &= 1\,090\,000\,000 \\ VAN\,2 &= 2\,530\,365\,819 \end{aligned}$$

On constate que $VAN\,1$ est plus petite que $VAN\,2$, c'est à dire que l'amélioration apporte plus de rentabilité au niveau de l'exploitation de la carrière, à la SANCA ; surtout sur le domaine socio-économique.

CHAPITRE XI :**EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE****XI-1 Introduction**

L'évaluation socio-économique d'une entreprise se traduit par l'étude socio-économique de ce facteur de production en tenant compte des avantages pour les agents directement concernés, et ceux indirectement impliqués afin de pouvoir appliquer les politiques économiques plus saines.

On traitera successivement les points suivants :

les effets de ce projet sur un paramètre économique global(valeur ajouté)

les effets sur les agents directement concernés : SANCA , personnel, et administration fiscale

les effets sur les consommateurs des produits finis "ciments " ; et les agents du production des produits intermédiaires et aussi autres consommateurs finaux.

XI-2 La valeur ajoutée :

La valeur ajoutée est un élément de la gestion des agents économiques auxquels on attribue un jugement sur le niveau de performances des macro- économies comme les agrégats (P.I.B : Produit Intérieur Brut).

Comme la carrière n'a pas d'instruments comptables spécifiques ;on va faire l'analyse à partir de grandeurs caractéristiques de la gestion de la SANCA.

Produit fini " ciment " est fabriqué à partir de matières premières dont la marne, calcaire appartenant à la carrière et autre comme le sable et gypse pour autres fournisseurs.

Les produits finis de la carrière sont classés parmi les matières premières principales de la SANCA , ils occupent alors une place importante dans la ligne de production.

La valeur ajoutée se calcule par la différence entre le chiffre d'affaire et la consommation intermédiaire pour obtenir ce produit . Donc la carrière règle le mouvement de croissance de la production de la SANCA.

Vu la croissance économique d'un pays qui se mesure par la fluctuation de la valeur ajoutée de tous les facteurs de production , la SANCA ,par intermédiaire de l'exploitation de sa carrière participe au développement économique national.

XI-3 Les effets sur les Agents directement concernés**XI-3-1 La SANCA**

La carrière fait partie du patrimoine de la SANCA ; elle s'assure exclusivement l'approvisionnement des matières premières en marne et calcaire.

L'accroissement de la quantité de production de la carrière à 258.25% permettrait à la société de se placer dans une bonne position au point de vue de niveau de l'offre. Son chiffre d'affaire augmentait effectivement de telle sorte qu'elle pourrait choisir les politiques économiques de son activité.

Bref , l'amélioration de l'exploitation de cette carrière touche l'activité entière de l'usine.

XI-3-2 Le personnel

Actuellement, le personnel perçoit une centaine de millions de salaire global pour une vingtaine de personnes, le montant moyen annuel s'élève à plus de 3 000 000Fmg par personne.

La stabilité d'emploi favorise les bonnes conditions d'exercice du métier, de la formation du personnel car l'accroissement de la production est liée à la motivation de l'équipe.

En supposant que cette activité soit en progression constante, la SANCA prendra des parts de marché aux concurrents ; le niveau de vie du personnel s'améliorera en même temps que l'augmentation de la production.

La productivité du travail dépend des conditions sociales du personnel. La perception de divers avantages motive les travailleurs à mieux s'occuper de leur travail.

XI-4 Effets sur l'administration fiscale

Comme l'impôt sur le bénéfice se calcule proportionnellement à son montant suivant les règles fiscales en vigueur, on peut prévoir l'augmentation des rentrées fiscales pour l'Etat.

Cette carrière, élément de la SANCA, contribue elle aussi, à l'activité de cette dernière ce qui prouve que les impôts et taxes proviennent en partie de la carrière.

La société engendre annuellement des milliards de valeur ajoutée à partir de laquelle est calculée la taxe sur la valeur ajoutée(T.V.A).

La SANCA emploie du personnel contribuable celui-ci participe aussi à des rentrées fiscales pour l'Etat.

XI-5 Les effets sur les consommateurs et les Agents producteurs des matières consommables

XI-5-1 Les consommateurs

La pénurie de ciment arrive quelquefois dans notre région mais d'une façon non durable. L'amélioration de l'exploitation de la carrière qui fait augmenter quantitativement de volume de l'offre, va satisfaire largement les besoins des consommateurs. On prévoit alors la stabilité des volumes de stocks en produits finis quelque soit les mouvements de la demande.

La modernisation des habitats et autres se fera par des grands travaux de construction. Les entreprises de construction, clientes principales de matériaux de construction poussent la société à bien améliorer quantitativement et qualitativement sa production en ciment.

XI-5-2 Les Agents producteurs de matières consommables

L'investissement de la digue et de la pompe fait engager des charges imputées à l'achat des matières consommables, telles que les carburants, les lubrifiants et autres matières premières complémentaires dans la production de ciment.

L'emploi d'engins plus performants diminue les coûts d'entretien.

Tous les Agents producteurs auront beaucoup d'avantages à ce que les ventes se déroulent d'une façon régulière et progressivement croissante.

XI-6 Synthèse

La pérennisation du développement économique national dépend de la durabilité du développement des Agents microéconomique qui favorisent l'amélioration de la consommation de la population. La consommation est un moyen de mesure de l'évolution du niveau de vie.

Donc l'amélioration de l'exploitation de cette carrière est un des paliers pour l'amélioration de la compétitivité de S.A.N.C.A.

CONCLUSION GENERALE :

Site aux différents analyse qui ont été_apportés dans l'ouvrage, on se relève les situations suivantes :

Si l'extraction ne connaît pas des problèmes majeurs, il se révèle qu'une certaine quantité de produit extrait notamment le calcaire et la craie ; ne peut pas être utilisée.

Ceci entraîne de ce fait un surplus qui n'a pas été transformé jusqu'à nos jours alors qu'il ne constitue pas la catégorie de stérile.

La solution serait d'implanter une usine de production de chaux, comme ce fait pour le cas d'IBITY à Antsirabe. Cela contribuera à alléger l'environnement de dépôts qui n'engendrerait à la longue que des nuisances à l'écosystème.

L'existence de ce lac visera à apporter deux solutions que ce soit sur le plan humain ou sur le plan socio-économique.

En effet ce bassin de rétention d'eau servira à solutionner les besoins permanents en eau de l'usine et ceux de la population.

En outre, l'exploitation saisonnière de la marne du fond du lac permettra avec la remise en état de l'environnement de concevoir un site à attraits touristiques.

Enfin, le parc engin étant jugé vétusté ou ayant déjà fait leurs amortissements, devra recevoir un renouvellement de matériels dont la technologie de conception ne fera qu'à améliorer la production en carrière.

BIBLIOGRAPHIE

A. POPOV *Matériaux et élément de construction*

ANDRIAMIHARISOA A. *Projet de rationalisation de l'exploitation du kaolin d'Ibity*;
Mémoire de fin d'études Mines ESPA. 1986

BOKY *EXPLOITATION DES MINES*

BOGUE R.H. (1952) « *La chimie du ciment* »

CAMEZ T. (1962) « *Etudes sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols des régions tempérées* ».Thèse Université de Strasbourg.

H. BESAIRIE *Gîtes Minéraux de Madagascar*,
Annales géologiques de Madagascar 1966

H. BESAIRIE *Les terrains sédimentaires. Géologie de Madagascar.*

H. BESAIRIE *Géologie Malagasy* (Service géologique 1962)

H. BESAIRIE *Carrière et Matériaux*

JOUENNE C.A. (1975) « *Traité de céramique et matériaux minéraux* ». Editions SEPTIMA
Paris

L. CHOPLIN *MEMENTO DE L'INGENIEUR EN CIMENTIERIE*

M. VENUAT, PAPADAKIS *Industrie de chaux , de ciment et du plâtre*

M. VENUAT, MARCHE AUGUSTIN *Ciment et mortiers*

P. KARCHOVE & A. CHANARD *Technologie des ciments et de la chaux , plâtre*

RAFARA HARIVONY A.(1981) « *Le gisement kaolinique d'Analabe Ibity* »

RAJOROZAFITAHIRY H.F. *Exploitation et production du ciment à la SOMACIM Ibity Antsirabe* ; Rapport de stage

RAKOTOMANANA Jean Richard , *Contribution à l'étude d'implantation d'une unité de production de chaux à Antsohihy*, Mémoire de fin d'études Mines ESPA, 1996

RAKOTONANAHARY (1980) (*Etude des gisements de kaolin dans les massifs de quartzites d'Analabe et de Mandrailanitra* ».Doc Service Géologique

RAKOTONANDRASANA A. & RAKOARIJAONA R. *Contribution aux études sur l'optimisation du traitement du ciment d'Ibity Antsirabe*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA 1997

RAMANDIMBISON Basile & RAKOTOBE A. *Contribution à l'étude de cimenterie à Amboanio*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA,

RANDRIANARIVO Mamison & RASOAMANAMBOLA A. *Contribution à l'amélioration du kaolin d'Analabe Ibity*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA

RANDRIAMIHAZA J. *Les argiles et leurs utilisation dans l'industrie du bâtiment et des travaux publics*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA 1996

RATOVONDRAINNY Marc Claude *Etude de l'exploitation rationnelle du gisement de cipolin d'Ambatosokay à Ambatondrazaka*, Mémoire de fin d'études Mines ESPA

RAZAFIMALALA Alice & RANDRIANARISO Nestor; *Contribution à l'étude de cimenterie à Mahajanga*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA, 1984

RAZANAMALALA Delphine; *Exploitation des carrières et problèmes d'environnement*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA, 1994

RAZANDRAKOTO Benjamina & RATSIMBAZAFY D. A. *Etude de l'impact sur l'environnement de l'exploitation et du traitement du minerai de nickel de la région de Moramanga*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA , 1995

VICTORIEN Jean De Dieu *Les matières premières pour la cimenterie d'Amboanio*; Mémoire de fin d'études Mines ESPA

TECHNIQUE DE L'INGENIEUR

QUILLET ENCYCLOPEDIE

Cours de topographie

Cours de l'exploitation de Mines

Cours d'économie et de gestion minière

Rapport (1996) Stage à la carrière d'Amboanio

ANNEXE 1

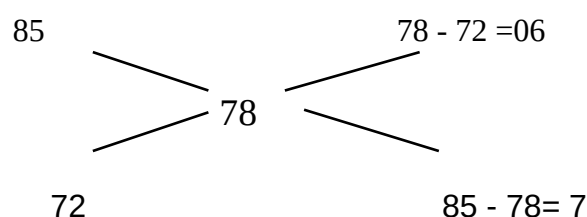
Le calcul du mélange sert à connaître les quantités nécessaires de la marne et du calcaire dans la pâte.

Par exemple : on a dans : CUVE 1 : marne avec 72% titre en CaCO_3

CUVE 2 : calcaire avec 85% titre en CaCO_3

CUVE 3 : mélange avec 78.0% titre visé en CaCO_3

ON UTILISE LA METHODE DE CROIX :



D'où la part du calcaire est $06 \div (6+7) = 0.4615$ soit 46.153%

la part de la marne est $7 \div (6+7) = 0.5384$ soit 53.846%

Pour remplir 200m^3 du mélange dans la cuve, il faut :

$$200 \times 0.4615 = 92.306 \text{ m}^3 \text{ de calcaire}$$

$$200 \times 0.5384 = 107.68 \text{ m}^3 \text{ de marne}$$

Correction du titre

Si le titre obtenu < titre visé (par exemple titre obtenu =77)

On a manqué de CaCO_3 , il faut ajouter la quantité « $X \text{ m}^3$ » de calcaire pour atteindre le titre 78%.

$$(77 \times 200) + (85 \times X) = 78 (200 + X)$$

Si le titre obtenu > titre visé (par exemple titre obtenu = 79)

On peut dire que le CaCO_3 est en excès. Pour diminuer le titre il faut ajouter de la marne avec une quantité « $Y \text{ m}^3$ » en suivant l'équation :

$$(79 \times 200) + (72 \times Y) = 78 (200 + Y)$$

ANNEXE 2

PROPRIETES PHYSIQUES DES ROCHES

On a fait des essais sur trois échantillons de marnes et de calcaires ayant la forme cubique de dimension $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$.

ECHANTILLON	FORCE APPLIQUEE (KN)	
	MARNE	CALCAIRE
01	23 KN	40 KN
02	22 KN	40 KN
03	20 KN	42 KN
MOYENNE	21.66 KN	40.66 KN

$$\text{Résistance à la compression} = \frac{\text{Force appliquée}}{\text{Surface à la base}}$$

On a alors

$$\text{marne} \quad R_{cM} = \frac{21.66}{4 \times 4 \times 10^{-4}} = 13537.54 \text{ KN / m}^2 \quad \text{soit} \quad 1381.79 \text{ t / m}^2$$

$$\text{calcaire} \quad R_{cC} = \frac{40.66}{4 \times 4 \times 10^{-4}} = 25412.5 \text{ KN / m}^2 \quad \text{soit} \quad 2593.49 \text{ t / m}^2$$

Dans la pratique on prend la résistance maximale du résistance triaxiale.

D'où $R_{cM} = 2000 \text{ t / m}^2$

$R_{cC} = 3000 \text{ t / m}^2$

$$\text{La résistance à la traction} = \frac{\text{Résistance à la compression}}{10}$$

La résistance au cisaillement = résistance à la traction $\times 2$

	Résistance à la compression		Résistance à la traction	Résistance au cisaillement
	Simple	Pratique		
Marne	1381.79 t / m^2	2000 t / m^2	200 t / m^2	400 t / m^2
Calcaire	2593.49 t / m^2	3000 t / m^2	300 t / m^2	600 t / m^2

ANNEXE 3

Processus de calcul du mélange

	Marne	Calcaire dur	Calcaire marneux
<i>densité pâte</i>	1.560	1.724	1.660
<i>humidité moyenne</i>	39.8 %	34.44 %	36.97 %
<i>densité en place</i>	2.00	2.34	2.19
<i>titre en CaCO₃</i>	74.0	93.0	80.0

En enlevant l'humidité on a

Pour la marne : 1 m³ de pâte correspond à 0.4695 m³ de volume en place

Pour le calcaire : 1 m³ de pâte correspond à 0.481 m³ de volume en place

Pour le calcaire marneux : 1 m³ de pâte provient de 0.47 m³ en place

Calcul de proportionnalité de mélange des matières premières

On a la formule : $V_c (t_c - t_v) = V_m (t_v - t_m)$

V_c : volume de calcaire

V_m : volume de la marne

t_c : titre en calcaire 93

t_m : titre en marne 74

t_v : titre visé pour le mélange 78.0

D'après calcul on trouve :

1 m³ de calcaire consomme 3.658 m³ de marne

1 m³ de calcaire plus calcaire marneux consomme 2.3627 m³ de marne

1 m³ de calcaire marneux consomme 0.4921 m³ de marne

ANNEXE 4

Caractéristiques des engins de la carrière :

Marque	Type	Puissance DIN	Capacité	Coeff. de fiabilité	Carburant l / h	Production par heure
Chargeur	CAT 955L	120 CV	1.5 m ³	47.538	7.02	102.3 m ³ /h
Pelle RICHER	H47	95 CV	0.80 m ³	27.492	6.64	24 m ³ /h
Pelle Poclain	90	160 CV	brise roche	24.001	5.52	-
Camions	MAN 32 / 280	280 CV	8 m ³	56.746	5.17	32 m ³ /h
Dumper	VOLVO BM 860S	145 CV	8 m ³	68.693	5.02	32 m ³ /h

ANNEXE 5

Caractéristiques des explosifs :

IREMITE 2500 :

Diamètre : 25mm Poids : 250g Longueur : 410mm

Caractéristiques mesurées

Vitesse de détonation (m/s) : 5000 m/s
 Energie moyenne en piscine : 3.55MJ / kg
 Coefficient de self excitation : > 5cm
 Diamètre critique en non confiné : < 25mm
 Résistance à la pression statique : 2.5bar

Caractéristiques calculées

Volume Gaz : 862 l / kg
 Balance d'oxygène : -1.7 g / 100g
 Energie théorique : 4.19 MJ / kg
 Strenght : 0.89

SIGMAGEL 6 :

Diamètre : 37mm Poids : 500g Longueur : 400mm

Densité moyenne : 1.17 (Ø<40mm)
 Diamètre critique : < 25mm
 Vitesse de détonation : 5400 m / s
 Coefficient de self excitation : 3 à 5 cm
 Pression de détonation : 8.8G Pa (88 kbar)
 Energie de choc : 1.57 MJ / kg
 Energie des gaz : 1.97 MJ / kg
 Energie totale : 3.54 MJ / kg
 Résistance à l'eau : très bonne
 Amorçage au cordeau détonant : 10 g / m

ANNEXE 6

Volume du lac : 204 628.98 m³ Surface du lac : 4 439 m²

Consommation d'eau dans l'usine :

débit de la pompe carrière : 46m³/h

Heures de marche : 4684 heures par an

consommation d'eau : $4684 \times 46 = 215\,464 \text{ m}^3$ par an

Ce lac est plein pendant la saison de pluies ; mais en voyant la consommation d'eau nécessaire de l'usine durant une année, on constate que l'eau n'est pas suffisant. Donc l'extension du lac nous donne beaucoup d'avantage à cet effet.

ANNEXE 7

ERE	PERIODE	Type de formation et dépôt se trouvant dans le bassin de Mahajanga
Quaternaire		Formation d'un carapace sableuse résultant de l'érosion ; des formations gréseuses sous l'action de ruissellement et de vents
Tertiaire	Pliocène	Marqué par un retrait général de la mer et un vaste formation sableuse d'origine continentale envahissant la côte ouest
	Miocène Oligocène	Reste de quelques dépôts peu importants
	Eocène	Important dépôt de calcaire avec banc sableux
	Crétacé supérieure	Un affaissement du socle provoque une avancée de la mer déposant des calcaires crayeux et argiles de la région de Mahajanga. Il est représenté par des grès argileux s'étalant vers l'ouest de la région de Maevarano et Marovoay
	Crétacé moyen et inférieur	Marno gréseux surmonté par les grès du crétacé moyen. Une grande partie de ces formations crétacées est marquée par la carapace sableuse .
	Jurassique supérieur	Nouvelle avancée de la mer d'où dépôt de calcaires et argiles. En générale, il est riche en formation marneuses . Dans ces couches marneuses, on trouve des argiles plastiques en alternance avec les bancs de calcaires . Des grès à stratification oblique apparaissent aussi dans ces couches ,avec quelques gypses sous forme de petits cristaux en fer de lance en inclusion.
	Jurassique moyen (ISALO III)	Grès et argiles, mais surtout des calcaires constituant les plateaux de Bemaraha et de kelifely Ankara. Ces dépôts proviennent d'un recul de la mer.
	Jurassique inférieur (ISALO II)	Grès et argiles
	TRIAS (ISALO I)	Epaisses formation de grès continentaux argileux grossiers. Les formations sont continentales

Les calcaires de la région de Mahajanga sont dolomitiques. Ce sont les calcaires de crétacé supérieur que l'on utilise pour la fabrication du ciment.

Nom et prénoms : *RANDRIA Mihaja Rijaniaina*

Titre du mémoire : **ETUDE DE L'EXPLOITATION RATIONNELLE DU
GISEMENT DE CALCAIRE ET DE MARNE
D' AMBOANIO A MAHAJANGA**

Pagination :

Nombre de schémas et de figures :

Nombre de tableaux :

Nombre d'annexes :

RESUME

Faisant partie d'une des premières industries connexes connues à Madagascar, l'usine de production de ciment de BOANAMARY-AMBOANIO a toujours été une référence de qualité au niveau des utilisateurs face aux produits importés.

Nous suggérons compte tenu des faits relevés sur place d'une part et d'autre en faisant entrer le contexte de la préservation et de la remise en état de l'environnement .

L'objectif est donc d'améliorer aussi bien qualitativement et quantitativement la production tout en visant à rendre le site fonctionnel pour l'usine et à la fois pour les collectivités locales.

Mots clés : Calcaire, marne, ciment , exploitation, extraction, amélioration, production, environnement, Boanamary- Amboanio.

Rapporteur : *RANDRIANARIVELO Frédéric*

Adresse de l'auteur : RANDRIA Mihaja Rijaniaina
III L 74 Soanierana - 101 Antananarivo
Tél : 261 032 07 920 87