



Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

# *Memoire de Fin d'Etudes*

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines

Option : Exploitation Minière

*Présenté par*

**RABIAI Yassine**

**Thème**

*Etude et vérification de choix de concasseur  
dans une cimenterie*

Soutenu le 20 /09 /2016 devant le jury composé de:

Président: Mr. O. DJEZAIRI

Promoteur: Mr. Z. AIT HABIB

Examineur: Mr. M<sup>ed</sup>. FREDJ

*Année Universitaire: 2015-2016*

# Dédicace



*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :*

✚ *Mes parents pour ces sacrifices afin d'atteindre mon but.*

✚ *Mes frères et mes sœurs.*

✚ *Toute ma famille.*

✚ *Tous mes amis : Mohamed, Khaled, Marion, ... etc.*

*Tous mes cousins : Ayoub, Amine, Mohamed, Oussama, Walid, ..... etc.*



# Remerciement

*Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.*

*Et « quiconque ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu »*

*Je remercie fortement mon promoteur : M<sup>r</sup> AIT HABIIB de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail et je n'oublie pas M<sup>r</sup> le président de jury Mr. DJEZAIRI et le nombre de jury Mr. FREDJ.*

*Je remercie également Ma Mère et Mon Père qui m'a donné la volonté de réaliser ce mémoire à travers tous les services qu'il m'a rendus, sans oublier aussi Mes Sœurs.*

*Je tiens à remercier aussi :*

- + Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*
- + Le corps d'enseignants et les étudiants de mine et géologie*
- + Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire.*



*R. FASSINE*  
*juillet 2016*



## La liste des figures

### Chapitre I

<b>Figure I. 1.</b> Carte géologique de gisement .....	5
<b>Figure I. 2.</b> Géologie du gisement.....	6
<b>Figure I. 3.</b> Grains de pouzzolane .....	14
<b>Figure I. 4.</b> Grain de gypse.....	15
<b>Figure I. 5.</b> Schéma représentatif des étapes de fabrication du ciment.....	18
<b>Figure I. 6.</b> Carrière d'extraction d'argile et de calcaire de hamam bouziane .....	20
<b>Figure I. 7.</b> Concasseur à marteau.....	21
<b>Figure I. 8.</b> Hall de pré homogénéisation (Hamam d'alaa).....	21
<b>Figure I. 9.</b> Broyeur à cru .....	22
<b>Figure I.10.</b> Vue d'ensemble d'un procédé de fabrication de ciment .....	25

### Chapitre II

<b>Figure II.1.</b> Concasseur à mâchoires.....	31
<b>Figure II. 1.</b> Concasseur à mâchoire à simple effet.....	32
<b>Figure II. 2.</b> Concasseur à mâchoire à double effet .....	33
<b>Figure II. 3.</b> Concasseur giratoire.....	34
<b>Figure II. 4.</b> Concasseur giratoire primaire à tête guidée et portée.....	35
<b>Figure II. 5.</b> Concasseurs giratoires secondaires.....	36
<b>Figure II. 6.</b> Concasseurs à rotors dentés .....	38
<b>Figure II. 7.</b> Concasseur MMD série 500 .....	38
<b>Figure II. 8.</b> Principe d'un concasseur à percuteurs rigides.....	41
<b>Figure II. 9.</b> Concasseur à percussion à axe vertical.....	43
<b>Figure II. 11.</b> Concasseur situé au niveau de la carrière .....	45

### Chapitre III

<b>Figure III. 1.</b> La coupe transversale de concasseur.....	54
<b>Figure III. 2.</b> Concasseur à marteaux EV 250.....	55
<b>Figure III. 3.</b> Table métallique.....	57
<b>Figure III. 4.</b> Rotor à marteaux.....	59
<b>Figure III. 5.</b> Grille de sortie.....	59
<b>Figure III. 6.</b> Ajustement de grille .....	61
<b>Figure III. 7.</b> La distance entre les marteaux et le plateau de concassage .....	61

<b>Figure III. 8.</b> Usure d'un marteau. ....	62
<b>Figure III. 9.</b> Rotor du concasseur à marteaux.....	64
<b>Figure III. 10.</b> Principe de concassage dans le concasseur à marteau .....	65

### **Chapitre IV**

<b>Figure IV. 1.</b> Régime de calcul de la performance concasseur d'impact.....	70
<b>Figure IV. 2.</b> Principe d'impact.....	72

## La liste des tableaux

### Chapitre I

<b>Tableau I. 1.</b> Tableau I. 1. Coordonnées en UTM du gisement de chouf Amar .....	4
<b>Tableau I. 2.</b> Teneur en fer dans les différents minerais de fer.....	15
<b>Tableau I. 3.</b> Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition ...	17
<b>Tableau I. 4.</b> Spécification et valeurs garanties en fonction de la classe .....	18

### Chapitre II

<b>Tableau II. 1.</b> Caractéristiques des appareils de fragmentation grossière(concasseurs).....	49
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Chapitre III

<b>Tableau III.1.</b> Caractéristiques techniques du concasseur .....	53
<b>Tableau III. 2.</b> Les tailles maximales autorises de la matière convoyée .....	58
<b>Tableau III. 3.</b> Poids nouveaux marteaux.....	62

### Chapitre IV

<b>Tableau IV. 1.</b> Les indices de broyabilité de bond .....	76
----------------------------------------------------------------	----

## Liste des abréviations et symboles

**UTM** : Universel Transverse Mercator .

**BBA** : Bordj Bou Arrerijj.

**SNE** : South North Est.

**NSW**: North South West.

**ha** : hectare.

**SSE** : South South Est.

**Plc (BCI)** : Blue Cercle Industries.

**LBO** : Leverage Buy Out.

**SOCAM**: Shui On Construction Matériels Limited.

**Orascom**: un Groupe égyptien de Construction Industries.

**Holcim** : une entreprise familiale le plus grand producteur de ciment.

**GICA**: Groupe Industriel des Ciments d'Algérie.

**Mm<sup>3</sup>** : Million mètre cube.

**CaCO<sub>3</sub>**: Calcaire.

**Si**: Silice.

**Km**: Kilo mètre.

°: Degrée d'angle.

% : Pourcentage par rapport de 100.

**Al**: Aluminium.

**H**: Hydrogène.

**Ca**: Calcium.

**Co<sub>2</sub>**: Dioxyde de Carbone.

**CaSO<sub>4</sub>** : Sulfate d'hydraté de Calcium (gypse).

**Ti** : Titan.



**Mg:** Manganèses.

**NFP:** Normalisation Française des Ciments (Portland).

**CPA:** Ciments Portland.

**CLC:** Ciment au Laitier et aux Cendres.

**CPZ:** Ciment Pouzzolanique.

**CHF:** Ciment de Haut Fourneau.

**CPJ:** Cement Portland Composes.

**K:** Clinker.

**R:** Resistance.

**MMD:** Mining Machinery Development.

**FLS:** Fournisseur d'équipements Industriels (Danemark).

**dB:** la puissance acoustique (Déci Balle).

## Table des matières

**Table des matières**

**Liste d'abréviation**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générales**

### Chapitre I. Généralités sur la fabrication de ciment

<b>Introduction :</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1. Généralités sur la région d'étude</b> .....	<b>3</b>
I.1.1. Situation géographique et administrative de hamam delàa.....	3
I.1.2. Situation, morphologie et infrastructure de gisement de Chouf Amar .....	3
I.1.3. Géologie du gisement .....	6
I.1.4. Lithostratigraphie du gisement : .....	7
I.1.5. Tectonique du gisement : .....	7
I.1.6. Estimation des réserves : .....	8
<b>I.2. Caractéristiques qualitatives de la substance</b> .....	<b>8</b>
<b>I.3. Présentation du groupe de Lafarge</b> .....	<b>8</b>
I.3.1. Introduction.....	8
I.3.2. Historique de la société.....	8
I.3.3. Le groupe .....	9
I.3.4. Lafarge en Algérie .....	10
<b>I.4. Fabrication du ciment</b> .....	<b>10</b>
I.4.1. Définition .....	10
I.4.2. Historique.....	11
I.4.3. Matières premières et ajouts .....	11
I.4.4. Classification des ciments : .....	16
I.4.5. Procédés de fabrication : .....	18
<b>Conclusion</b> .....	<b>25</b>

### Chapitre II. Les types de concasseur

<b>Introduction</b> .....	<b>26</b>
<b>II.1. Les lois fondamentales de concassage</b> .....	<b>26</b>
II.1.1. Rapport de réduction.....	26

<b>II.2. Quantification des phénomènes de la fragmentation.....</b>	<b>27</b>
II.2.1. Loi de Rittinger :.....	27
II.2.2. Loi de Kick.....	28
II.2.3. Loi de Bond.....	28
II.2.4. Commentaire.....	29
II.2.5. Réduction des dimensions.....	29
<b>II.3. La consommation d'énergie dans un concasseur.....</b>	<b>29</b>
<b>II.4. Types de concasseur et leur Principes de fonctionnement.....</b>	<b>30</b>
II.4.1. Appareils opérant par écrasement (compression).....	31
II.4.2. Appareils opérant par choc.....	38
II.4.3. Concasseurs primaires mobiles :.....	45
<b>II.5. Critères de choix d'un appareil ou d'une chaîne d'appareils.....</b>	<b>46</b>
II.5.1. Données de base :.....	46
II.5.2. Eléments du choix du concasseur primaire.....	47
<b>Conclusion.....</b>	<b>50</b>

### **Chapitre III. Concasseur à marteau EV 250**

<b>Introduction.....</b>	<b>51</b>
<b>III.1. La station de concassage.....</b>	<b>51</b>
III.1.1.Principes de concassage.....	51
III.1.2.Type d'installation de concasseur.....	52
<b>III.2. Concasseurs à marteaux FLS .type « EV 250*300-2-S » :.....</b>	<b>53</b>
III.2.1.Théorie sur le concasseur utilisé :.....	53
III.2.2. Caractéristiques techniques du concasseur EV250.....	53
III.2.3. Composition et principe de fonctionnement.....	54
III.1.4.Utilisation.....	60
<b>III.3. Pièces d'usure du concasseur.....</b>	<b>65</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>65</b>

### **Chapitre IV. Calcul et vérification de concasseur**

<b>Introduction.....</b>	<b>66</b>
<b>IV.1. Calcul du rapport de réduction.....</b>	<b>66</b>
<b>IV.2. Calcul des différents paramètres d'un concasseur à marteaux.....</b>	<b>67</b>

IV.2.1. Calcul des dimensions de concasseur .....	67
IV.2.2. Calcul du débit .....	69
IV.2.3. Puissance du moteur rotatif .....	71
IV.2.4. La vitesse périphérique requise du rotor .....	71
<b>IV.3. Impact de l'énergie calcul par unité de masse pour un concasseur .....</b>	<b>72</b>
IV.3.1. Estimation de l'énergie de choc .....	72
IV.3.2. Cinétique de marteau de rotation .....	73
IV.3.3. L'effet d'écrasement .....	75
IV.3.4. Calcul de la force .....	75
<b>IV.4. Autre méthode de calcul du débit de concasseur .....</b>	<b>76</b>
IV.4.1. Formules de bond et de magdalinovic .....	76
<b>Conclusion.....</b>	<b>77</b>

## Chapitre V. Sécurité, Hygiène et Environnement

<b>Introduction .....</b>	<b>78</b>
<b>V.1. Les mesures sécuritaires au travail.....</b>	<b>78</b>
<b>V.2. Hygiène et sécurité du personnel d'exploitation .....</b>	<b>79</b>
V.2.1. Généralités.....	79
V.2.2. Risque liés à la conception de l'installation et le mode de fonctionnement des appareils .....	79
V.2.3. Risques liés aux interventions .....	80
V.2.4. Risques liés aux émissions de poussières et au bruit.....	80
V.2.5. Impact sur l'environnement .....	81
V.2.6. Impact visuel des installations de concassage .....	82
V.2.7. Bruit.....	83
<b>V.3. Sécurité et protection du personnel.....</b>	<b>83</b>
V.3.1. Arrêt d'urgence.....	83
V.3.2. Volet et rideau de protection .....	84
<b>Conclusion.....</b>	<b>84</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>85</b>
<b>Référence bibliographique.....</b>	<b>86</b>
<b>Résumé .....</b>	<b>.....</b>

**Introduction**

**Générale**

## Introduction générale

L'objectif capital de toute activité industrielle est l'augmentation du Rendement et par conséquent des bénéfices. Ceci n'est possible que par la maîtrise parfaite du processus de production et du choix des équipements qui permettent de répondre aux exigences du marché ou du consommateur. C'est la raison pour laquelle, les opérateurs dans le domaine minier, et les gérants des carrières, doivent contrôler rigoureusement le processus de traitement de manière à assurer le succès de leur unités de production en améliorant le plus possible l'environnement des travaux par le biais d'une bonne assistance technico-économique.

L'essor qu'a connu le secteur de la construction civile et industrielle, ainsi que les projets des voies et ouvrages d'art, ces dernières années dans notre pays, contribue à l'expansion du marché des ciments et granulats tous types confondus.

Et c'est ainsi que mon projet de fin d'études présente une étude sur études et vérifications de choix de concasseur dans une cimenterie.

Lorsqu'on parle du concassage dans l'industrie du ciment, on pense généralement à la nécessaire réduction de la taille des matières venant de la carrière pour qu'elles soient adaptées au traitement qu'elles subiront dans la chaîne suivante de production.

Le concassage des matières première du ciment est le plus souvent un procédé simple qui ne pose pas de :

- problème d'usure particulier ;
- et qui n'exige pas de granulométrie spéciale autre que la taille maximale.

Pour certains, il sera sans doute surprenant de constater que la consommation d'énergie soit si basse pour le concassage, ce n'est pas la consommation d'énergie qui importe lorsqu'il s'agit de choisir le processus de concassage et l'équipement, le plus important, ce sont les facteurs tels que : la fiabilité dans la production, l'économie d'usure, l'entretien et les investissements de départ.

Les ciments peuvent être classés en fonction de leur composition et de leur résistance normale.

On distingue les types de concasseurs selon leur fonction dans l'usine de production de granulat ; on a l'habitude de les classer d'après leur mode d'action.

La fragmentation met en œuvre trois actions : compression, impact et attrition.

Les concasseurs à marteaux à double cylindre d'admission sont en fait des concasseurs secondaires, mais leur conception robuste et résistante les rend bien appropriés au concassage primaire des matières friables comme le calcaire, le gypse.

Il est plus difficile d'obtenir des informations fiables sur la consommation d'énergie, les caractéristiques d'usure en laboratoire.

Risque liés à la conception de l'installation et le mode de fonctionnement des appareils surtout le concasseur, ils concernent toutes les installations industrielles.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur la fabrication de ciment**



## **Introduction :**

Dans le monde, la consommation des matières premières minérales ne cesse de croître, pour cela des pays producteurs et riches en matières naturelles continuent de procéder à la recherche de développées et augmenter la production de cette matière.

La fabrication de ciment se réduit schématiquement aux trois opérations suivantes : préparation de cru, cuisson, broyage et conditionnement

On considère Lafarge est un groupe française perme le première en monde dans son domaine (ciment et granulats ...etc.).

## **I.1. Généralités sur la région d'étude**

### **I.1.1. Situation géographique et administrative de hammam delà**

La wilaya de M'sila est située dans la partie Centre-Est du pays, soit à 250km au Sud-Est de la capitale Alger ; elle est limitrophe avec les wilayas de Bouira et Bordj Bou Arréridj au Nord, Batna à l'Est, Biskra au Sud-Est, Djelfa et Médéa à l'Ouest.

S'étendant sur une superficie de 20 000 km<sup>2</sup>, elle comprend des aires géographiques variés : massif des Bibans et monts du Hodhna au Nord, dépression du chott El-Hodna au centre et l'Atlas saharien dans sa partie méridionale ; la localité de Hammam Delàa, lieu d'implantation du projet, est une daïra relevant de la wilaya de M'sila, située aux confins Nord celle-ci, à la lisière occidentale de la chaîne du Hodhna, plus précisément à 50km au Sud de la localité d'El M'hir et 25km au Nord-Ouest du chef-lieu. [1].

### **I.1.2. Situation, morphologie et infrastructure de gisement de Chouf Amar**

Il est situé à 08km au sud-est de Hammam Dalaa, au lieu-dit Chouf Amar, soit à 2.5 km de la route, asphaltée en partie, menant vers la localité d'El Euch (BBA).

Il est circonscrit dans un protéiforme de 12 points dont les coordonnées en UTM, représenter ci-après dans le tableau I.1, d'après la feuille n°140 et 141 au 1/50 000, le tableau I. 1: [1].

**Tableau I. 2.** Coordonnées en UTM du gisement de chouf Amar [1].

N° de point	X.	Y.	N° de point	X.	Y.
1	632 500	3 973 200	8	631 500	3 973 500
2	632 500	3 972 100	9	631 900	3 973 500
3	631 300	3 972 100	10	631 900	3 973 400
4	631 300	3 972 800	11	632 100	3 973 400
5	631 200	3 972 800	12	632 100	3 973 300
6	631 200	3 973 600	13	632 300	3 973 300
7	631 500	3 973 600	14	632 300	3 973 200

Morphologiquement, le gisement de calcaire de Chouf Amar fait partie d'un vaste massif étiré dans une direction longitudinale sur plus de 150km. Localement, il se présente sous forme de deux compartiments monoclinaux bien distincts, d'une dénivelée moyenne de 250m, étirés dans une direction SNE-NSW (N 75°) sous un angle de pendage de 10 à 15° vers le SSE (N 170°) séparés par un talweg relativement profond et délimités par deux butes qui en constituent le limite méridionale.

Il couvre une superficie de 159 ha cernée de corniches bien visibles dans le paysage et recouverte en grande partie par une nappe alfatière parsemée de quelques conifères, vestiges d'un foret autrefois certainement plus dense qu'elle ne l'est à l'heure actuelle.

Administrativement, le gisement de Chouf Amar, de par sa situation géographique à cheval sur la limite territoriale de deux wilaya, relève des communes de Hammam Dalaa (M'sila) pour sa partie Ouest et d'El-Euch (Bordj Bou Arreridj) pour sa partie Est. [1].

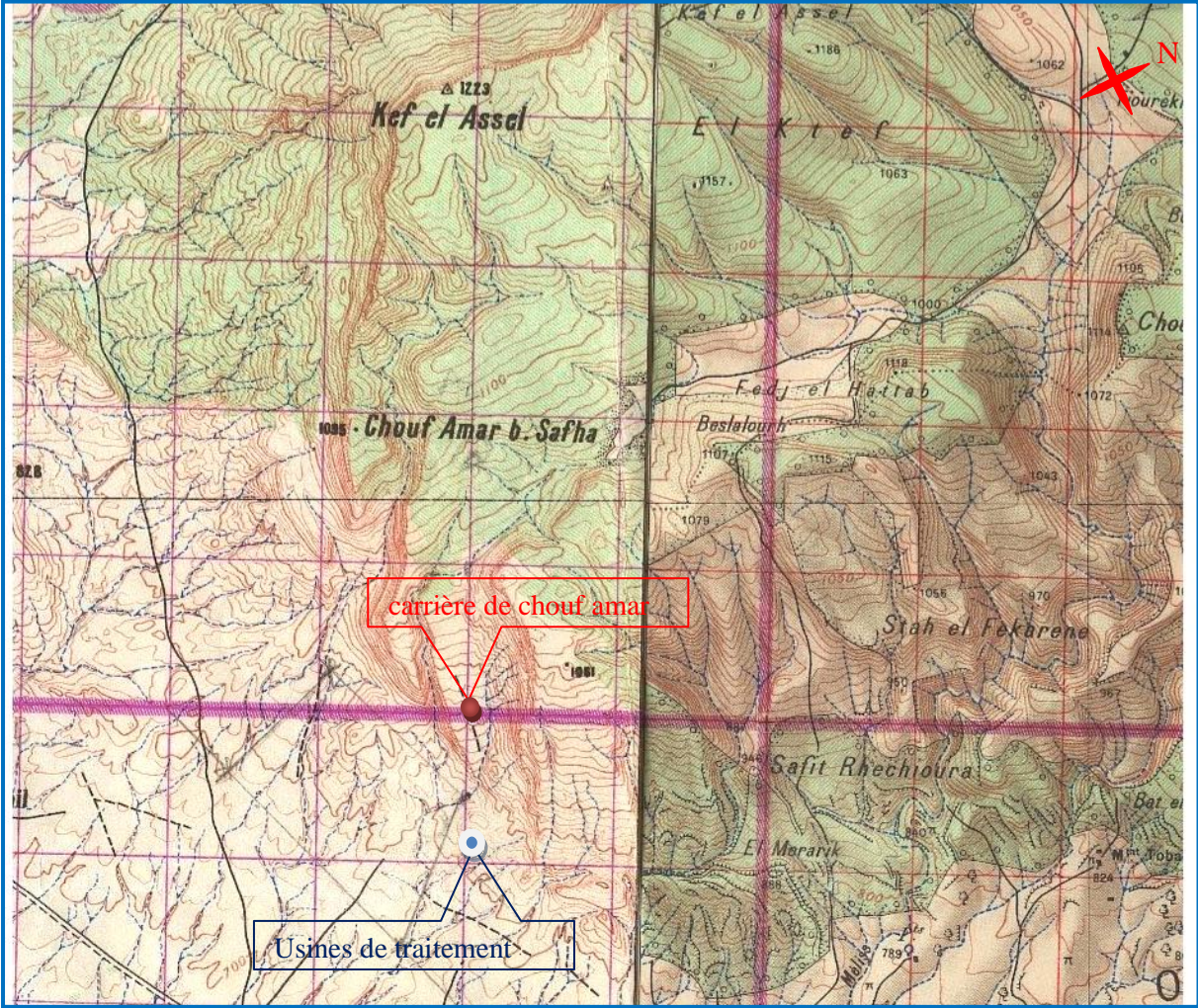


Figure I. 1. Carte géologique de gisement [1].

I.1.3. Géologie du gisement

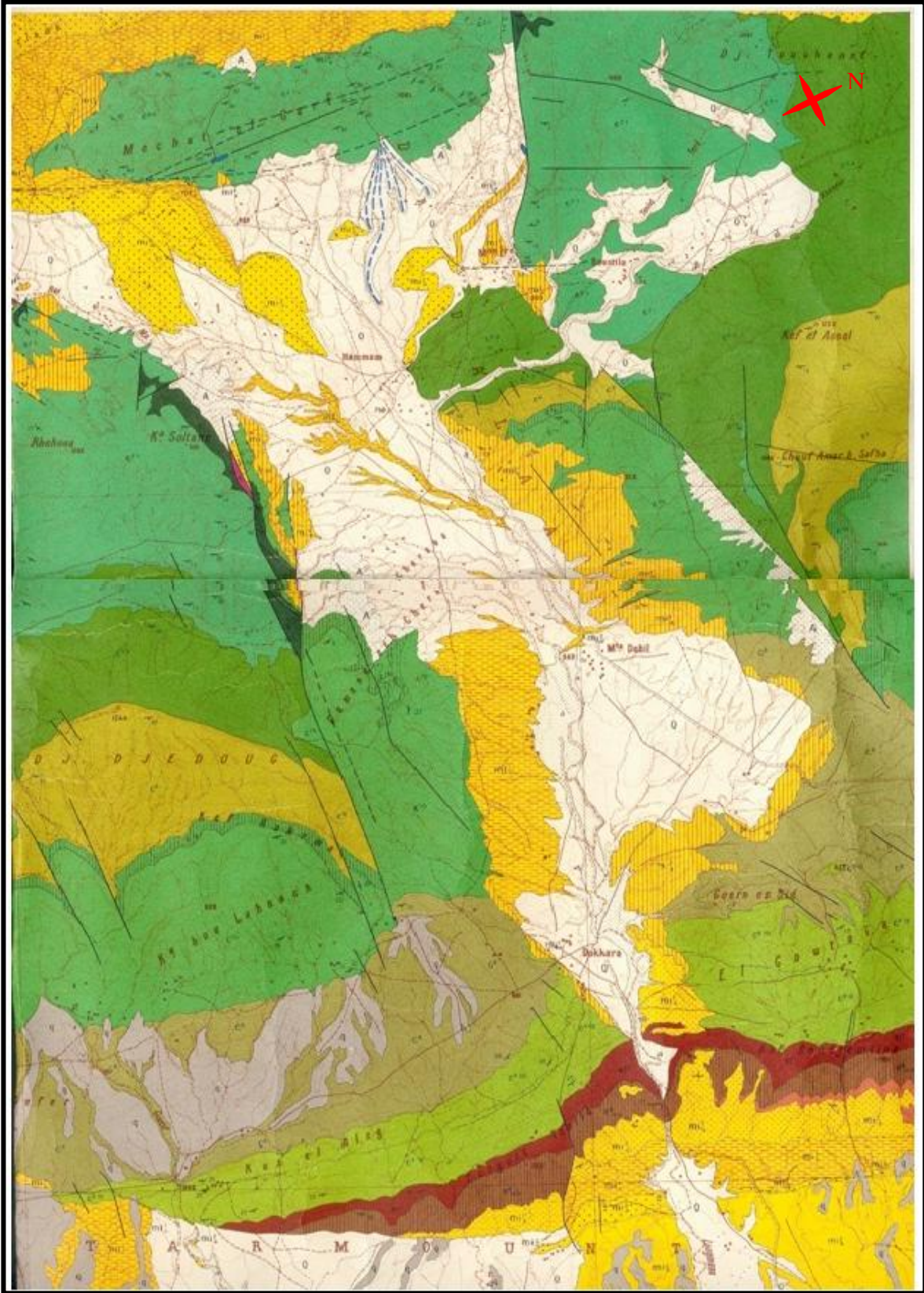


Figure I. 2. Géologie du gisement [1].

#### **I.1.4. Litho-stratigraphie du gisement :**

##### **I.1.4.1. Le Trias**

Représenté par du gypse et argiles bariolées, cargneules, roches éruptives ; On le distingue dans le Sud et l'Est.

##### **I.1.4.2. Le Jurassique**

Constitué par des masses dolomitiques et Calcaro-Dolomitiques que surmontent des calcaires, des marnes ou calcaires marneux.

##### **I.1.4.3. Le Crétacé**

Représenté par le Valanginien, l'Hauterivien, le Barrémien, l'Aptien, l'Albien, le Cénomaniens, le Turonien, le Sénonien.

##### **I.1.4.4. L'Eocène**

On distingue de façon classique :

- L'Eocène inférieur « calcaire ».
- Le Lutétien supérieur lagunaire (marne, argiles, gypse).
- Les grès rouges (série continentale Lutétien supérieur à Oligocène). [1]

##### **I.1.4.5. Le Miocène**

Il est représenté par des grès calcaires, puis par une série très épaisse marneuse à petites intercalations gréseuses.

Il s'agit d'une alternance de niveaux conglomératiques, de sables et d'argiles rouges dont l'épaisseur variable peut dépasser 200 m.

- Le Plio-quadernaire de la plaine du Hodna :

Il débute par des niveaux continus de conglomérats grossiers et des calcaires lacustres puis d'une façon très hétérogène des lentilles conglomératiques gréseuses ou sableuses. [1]

#### **I.1.5. Tectonique du gisement**

Le gisement de calcaires de Chouf Amar est localisé dans la terminaison Périscopale occidentale, fortement perturbée de l'anticlinorium des monts du Hodna plus précisément à la limite orientale du petit bassin d'effondrement de Doukkara engendré lors de la phase orogénique pyrénéenne (oligocène) et envahi par la transgression du miocène inférieur. [1]

### **I.1.6. Estimation des réserves :**

Les réserves de calcaires estimées par la méthode des coupes géologiques sont évaluées à **232000000** tonnes. Le surplus ainsi un surplus de matières est dû principalement à l'extrapolation obtenue sur les blocs résiduels situés aux extrémités Est et Ouest du gisement.

Les réserves disponibles dans la carrière de Chouf Amar, fin 2010 d'après la méthode des coupes géologiques s'élèvent à :

Reserve exploitable au 1 janvier 2010 de l'exercice décomposé en catégorie suivante : [1]

- Réserves certaines : 187 967 679 t ;
- Réserves probables : 232000000 t ;
- Réserves possibles : 232000000 t ;
- Réserves totales : 232000000 t ;
- Réserves exploitables : 20880000 t.
- Réserves restantes : 211 120 000 t.

### **I.2. Caractéristiques qualitatives de la substance**

- Les différents résultats qualitative de la matière a concasse sont donner comme suit :
- Le poids volumique moyen :  $2,67 \text{ t/m}^3$ ,
- La résistance à la compression moyenne :  $R_c = 922,433 \text{ kgf/cm}^2$
- Le coefficient de foisonnement:  $K_f = 1,5$
- La dureté:  $f=10$ . [1]

### **I.3. Présentation du groupe Lafarge**

#### **I.3.1. Introduction**

Lafarge est un groupe français de matériaux de construction, leader mondial dans son secteur. Il produit et vend principalement du ciment, des granulats et du béton prêt à l'emploi dans le monde entier. Lafarge a développé des ciments spéciaux et des bétons innovants de renommée internationale.

En 2013, le chiffre d'affaires de Lafarge s'est élevé à 15,198 milliards d'euros, dont 63,5 % dans le ciment et 35,9 % dans le béton et les granulats. Présent dans 62 pays, le groupe emploie environ 64 000 personnes sur 1 636 sites de production. [2]

### **I.3.2. Historique de la société**

C'est en Ardèche, en 1833, que naît l'activité du cimentier Lafarge.

En 1919, l'activité est transformée en société anonyme sous le nom de « Société anonyme des chaux et ciments de Lafarge et du Teil » et, dès 1939, Lafarge devient le premier cimentier français et progressivement l'un des leaders mondiaux. Lafarge étend son réseau sur trois territoires (dix usines en France, une implantation en Afrique du Nord et une filiale en Angleterre, la Lafarge Aluminons Ciment en 1926). La société y pratique un « paternalisme théocratique ».

Le 29 juin 2004, Lafarge décide de doubler la capacité de sa cimenterie de Dujiangyan, en Chine, pour la porter à 2,4 millions de tonnes, et signe un accord de partenariat avec Shui On Construction Matériels Limited (SOCAM), cimentier chinois coté à la bourse de Hong Kong.

En 2007, Lafarge SA annonce le rachat du Orascom Ciment, la division ciment du groupe égyptien Orascom, pour 8,8 milliards d'euros mais est condamné, la même année, avec la société Vicat pour entente illégale et abus de position dominante collective sur le marché de gros de l'approvisionnement de la Corse en ciment.

Fin 2011, pour accélérer son développement, Lafarge présente un projet de nouvelle organisation tournée vers ses marchés et ses clients.

En avril 2013, Lafarge adopte une nouvelle signature de marque « Construire des villes meilleures ». Elle traduit l'ambition du groupe de mettre ses produits, solutions et systèmes constructifs innovants au service de l'amélioration des villes.

En avril 2014, Lafarge et Holcim annoncent un projet de fusion entre les numéros 1 et 2 du ciment. La nouvelle entité sera basée en Suisse [2].

### **I.3.3. Le groupe**

Le groupe, qui comprend près de 1 000 sociétés dont 75 % sont consolidées. Après avoir cédé la majorité de ses actifs plâtre fin 2011 et mis en œuvre une modification importante de sa structure de management, le groupe est désormais centré sur ses activités cœur de métier : le ciment, les granulats et le béton.

- *Ciments* : la direction générale se trouve à Clamart ainsi que les services techniques France, alors que les services techniques à l'international se trouvent à Saint-Quentin-Fallavier. Lafarge possède plus de 155 sites de production et est présent dans 56 pays.

-*Granulats* et bétons : Lafarge possède plus de 1481 sites de production et est présent dans 37 pays.

Elles disposent chacune d'opérations décentralisées, et de départements centraux experts qui interviennent dans la prise de décisions stratégiques. Le siège du groupe, situé à Paris, comprend la direction générale, le comité exécutif et l'ensemble des directions fonctionnelles [13].

#### **I.3.4. Lafarge en Algérie**

En Algérie, Lafarge possède 2 cimenteries (M'Sila et Oggaz) avec une capacité totale de production qui dépasse les 8 millions de tonnes, gère en partenariat avec le GICA la cimenterie de Meftah et compte 22 centres de production de béton d'une capacité de  $1\text{Mm}^3$ . Lafarge - Algérie compte plus de 2600 collaborateurs et s'investit dans le développement d'actions citoyennes envers ses communautés [2].

### **I.4. Fabrication de ciment**

#### **I.4.1. Définition :**

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue, qui gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise par suite de réaction et processus d'hydratation et qui après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau [3]

Dans le langage courant, le terme de ciment peut être source de confusion lorsqu'il est utilisé pour désigner à la fois : [4]

- ✓ La poudre de ciment (par exemple telle qu'elle est commercialisée en sac).
- ✓ La pâte de ciment au moment de son gâchage à l'eau.
- ✓ Le produit obtenu après durcissement.

Dans tout ce qui suit, on distinguera ces différents états en appelant : [4]

- ✓ Ciment anhydre : (sans eau) la poudre de ciment avant son gâchage à l'eau.
- ✓ Ciment hydraté : les composés, insolubles dans l'eau, obtenus par combinaison chimique de l'eau avec le grain de ciment anhydre.
- ✓ Pâte fraîche de ciment : le mélange d'eau et de ciment anhydre avant que l'hydratation n'ait conduit à en faire un solide appelé pâte de ciment durcie.

L'expression de "pâte de ciment durcissant" sera utilisée pour désigner la pâte de ciment dans sa transformation d'un état plus ou moins fluide en un état solide. [4].



### **I.4.2. Historique :**

Le ciment aurait d'abord été inventé par les Égyptiens, qui a été améliorée par les civilisations suivantes par l'ajout de chaux à de l'argile. Les Grecs d'Italie le renforcèrent avec des cendres pouzzolaniques (cendres volcaniques de la région de Pouzzoles), et cet usage a été repris et généralisé par les Romains. Jusqu'à l'Époque moderne, le ciment est un liant, souvent une chaux, additionnée à des adjuvants comme les tuiles ou briques concassées, dont l'argile possède des propriétés hydrauliques. La pouzzolane est très utilisée comme adjuvant. Le ciment ne prit son acception contemporaine qu'au XIXe siècle, lorsque Louis Vicat identifia le phénomène d'hydraulicité des chaux en 1817, et celle des ciments, qu'il appelait chaux éminemment hydrauliques, ou chaux limites, en 1840.

La recherche sur l'hydraulicité des chaux débuta à la fin du XVIIIe siècle pour aboutir vers 1840, à la fabrication des ciments modernes. Elle concernait les chaux grasses, non hydrauliques, qui ne durcissent pas sous l'eau, les chaux hydrauliques qui durcissent même sous l'eau, les chaux éminemment hydrauliques (riches en argiles) qui se solidifient très rapidement, et les chaux limites (trop riches en argiles) qui se solidifient très rapidement puis se décomposent, si elles ne sont pas cuites au degré de fusion pâteuse [4].

La première usine de ciment a été créé par Dupont et Demarle en 1846 à Boulogne-sur-Mer. Le développement n'a pu se faire que grâce à l'apparition de matériel nouveaux, comme le four rotatif et le broyeur à boulets. Les procédés de fabrication se perfectionnèrent sans cesse, et le temps nécessaire à produire une tonne de clinker, constituant de base du ciment, est passé de quarante heures en 1870, à environ trois minutes actuellement [5,6].

### **I.4.3. Matières premières et ajouts :**

On peut théoriquement fabriquer du ciment portland à partir de matériaux quelconques renfermant chaux, silice, alumine et fer.

En pratique, les possibilités sont beaucoup plus limitées car on est obligé de choisir, pour des raisons évidentes, des matières premières faciles à extraire, traiter, et combiner.

On peut utiliser aussi comme appoint des sous produits d'autres industries tels le laitier de hauts fourneaux ou les cendres des centrales thermiques [5].

On classe habituellement les matières premières naturelles en :

- ✓ Calcaire : plus de 80% de  $\text{CaCO}_3$ .

- ✓ Eléments argilo- calcaires : de 40% à 80% de  $\text{CaCO}_3$ .
- ✓ Argile : moins de 40% de  $\text{CaCO}_3$  [5].

#### **I.4.3.1 : Calcaire**

Les calcaires peuvent être de pureté et de dureté variable, ils proviennent du dépôt de  $\text{CaCO}_3$  contenu dans les eaux de mer ou des lacs, dépôts provoqués par précipitation chimique ou réalisé par l'intermédiaire d'organisme vivant (mollusques, algues).

Certains de ces dépôts soumis à une pression et à une température suffisante, ont donné des calcaires cristallins [7].

Les principales impuretés rencontrées dans les calcaires sont :

##### **a. la silice**

Elle se présente sous plusieurs formes :

- ✓ Libre : elle ne peut se combiner et doit être éliminée si elle apparaît en nodules de silex ou de quartz, il peut en être autrement si elle se trouve finement divisée à l'état naturel et répartie dans la masse de calcaire.
- ✓ Combinée : divers éléments tel que le fer, la magnésie, l'alumine, la silice et l'alumine déjà combinée sous forme d'argile réagissent bien avec la chaux [7].

##### **b. la magnésie**

La magnésie est un élément dangereux du fait de son expansion ultérieure possible au sein du ciment hydraté. Les calcaires ne doivent pas contenir plus de 5% de magnésie [7].

##### **c. le fer**

Le fer rencontre le plus souvent sous forme d'oxyde  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ou de pyrite  $\text{Fe}_2\text{S}$  (Le maximum permis est de 2% dans ce dernier cas). Le fer joue un rôle utile de fondant [7].

##### **d. les alcalis**

Tels que soude et potasse sont volatilisés au moment de la clinkérisation et se retrouvent surtout dans les poussières du four, lesquelles sont actuellement souvent recyclées. Les alcalis peuvent provoquer certaines difficultés au cours de la fabrication du ciment (formation d'anneaux dans le four, modification de certaines caractéristiques physique du ciment).

Les calcaires dits « purs » contiennent au moins 95% de  $\text{CaCO}_3$  et les impuretés mentionnées ci-dessus jouent alors un rôle mineur [7].

#### **I.4.3.2 : Elément argileux calcaires**

Ils contiennent les éléments principaux nécessaires à la fabrication du ciment mais doivent être corrigés par des apports de calcaire ou d'argile afin de faire leur dosage.

Certains calcaires argileux renferment naturellement les divers constituants du ciment portland en proportion voulues. Ces « pierres à ciments » sont évidemment très rares [7].

#### **I.4.3.3 : Argiles**

Les argiles sont constituées essentiellement de silice, d'alumine et de fer et constituent par là même le complément indispensable du calcaire. Elles peuvent être classées de plusieurs manières. On distingue ainsi :

- les argiles résiduelles provenant de la décomposition sur place de roches existantes, du fait d'agents physico-chimiques.
- les argiles transportées et déposées sous l'effet des mers, des cours d'eau, des glaciers, du vent.

Du point de vue physico-chimique on peut classer les argiles en différents groupes :

- groupe kaolin : formule générale :  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
- groupe halloysite : formule générale :  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .
- groupe montmorillonite : formule générale:  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .
- groupe des minéraux argileux micacés : (ex : séricite).
- groupe des minéraux argileux magnésiens : (ex : sépiolite).

Les argiles utilisées en cimenterie sont des argiles communes qui peuvent être constituées par des mélanges des groupes énumérés. De plus les argiles résiduelles contiennent souvent des fragments des roches qui leur ont donné naissance et qui risquent de les rendre impropres à la fabrication du ciment (silex, quartz, sous forme de nodules, de sable,....etc.).

Là encore les impuretés telles que magnésie, soufre, soude, potasse, doivent être en quantité très limitée.

D'une manière générale, le coût de la préparation des matières premières croît avec le nombre de constituants à mélanger.

Il faut donc s'efforcer d'avoir un nombre de constituants aussi réduit que possible.

Ces constituants doivent être faciles à broyer, peu coûteux à sécher s'il s'agit de voies humides et faciles à combiner lors de la clinkérisation [7].

Les principaux ajouts qui entre dans la correction de la matière première sont :

#### **I.4.3.4 : La pouzzolane**

La pouzzolane est une roche naturelle (fig.: I-3) constituée par des scories (projections) volcaniques basaltiques ou de composition proche. Elle possède une structure alvéolaire. La pouzzolane est généralement rouge ou noire, avec toutes les teintes intermédiaires, exceptionnellement grise.



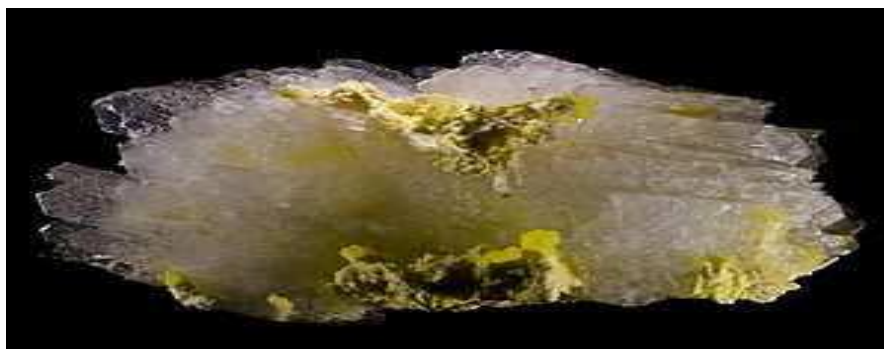
**Figure I. 3.** Grains de pouzzolane [6,7].

Le terme « pouzzolane » vient du latin pelvis Puteolana, désignant les sables de Pouzzoles ancienne Dikearchie (Cité de la Justice), port italien riche en sable volcanique, situé au pied du Vésuve au nord du golfe de Naples. Cette roche locale était déjà remarquée par Vitruve pour son intérêt dans la fabrication du béton romain résistant à l'eau. La pouzzolane est à la base de la fabrication de certains ciments [6.7].

#### **I.4.3.5: Le gypse**

Le gypse est une espèce minérale composée de sulfate dihydraté de calcium de formule  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Le mot gypse désigne ainsi à la fois une espèce chimique et une roche. La Mine de Naica permet de voir des cristaux géants de ce minéral dépassant 11 mètre de long. (Figure I.4)

Le gypse est le minerai qui permet de fabriquer le plâtre [7,8].



**Figure I. 4.** Grain de gypse [7,8].

#### I.4.3.6: Le minerai de fer

Le minerai de fer est une roche contenant du fer, généralement sous la forme d'oxydes, comme la bauxite.

Les minerais de fer ont une teneur en fer variable selon le minéral ferrifère comme indiqué dans le tableau I.2 ; sachant également que l'isomorphisme, presque toujours présent dans les minéraux naturels, réduit la teneur théorique.

**Tableau I. 3.** Teneur en fer dans les différents minerais de fer [7,8].

Minéral	Formule chimique	Contenu théorique en fer dans le minéral	Contenu théorique en fer après calcination
Hématite	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	69.96	69.96
Magnétite	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	72.4	72.4
Magnésioferrite	$\text{MgO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	56-65	56-65
Goethite	$\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$	62.9	70
Hydrogoethite	$3\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	60.9	70
Limonite	$2\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	60	70
Sidérite	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	48.3	70
Pyrite	$\text{FeS}_2$	46.6	70
Pyrrhotite	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}$	61.5	70
ilménite	$\text{FeTiO}_3$	36.8	36.8

Les oxydes qui forment la gangue vont évidemment diminuer la teneur en fer des minerais employés.

Par rapport à leur teneur en fer, les minerais sont classés en :

- minerais pauvres : Fe <30%

- minerais moyens : Fe = 30% - 50%
- minerais riches : Fe > 50%

La teneur en fer des minéraux natifs est comprise entre des limites approximatives :

- minéraux magnétiques : Fe = 50% - 67%
- minéraux d'hématite : Fe = 30% - 65%
- minéraux de limonite : Fe = 25% - 45%
- minéraux carbonates : Fe = 30% - 40%

Les principaux minerais de fer sont des sulfures, des carbonates et des oxydes [7,8].

#### **I.4.3.7 : Le tuf**

Le tuf est un type de roche à structure vacuolaire pouvant avoir deux origines :

- Le tuf volcanique, qui provient des téphras de petite taille emprisonnant parfois des fragments plus gros s'accumulent et sont consolidés par l'eau.
- Le tuf calcaire ou travertin, d'origine sédimentaire et qui provient des ions carbonate dissous dans l'eau qui a précipité en milieu continental (ruisseau, source riche en carbonate dissous,... etc.) en incluant souvent des traces de végétaux ou de coquilles [7].

#### **I.4.4. Classification des ciments :**

Les ciments peuvent être classés en fonction de leur composition et de leur résistance normale [8].

##### **I.4.4.1. Classification des ciments en fonction de leur composition :**

Les ciments constitués de clinker et des constituants secondaires sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux par la norme NF P15-301.

Ils sont numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne (la notation française est indiquée entre parenthèse):

- ✓ CEM I: Ciment portland (CPA - dans la notation française),
- ✓ CEM II: Ciment portland composé (CPJ),
- ✓ CEM III: Ciment de haut fourneau (CHF),
- ✓ CEM IV: Ciment pouzzolanique (CPZ),
- ✓ CEM V: Ciment au laitier et aux cendres (CLC).

La proportion (en masse) des différents constituants est indiquée dans le tableau I.3. Les constituants marqués d'une étoile (\*) sont considérés comme constituants secondaires pour le

type de ciment concerné; leur total ne doit pas dépasser 5%. (Les fillers sont considérés comme des constituants secondaires) [10].

**Tableau I. 4.**Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition [10].

	Ciment portland %	Ciment portland composé %		Ciment de haut fourneau %			Ciment pozzolanique %		Ciment au laitier aux cendres %		
	CPA-CEM I	CPJ-CEM II/A	CPJ-CEM II/B	CHF II/A	CHF III/B	CHF II/C	CPZ IV/A	CPZ IV/B	CLC V/A	CLC V/B	
Clinker(k)	/95	/80	/65	/35	/23	/5	/65	/45	/40	/20	
Laitier	*	6 total 20 fumée de silice 10	21 Total 35 fumée de silice 10	/36	/65	/81	*	*	/18	/31	
Pouzzolanes	*			*	*	*	*	10 total	36 total	18 total	31 total
Cendre Siliceuses (v)	*			35 Fumée	55 Fumée	*	*	10	10	30	50
Fumée de silice(d)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Cendres Calciques (w)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Schistes (I)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Calcaires (L)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Fillers(F)	*			*	*	*	*	*	*	*	*

#### I.4.4.2. Classification des ciments en fonction de leur résistance normale :

Trois classes sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours; des sous classes "R" sont associées à ces trois classes principales pour désigner des ciments dont les résistances au jeune âge sont élevées. Ces classes sont notées, classe 32,5, classe 42,5, classe 52,5. Elles doivent respecter les spécifications et les valeurs garanties selon le tableau I.4. Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs garanties lorsqu'elles peuvent être inférieures aux valeurs spécifiées [10].

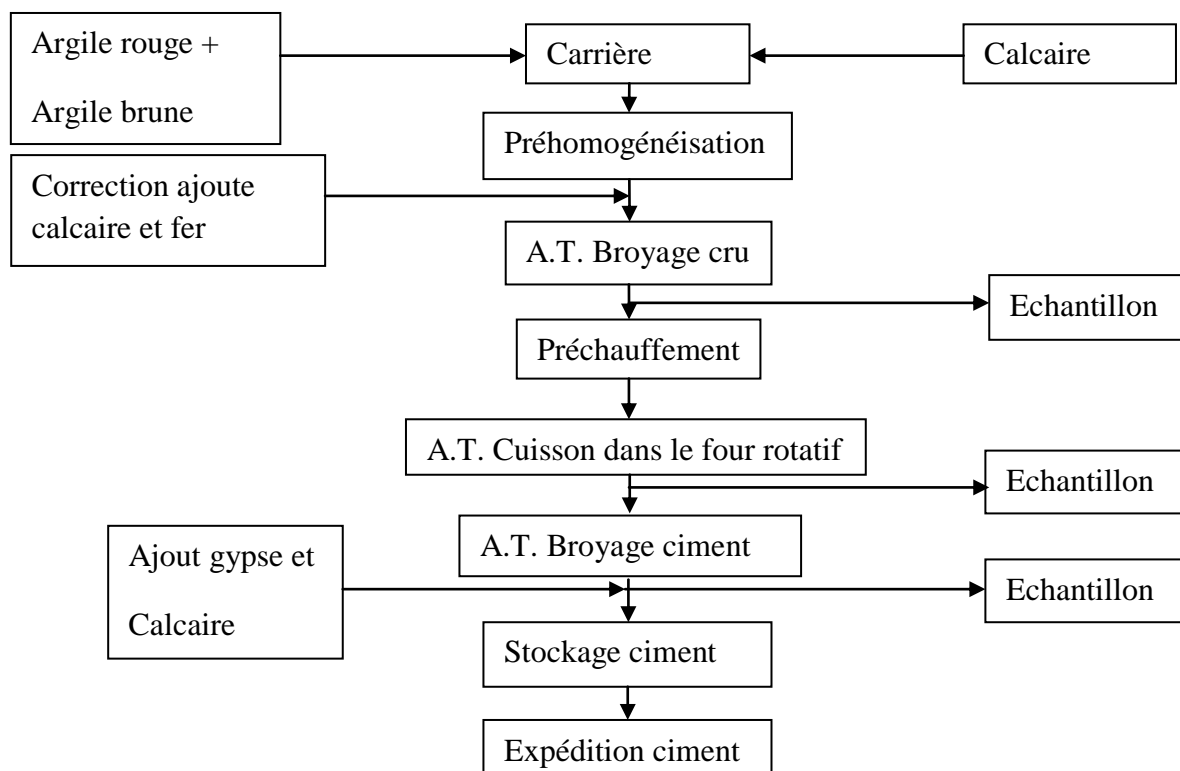
**Tableau I. 5.** Spécification et valeurs garanties en fonction de la classe [10].

Classe	Résistance à la compression (Mpa) EN 196-1				Retrait à 28 jours P 15-433 (um/m)	Début de prise EN 196-3 (mim)	stabilité EN 196-3 (min)
	Au jeune âge		à 28 jours				
	2 jours	7 jours	mini	Max			
32.5		(17.5)	/32.5 (30)	52.5	≤800	/90	≤10
32.5 R	/13.5 (12)	/	/32.5 (30)	52.5	≤1000	/90	≤10
42.5	/12.5 (10)	≤	/42.5 (40)	62.5	≤1000	/60	≤10
42.5 R	/20 (18)		/42.5 (40)	62.5	≤1000	/60	≤10
52.5	/20 (18)		/52.5 (52.5)			/60	≤10
52.5 R	/30 (28)		/52.5 (50)			/60	≤10

**I.4.5. Procédés de fabrication :****I.4.5.1.principes et méthodes de fabrication :**

La fabrication de ciment se réduit schématiquement aux trois opérations suivantes : Préparation de cru et la cuisson, broyage et conditionnement.

Comme présenté dans la figure .I.5

**Figure I. 5.** Schéma représentatif des étapes de fabrication du ciment. [5].



La préparation du cru au cours de laquelle on réalise le mélange homogène du calcaire, d'argile de sable et de minerai de fer, peut être réalisée suivant quatre procédés différents : la voie sèche, semi - sèche, semi - humide et humide.

- Dans la voie sèche, les matières premières broyées et séchées forment le cru ou farine qui a l'aspect d'une poudre fluide. Le cru est ensuite introduit dans le préchauffeur ou le précalcinateur du four.

- Dans la voie semi-sèche, la farine mélangée à de l'eau forme des granulats qui sont introduits dans un préchauffeur à grilles situé en amont du four ou dans un four long équipé de croisillons.

- Dans la voie semi-humide, la pâte est d'abord débarrassée de son eau dans des filtres-presses. Le gâteau de filtre-presses est ensuite extrudé sous forme de granulats et introduit dans un préchauffeur à grilles ou directement dans un sécheur pour la fabrication du cru.

- Dans la voie humide, les matières premières (dont la teneur en humidité est souvent élevée) sont broyées dans l'eau pour former une pâte pouvant être pompée. Elle est ensuite introduite directement dans le four où peut passer auparavant dans un sécheur [5].

#### **I.4.5.2. Processus de fabrication de ciment :**

##### **a. Extraction**

L'extraction consiste à extraire les matières premières vierges comme le calcaire (75 à 80%) et l'argile (20 à 25%) à partir de carrières naturelles à ciel ouvert. Ces matières premières sont extraites des parois rocheuses par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique. La roche est acheminée par des tombereaux (dumpers) ou des bandes transporteuses vers un atelier de concassage. Les matières premières doivent être échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition régulière dans le temps. La prise d'échantillons en continu permet de déterminer la quantité des différents ajouts nécessaires (oxyde de fer, alumine et silice) [3,4].



**Figure I. 6.** carrière d'extraction d'argile et de calcaire de hammam bouziane [5].

### **b. Concassage**

Les pierres arrivent généralement à l'usine en gros blocs et avec leur humidité de carrière, et il faut d'abord les concasser, puis les sécher, ou au contraire les délayer, avant de les passer au broyeur.

Pour choisir le type et les dimensions des machines, on tiendra compte de la nature et de la grosseur de la pierre, du degré de finesse désiré, et du rendement escompté.

Généralement le concassage est utilisé pour concasser les roches du calcaire qui ont une dureté importante par rapport à la roche d'argile.

Les principaux types de concasseurs utilisés en cimenteries sont :

- Le concasseur à mâchoires qui convient bien aux matériaux durs même abrasifs mais non collants. Le rapport de réduction (le rapport entre la dimension des plus gros éléments existant avant et après la réduction) peut être de 8 à 10 dans les meilleurs cas.
- Le concasseur giratoire.
- Le concasseur à cylindres dentés pour les matériaux humides très collants (rapport de réduction de 4 à 5).
- Le concasseur à marteaux pour les matériaux friable à mi-durs mais non abrasifs (teneur en silice inférieure à 5%). Le rapport de réduction peut être de 10 à 20) [5].

Le concassage dans la cimenterie de Hammam d'Alaa est réalisé par un concasseur à marteau. Ce concasseur comporte aussi une chaudière pour chauffer les écrans de chocs et les parois du concasseur afin d'éviter le colmatage [9].



**Figure I. 7.** concasseur à marteau [2].

### c. Préparation du cru

On utilise trois constituants en générale pour la préparation du cru qui sont le calcaire, l'argile brune, l'argile rouge pour la fabrication du CPA325, CPA400, CPJ450.

Après le concassage de ces trois constituants de base on obtient une granulométrie de 0 à 25 mm et on fait une prise d'échantillon pour effectuer les analyses afin de déterminer la composition, les constituants sont acheminés vers l'usine par des transporteurs couvert puis ce mélange est stocké dans un hall de pré homogénéisation (fig. : I.8). Le stackeur forme deux tas l'un en constitution, l'autre en reprise.

Une seconde correction est prévue juste avant le broyage cru, cette correction se fait pour ajouter le calcaire et le minerai de fer, après correction du cru, le mélange est acheminé à l'aide de transporteurs à bandes vers un concasseur sécheur qui réduira la granulométrie de 0 à 7 mm [11].



**Figure I. 8.** Hall de pré homogénéisation (Hammam d'alaa) [2].

#### d. Broyage du cru

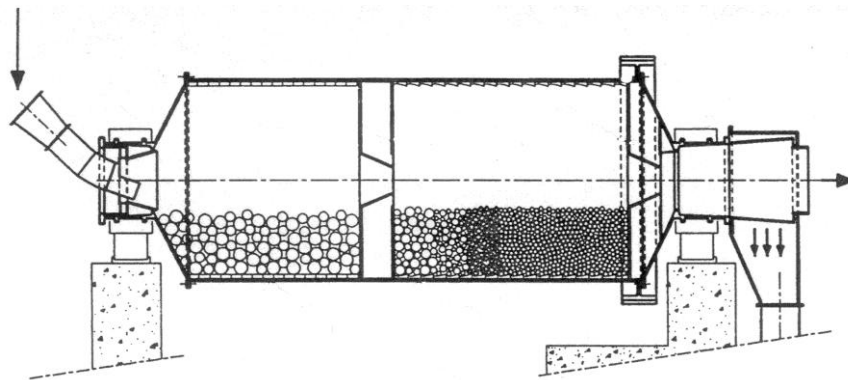
Les matières premières préhomogénéisées doivent être finement broyées pour être chimiquement plus réactives au cours de leur cuisson dans le four. Les réactions chimiques et les échanges thermiques sont en effet d'autant plus intenses que les surfaces des particules sont plus grandes. Les meilleurs clinkers sont obtenus à partir de la mouture plus fine.

Dans les installations récentes, on sèche le cru presque uniquement dans le groupe broyeur, en même temps que s'effectue le broyage. Ces installations fonctionnent avec séparateurs à air et broyeurs - sècheurs.

Le broyage - séchage est très avantageux au point de vue calorifique, car les gaz chauds enveloppent complètement les particules fines, et leur transmettent rapidement leur chaleur. Le degré d'humidité de la matière et la température du gaz ; déterminent la quantité de gaz chaud qu'il faut apporter à l'installation pour éliminer l'eau du cru.

La vapeur d'eau produite est évacuée du groupe – broyeur par élimination d'une quantité voulue du mélange air- vapeur d'eau produit. Cette quantité doit être suffisamment abondante pour éviter toute condensation.

Les broyeurs à cru assurent le séchage des matériaux et leur broyage jusqu'à l'obtention d'une farine cru ayant un refus au tamis de 160 mm de l'ordre de (1 -1.5%) (Fig. : I.9) [5].



**Figure I. 9.** Broyeur à cru [14].

#### e. Séparation

Cette phase consiste, suivant le type de séparateur utilisé, à envoyer au broyeur les particules insuffisamment broyées et à récupérer les particules fines contenues dans les gaz [5].

**f. Homogénéisation**

C'est au cours de cette phase, que grâce à un brassage pneumatique ou mécanique vigoureux, qu'on peut obtenir un produit, parfaitement homogène de caractéristiques chimiques uniformes, apte à être cuit [5].

**g. Zone de cuisson**

La ligne de cuisson est constituée par :

- Un préchauffeur
- Un four rotatif
- Un refroidisseur

**h. Préchauffeur ou cyclones:**

Les gaz réchauffent la poudre crue qui circule dans les cyclones en sens inverse, par gravité. La poudre s'échauffe ainsi jusqu'à 800 °C environ et perd donc son gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et son eau.

C'est un échangeur a contre courant destiné à préchauffer la farine avant son entrée dans le four, en récupérant la chaleur des gaz sortant du four environ égale à 100°C, par le fait que l'argile et le calcaire ont la même densité (2,70 g/cm<sup>3</sup>), un exhausteur monté sur les cyclones aspire les gaz de combustions et le mélange carrière, faisant une tornade qui garantie que tous les grains du crue subit la chaleur des gazes [11].

**- Four rotatif**

Le four constitué par une virole cylindrique de 90m de long et de 5.6m de diamètre protégé par de la brique réfractaire, incliné selon un angle de 1 à 4 degrés par rapport à l'horizontale. Le calcaire est chargé à l'extrémité supérieure, le combustible et l'air comburant étant brûlé à l'extrémité inférieure [11].

**- Refroidisseur**

Le refroidisseur a pour rôle d'abaisser la température du clinker tombant du four à une température d'environ 1135°C jusqu'à 80-100°C.

Il est équipé d'une batterie de ventilateurs fournissant l'air de refroidissement [11].

**i. Broyage clinker**

Il est réalisé en continu dans des broyeurs alimentés à partir des stocks de clinker et des différents constituants et ajouts.

Le broyage a pour objectif, d'une part de réduire les granulats de clinker en poudre, d'autre part, de procéder à l'ajout du gypse (dont le rôle est de réguler le phénomène de prise), ainsi qu'à celui des éventuels autres constituants (laitier, cendres...), ce qui permet d'obtenir les différents types de ciments normalisés [7].

**j. Stockage, ensachage et expédition**

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de stockage, pour être soit ensaché soit expédié en vrac. L'ensachage, qui dans les pays industrialisés ne représente qu'environ 30% de la production de ciment, s'effectue dans des sacs en papier kraft à l'aide de machines capables de remplir de 2000 à 4000 sacs par heure.

La livraison en vrac est assurée par camions, wagons ou péniches [7].

**k. Les transporteurs**

Le déplacement de la matière d'une installation à l'autre s'effectue à l'aide des transporteurs spécifique, chacun a son propre rôle. On peut distinguer : les transporteurs mécaniques, les transporteurs à bandes, les transporteurs à vis sans fin, les élévateurs à godés, et les transporteurs pneumatiques [7].

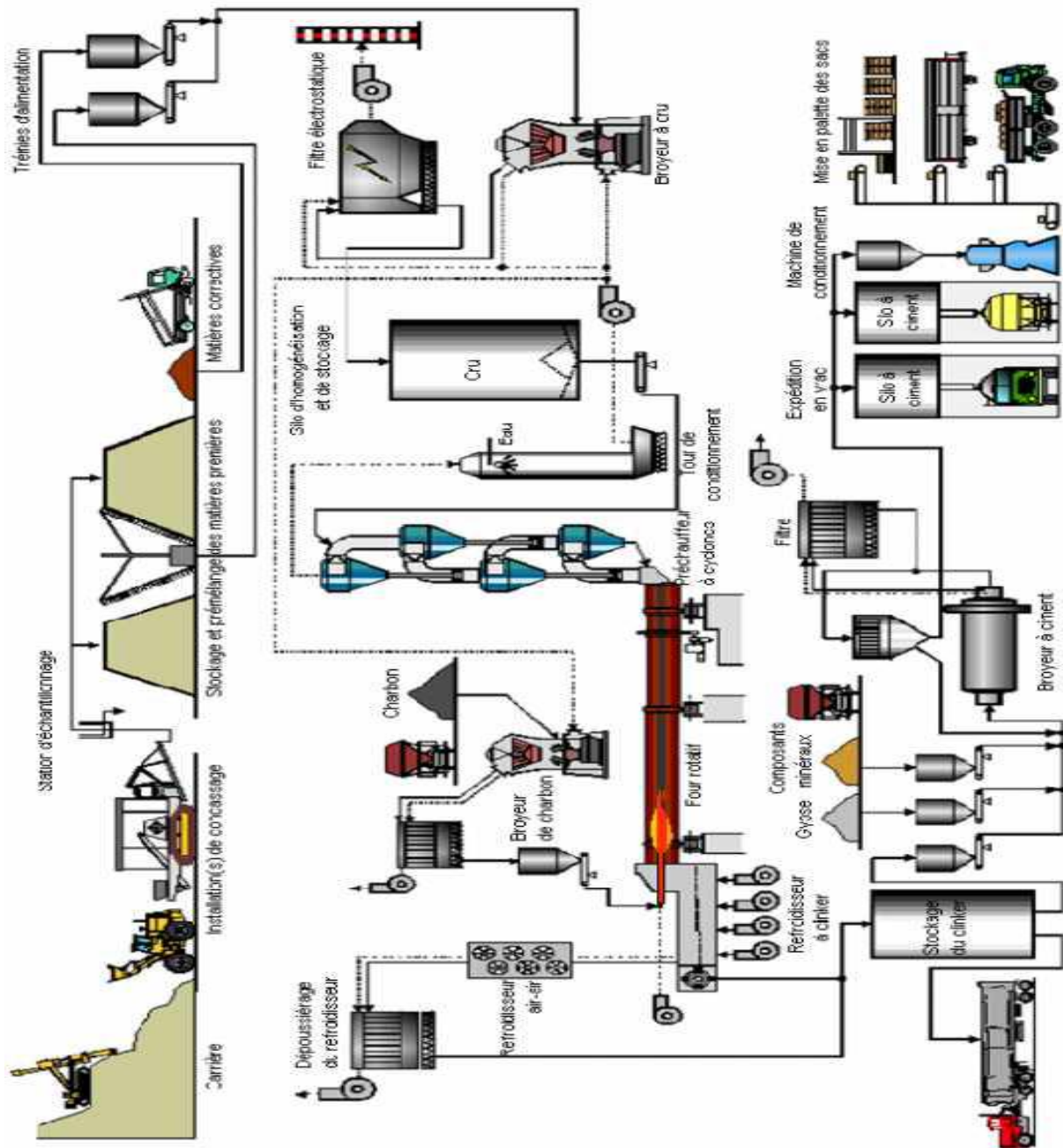


Figure I. 10. Vue d'ensemble d'un procédé de fabrication de ciment [15].

### Conclusion

On peut théoriquement fabriquer du ciment portland à partir de matériaux quelconques renfermant chaux, calcaire, l'argile, silice, alumine et fer.

La fragmentation des produits de carrière ainsi de clinker va jusqu'à une pulvérisation très fine de ces matière pour d'une part réponde aux impératifs de cuisson des cimenteries modernes toutes bases sur des procédés par voie sèches et d'autre part conférer au ciment la très grande surface spécifique requise.

# **Chapitre II**

## **Les types**

### **de concasseurs**



## Introduction

La fragmentation d'un solide s'opère sous l'action d'un champ de contrainte tridimensionnel non homogène généré par des forces en contact. Le concassage est une opération particulière dans l'ensemble des opérations de fragmentation. Il commence à un stade précoce de la réduction dimensionnelle, pour faciliter la manutention, l'homogénéisation et le stockage des matériaux.

Le concassage est une opération de réduction du tout-venant extrait de la mine ou de la carrière jusqu' à une dimension de l'ordre du centimètre. [16].

On distingue les types de concasseurs selon leur fonction dans l'usine de production de granulat ; on à l'habitude de les classer d'après leur mode d'action .La fragmentation met en œuvre trois actions : compression, impact et attrition

Ces concasseurs n'ont bien sûr pas les mêmes objectifs, ce qui signifie qu'il est important de choisir le bon concasseur pour telle tâche spécifique. La question est donc de savoir; quel sont les critères de choix ?

## II.1. Les lois fondamentales de concassage

### II.1.1. Rapport de réduction

On appelle rapport de réduction d'un concasseur la valeur du quotient qu'on obtient en divisent la dimension maximale des blocs de pierre qu'il est possible de faire rentrer, ou que l'on fait réellement rentrer dans le concasseur, par la dimension maximale des blocs qui quittent le concasseur après le concassage.

Ce rapport de réduction est une caractéristique quantitative du processus, indiquant, de combien de fois le produit concassé a été réduit.

$$I = \frac{D_{max}}{d_{max}} \dots\dots\dots (1).$$

$D_{max}$  = diamètre du plus grand morceau avant le concassage

$d_{max}$  = diamètre du plus grand morceau après le concassage

Pour les roches foisonnées, on tient compte des dimensions des ouvertures des cribles. Les fabricants de concasseurs utilisent le degré de concassage de construction calculé par :

$$I = \frac{B}{b} \dots\dots\dots (2).$$

Où

B= largeur de la trémie de réception du concasseur, mm.

b= largeur d'ouverture du concasseur, mm.

Ce degré de concassage est également calculé en fonction des dimensions moyennes des morceaux avant et après le concassage :

$$I = \frac{D \text{ moy}}{d \text{ moy}} \dots\dots\dots (3)$$

Cependant, dans l'industrie on utilise plutôt les D80 et d80 pour caractériser une granulométrie donnée (diamètre de l'ouverture à travers lequel passent 80% de matériaux avant et après le concassage). [16].

## II.2. Quantification des phénomènes de la fragmentation

Plusieurs travaux théoriques ont été réalisés dans le but de quantifier le phénomène de fragmentation, ils recouvrent les aspects énergétique et morphologique du matériau d'un côté, et les transformations ayant lieu dans l'appareil de fragmentation d'un autre côté. Trois théories ont été émises dans ce sens, reliant l'énergie E consommée par le matériau et la dimension D de fragmentation de ce matériau. Ces trois hypothèses n'ont pas été prouvées rigoureusement, car il est difficile de connaître l'énergie réelle absorbée par les particules lors de leur fragmentation, cependant on ne peut que connaître l'énergie consommée par l'appareil de fragmentation durant le processus. Les lois énergétiques les plus connues sont celles de Rittinger, Kick et Bond. [17].

### II.2.1. Loi de Rittinger :

Von Rittinger postule que l'énergie consommée E est directement proportionnelle à la surface nouvellement créée. D'où la relation :

$$E = K_r (S_2 - S_1) \dots\dots\dots (4)$$

Avec :

K<sub>r</sub> : constante qui dépend à la fois du matériau et de l'appareil de fragmentation,

S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> surfaces des particules respectivement avant et après fragmentation,

Si l'on considère l'énergie  $E$ , par unité de volume, on peut écrire :

$$E' = E/V = Kr (S_2/V - S_1/V) \dots \dots \dots (5)$$

$$E' = Kr (1/D_2 - 1/D_1) \dots \dots \dots (6)$$

Avec :

$D_1$  et  $D_2$  dimensions initiale et finale des particules,  $V$  volume du matériau.

Rittinger n'a tenu compte de la déformation du matériau avant sa fragmentation. La quantité de surface ne peut être proportionnelle au travail nécessaire fourni, que si elle est proportionnelle au produit de la contrainte appliquée par la longueur de déformation. [17].

### II.2.2. Loi de Kick

Selon Kick l'énergie de fragmentation d'un matériau homogène, est proportionnelle à la variation du volume, donc au rapport de réduction  $R = D_1/D_2$ . Cette deuxième loi de fragmentation s'écrit donc :

$$dE = - K_k dV \dots \dots \dots (7)$$

Soit

$$dE' = - K_k (dV/V) = K'_k (dK/K) \dots \dots \dots (8)$$

Et on obtient après intégration,

$$E' = K_k \ln (D_1 / D_2) = K'_k \ln R \dots \dots \dots (9)$$

Le travail nécessaire donc pour réduire une Tonne de matériau, est le même pour un rapport de réduction donné, quelle que soit la dimension initiale des particules. Cela n'est pas correct avec la pratique, le matériau à fragmenter n'est pas homogène et la fragmentation dépend de ses imperfections (fissures et dislocations). [17].

### II.2.3. Loi de Bond

Pour y remédier au manque des deux premières lois, Bond propose une troisième postulant, que l'énergie spécifique requise est inversement proportionnelle à la racine carrée de la nouvelle surface produite. Cette loi veut un compromis entre celle de Rittinger et de Kick.

$$W = W_i [\sqrt{(100/D_2)} - \sqrt{(100/D_1)}] \dots \dots \dots (10)$$

Ou

$$W = 10W_i [\sqrt{(1/D_2)} - \sqrt{(1/D_1)}] \dots \dots \dots (11)$$

Avec :

$D_1$  et  $D_2$  dimensions en micromètres des grains respectivement, avant et après fragmentation, choisies correspondant à la dimension  $D_{80}$  de la maille carrée laissant passer 80 % en masse du matériau. [17].

$W_i$  constante appelée indice énergétique (Works index), que l'on détermine expérimentalement pas des essais de fragmentation réalisés au laboratoire. [17].

#### **II.2.4. Commentaire**

Aucune formule mathématique reliant l'énergie consommée à la dimension des particules, n'a pu aboutir. Néanmoins la loi de Rittinger pourra être appliquée aux fragmentations fines et ultra fines, la loi de Kick s'applique à la fragmentation grossière, par contre la loi de Bond s'adapte aux broyages grossier et fin, d'où son utilisation pour le dimensionnement des broyeur.

#### **II.2.5. Réduction des dimensions**

La réduction de la dimension des particules n'est pas illimitée, au contraire elle atteint des stades finaux. Elle varie de 1/4 pour la fragmentation grossière et dépasse 1/100 pour la pulvérisation. Ainsi la fragmentation nécessite des stades successifs impliquant une installation de différents types d'appareils.

Pour un matériau rocheux, la réduction de la taille commence par l'abattage puis la fragmentation aux explosifs et aux engins le réduisant en gros blocs, puis les opérations se suivent jusqu'à l'obtention des particules aux diamètres souhaités :

Pré concassage, débitage ou concassage primaire : assure la réduction des gros blocs en produits de diamètre allant de 120 à 250 mm.

Le concassage proprement dit ou concassage secondaire : réduit le produit du concassage primaire aux diamètres compris entre 40 et 80 mm.

Le concassage tertiaire : assure la réduction des calibres jusqu'à des diamètres compris entre 15 et 25 mm. [17].

### **II.3. La consommation d'énergie dans un concasseur**

L'absorption d'énergie pour réduire des fragments de roche est importante.

La théorie de morcellement développée par Bond (1952) et appelée indice de travail ou indice de BOND, est encore employée aujourd'hui, bien qu'il y ait eu des avancées récentes (King et Schneider, 1995). En utilisant cette théorie, des besoins en énergie pour

ramener des fragments de dimension d'alimentation de 80% à une taille du produit de 80% peuvent être calculés.

L'équation de morcellement de Bond est la suivante :

$$W = 10 w_i \left( \frac{1}{p^{0.5}} - \frac{1}{F^{0.5}} \right) \dots \dots \dots (12).$$

W=travail d'entrée, KWh /s. tonne (1 short tonne = 0.907 tonne métrique).

Wi = indice de travail spécifique au type de matériau donnée, kWh/t (donnée expérimentale, 14 pour le minerai de fer).

P= 80% de la taille des passants du produit, micron

F=80% de la taille des passants de l'alimentation, micron

L'une des raisons de l'utilisation de la troisième théorie de morcellement de Bond est que Wi a été mesuré et rapporté pour plusieurs types de roches.

En employant ce rapport, On peut étudier le travail initial exigé pour différentes dimensions d'alimentation et les indices de travail dans les étapes du morcellement. [16].

#### **II.4. Types de concasseur et leur Principes de fonctionnement**

Dans les machines opérant par compression, les morceaux subissent une action d'écrasement soit répétée, comme c'est le cas dans les concasseurs à mâchoires ou giratoires, soit continue comme dans les concasseurs à cylindres.

Dans les machines opérant par impact, les morceaux sont frappés violemment par un organe tournant à grande vitesse et projetés contre des enclumes, de façon à induire des fractures suivant les plans de clivage naturels de la roche.

Dans les machines opérant par attrition, c'est essentiellement l'abrasion qui est mise en jeu; ces machines sont surtout utilisées pour la production de sable.

Par convention, on classe les machines de concassage en fonction de l'action prépondérante qu'elles utilisent pour la fragmentation. [18].

Les concasseurs opérant par compression:

- Concasseurs à mâchoires
- Concasseurs giratoires
- Concasseurs à cylindres
- Concasseurs à rotors dentés

Les concasseurs opérant par impact (choc) :

- Concasseurs à percussion à axe horizontal

- Concasseurs à percussion à axe vertical
- Concasseurs à cylindre de frappe

Les concasseurs opérant essentiellement par attrition :

- Broyeurs autogènes et semi-autogènes
- Trommels concasseurs en particulier. [18].

#### **II.4.1. Appareils opérant par écrasement (compression)**

##### **II.4.1.1. Concasseurs à mâchoires**

###### **a. Principe de fonctionnement et description**

Dans ces appareils, le matériau est écrasé entre deux mâchoires verticales, l'une mobile et l'autre fixe. Le passage du matériau à travers l'appareil se fait par gravité.

Mais pour résoudre certains problèmes particuliers, il existe également un autre système appelé concasseur horizontal.

Les types les plus répandus de concasseurs à mâchoires verticales sont le concasseur à simple effet (ou plutôt simple volet) et le concasseur à double effet (ou plutôt à double volet). Mais actuellement dans l'industrie minière, seuls, sont utilisés les concasseurs à simple effet qui sont moins lourds (et donc moins chers) que les concasseurs à double effet. [18]. [16].



**Figure II. 1.** Concasseur à mâchoires [14].

### - Le concasseur à simple effet (simple volet)

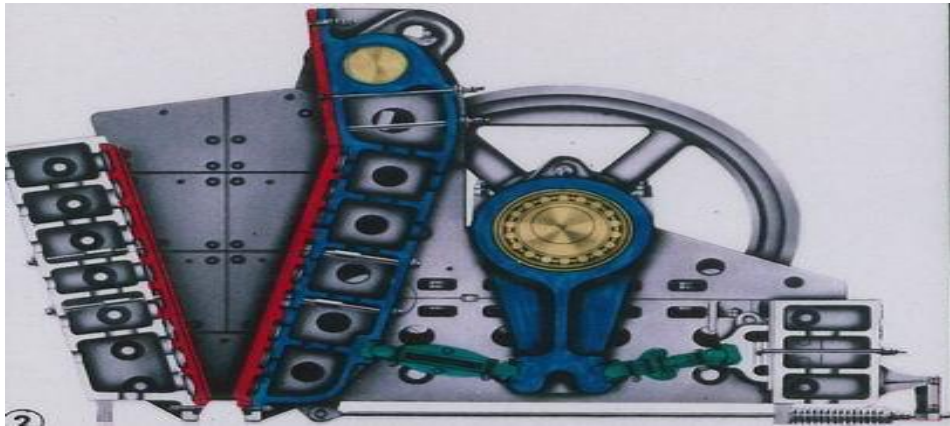
Dans un concasseur à simple effet la mâchoire mobile est liée à sa partie supérieure à un arbre excentrique, cependant que sa partie inférieure repose sur un volet articulé, qui lui confère un mouvement alternatif d'amplitude limitée, mais qui provoque une friction de la mâchoire contre les matériaux. On peut dire que la mâchoire mobile glisse de bas en haut, pendant la phase d'ouverture, puis de haut en bas, pendant la phase de fermeture, d'une quantité voisine du double de l'excentricité de l'arbre. [18].



**Figure II. 1.** Concasseur à mâchoire à simple effet. [19].

### - Le concasseur à double effet (double volet)

La mâchoire mobile est portée par un balancier qui pivote autour d'un axe fixe situé à sa partie supérieure. Dernière ce balancier, une bielle est animée à sa partie supérieure d'un mouvement circulaire uniforme par un arbre excentrique à quatre paliers. Un système à deux volets entre les parties inférieures du balancier et de la bielle, d'une part, et bielle et bâti, d'autre part, permet de transformer le mouvement de la bielle en un mouvement alternatif périodique du bas du balancier. [18].



**Figure II. 2.**concasseur à mâchoire à double effet. [19].

**Remarque :** ce type de concasseurs à cause de leur prix, ne sont actuellement utilisées que pour la fragmentation des matériaux très abrasifs comme les ferro-alliages, [19].

### **b. Utilisations et caractéristiques des concasseurs à mâchoires**

Les appareils à mâchoires sont essentiellement utilisés en concasseurs primaires dans les carrières de roches massives et dures ou dans les mines, soit en installations fixes, soit en installations mobiles et semi mobiles. Dans tous les cas, ils doivent être alimentés au moyen d'une trémie, d'un distributeur et éventuellement d'un crible pour court-circuiter les produits dont la dimension est inférieure au réglage. [18].

#### **II.4.1.2. Concasseurs giratoires**

Il existe deux familles distinctes de concasseurs giratoires :

Les appareils à tête montée sur arbre guidé et porté et les appareils dits “ A tête en porte à faux “. [18].

##### **a. Principe de fonctionnement et description :**

Les concasseurs giratoires représentent les appareils les plus répandus dans les diverses étapes de préparation des minerais et des matériaux. [18].





**Figure II. 3.** Concasseur giratoire. [20].

#### **- Les appareils à tête montée sur arbre guidé**

Ces appareils sont utilisés dans toutes les applications primaires, mais existent aussi en applications secondaires .souvent préféré des appareils dits “à tête en porte à faux “. [18].

#### **- Les appareils dits « à tête en porte à faux »**

Ils sont utilisés à partir du stage de concassage secondaire et dans les applications tertiaires.

On étudiera chacune de ces machines en fonction de leurs applications :

- Concasseurs giratoires primaires ;
- Concasseurs giratoires secondaires ;
- Concasseurs giratoires tertiaires ;
- Concasseurs giratoires pour production de sable ; [18].

#### **b. Concasseurs giratoires primaires :**

Ils sont tous à arbre guidé et porté. L’arbre est guidé en tête, dans un étrier, au niveau de l’intersection des axes de l’arbre et du bâti de la machine, et porté en pied par un vérin permettant le réglage et la compensation de l’usure. L’entraînement se fait en pied par l’excentrique monté le plus souvent sur bague bronze, et parfois sur roulement.

Le mouvement y est transmis directement par l’intermédiaire d’un couple d’engrenages coniques formant à la fois réduction et renvoi d’angle (ou anciennement par poulie à axe vertical)

La chambre de broyage, largement ouverte, a pour bissectrice une génératrice quasi-verticale. L’évacuation des matériaux concassés s’effectue en sortie inférieure par décharge annulaire (ou par deux couloirs si entraînement direct par poulie à axe vertical).

Pour les anciens appareils à tête suspendue, le réglage était réalisé par un écrou en partie supérieur de l'arbre. L'arbre est supporté par un vérin qui permet un réglage quasi-instantané.

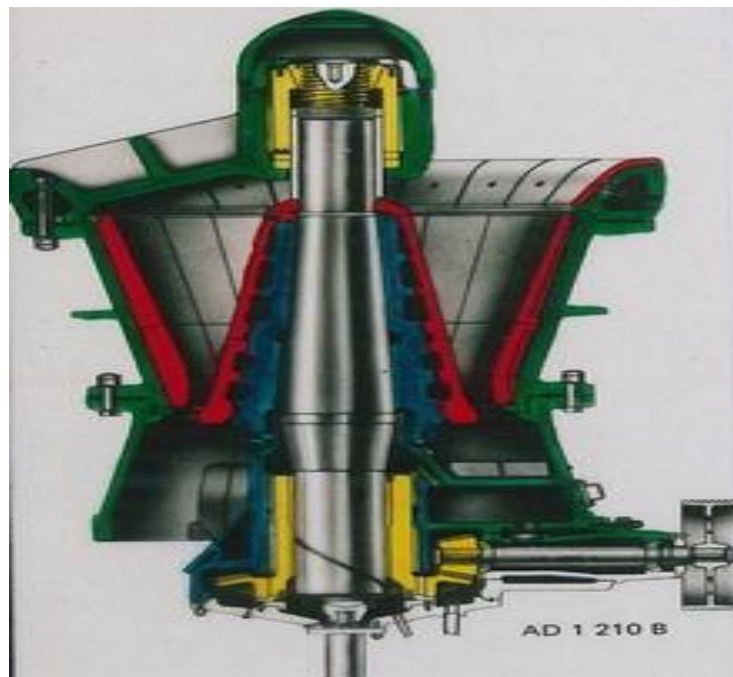
Les facteurs déterminant pour la production et le rendement des concasseurs sont, bien évidemment, le choix de la dimension, suivi de ;

- La vitesse de rotation ;
- L'angle de prise des matériaux entre les pièces bruyantes qui ne doit pas dépasser 280 sous peine de voir les blocs sauter dans la cuve de broyage. [16].

### 1. Débit des concasseurs giratoires primaires

On caractérise habituellement les concasseurs giratoires primaires par la dimension radiale des ouvertures d'admission, exprimée en pouces, suivie du diamètre de la mâchoire mobile à sa partie inférieure, exprimée également en pouces. En effet, ce sont les deux chiffres caractérisant le mieux les possibilités de l'appareil, puisque le premier conditionne la dimension des blocs à l'alimentation et le second conditionne le débit dont l'appareil est capable pour un réglage donné.

Le débit des concasseurs est, bien évidemment fonction de la dimension, et ensuite de la vitesse de rotation et de l'excentricité de l'arbre.



**Figure II. 4.** Concasseur giratoire primaire à tête guidée et portée. [19].

### c. Les concasseurs giratoires secondaires

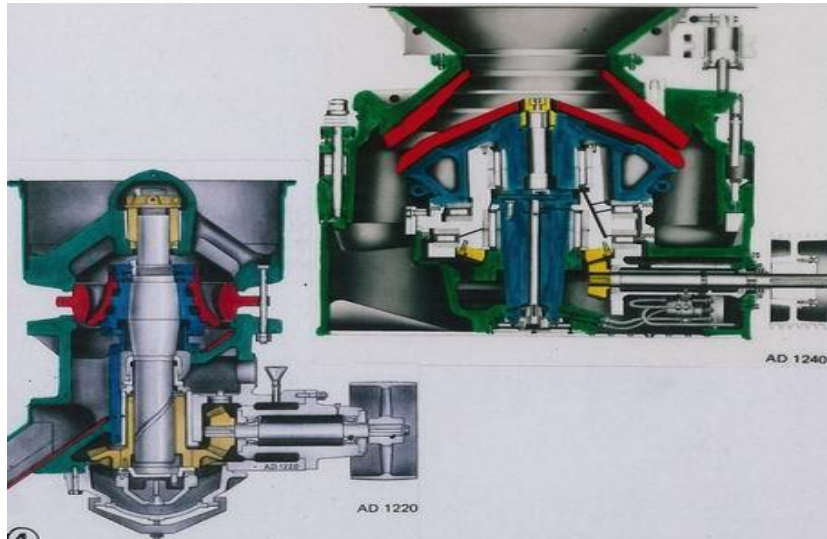
Ce sont des appareils destinés à reprendre les matériaux pré-concassés à l'étage primaire afin de les ramener à une dimension admissible pour les appareils, La plupart du temps, ils ne sont pas utilisés pour fabriquer des matériaux fins, sauf les ballasts.

Le concassage secondaire assure un grand rapport de réduction 4 à 5 les contraintes suivent les mêmes critères comme le concasseur primaire tel que :

- Admission et dégagement des produits à concasser très libre
- Angle de pincement dans la chambre de broyage déterminé à la limite de la préhension des matériaux à traiter.

Les concasseurs giratoires secondaires, ce sont des appareils "à tête sur arbre en porte à faux" ce dernière système, présente plusieurs avantages :

- Maintien d'un circuit fermé ;
- Retour rapide au réglage établi de la mâchoire ;
- Raideur des ressorts oléopneumatiques plus faible que les traditionnels ressorts mécaniques. [18].



**Figure II. 5.** Les concasseurs giratoires secondaires. [19].

### d. Les concasseurs giratoires tertiaires

Ils ne diffèrent des concasseurs secondaires que par la géométrie de la chambre de concassage.

Il s'agit donc de machine déterminante dans la chaîne de production de granula routier ou de béton, qui nécessite par ailleurs une qualité intrinsèque de grande dureté et une grande résistance à l'abrasion.

Les efforts des différents constructeurs, au cours des dernières décennies, ont porté sur la mise en évidence et la bonne application des conditions idéales d'exploitation, afin d'améliorer :

- Le coefficient de réduction ;
- Le coefficient d'aplatissement ;
- Le coût des pièces d'usure ramené à la tonne des produits finis ;
- Le rapport puissance absorbée/tonnage produit.

Toutes ces conditions sont déterminées par :

- La forme de la chambre de concassage ;
- La vitesse d'excitation de la tête ;
- L'inclinaison de la tête par rapport au bol.

On recherchera dans les concasseurs giratoires tertiaires, des chambres très faiblement décroissantes en volume, pour assurer une bonne compacité des produits en cours de concassage.

Une qualité régulière des produits est assurée par un réglage automatique continu de l'ouverture de la chambre de concassage. Ainsi tous les appareils tertiaires bénéficient du même développement d'assistance hydraulique décret pour les concasseurs secondaires.

Le plus souvent, ces asservissements, hydrauliques sont pilotés par automate programmable asservi à :

- La puissance absorbée ;
- Le niveau des matériaux dans la cuve de réception ;
- Le débit de produit

Après étalonnage, il devient facile, à l'aide d'un mini-calculateur, d'assurer une maîtrise de la courbe granulométrique, au fur et à mesure de l'usure des pièces. [18].

### **II.4.1.3 .Concasseurs à rotors dentés**

#### **a. Introduction**

Les Concasseurs à rotors dentés sont des appareils à double (ou triple) rotor munis de divers organes coupants, sont utilisés pour des matériaux tendres ou collants.



**Figure II. 6.** Concasseurs à rotors dentés. [20].

Depuis une vingtaine d'années ce concept du double rotor a été repensé et développé par la société britannique MMD (Mining Machinery Development). Il en résulté le développement d'un type un peu particulier de concasseur (pour le concassage grossier et moyen principalement) compacts, de profil bas, facilement intégrables dans les installations mobiles, capables de très gros débits et convenant, en particulier, à des matériaux humides et collants. [16]. [18].



**Figure II. 7.** Concasseur MMD série 500. [21].

### **b. Principe et description**

Le principe de base repose sur le fait que la résistance à la compression d'une roche est de 8 à 10 fois plus importante que sa résistance à la tension.

Le système MMD exploite donc la faiblesse inhérente de la roche au cisailage, utilise les plans de fracture naturels pour fragmenter les matériaux à une taille prédéterminée.

Pour exécuter leur action de concassage, les concasseurs MMD utilisent de grandes dents implantées sur 2 rotors de diamètre relativement faible tournant en sens inverse qui

effectuent la rupture en happant et en fragmentant le matériau lorsqu'il passe entre elles; la taille, le nombre et la forme des dents déterminent les dimensions du produit final. L'espace présent entre ces grandes dents permet aux matériaux les plus fins de passer à travers la machine sans autre dégradation, comme dans une opération de scalpage. Les blocs par contre sont pris et broyés par les dents en rotation.

Des blocs de dimensions importantes peuvent être admis ; soit en gros 500 à 1500 mm. Donc ce système de concassage permet une hauteur réduite des appareils et des débits particulièrement élevés.

Ces machines pour les plus gros modèles, peuvent accepter de forts tonnages et de gros blocs (jusqu'à 2 m). La série 1500 peut débiter jusqu' à 10 000 t/h, fait moins de 2 m de haut.

Dans les mines de fond, où l'espace est réduit, les dimensions du matériel MMD présentent donc un avantage particulier.

Les concasseurs MMD peuvent facilement être intégrés dans des installations mobiles ou semi-mobiles de concassage.

Les concasseurs de type MMD peuvent être utilisés en concassage primaire, secondaire et même tertiaire (réduction jusqu'à 25 mm).

Ces machines pour les plus gros modèles, peuvent accepter de forts tonnages et de gros blocs (jusqu'à 2 m).

Les concasseurs MMD ayant, par rapport aux concasseurs classiques, de faible dimension pour le même débit, présentent un rapport taille/débit plus petit, de même le rapport poids/débit est de l'ordre de la moitié de celui d'un concasseur classique.

Ces caractéristiques permettent de monter aisément ces machines sur roues ou chenilles;

La vitesse réduite et les grandes dents facilitent le traitement des matériaux humides et collants. [16]. [18].

## **II.4.2. Appareils opérant par choc**

### **II.4.2.1. Concasseurs à percussion :**

#### **a. Généralités:**

Le principe général de la plupart des appareils opérant par chocs est simple: un rotor tournant à grande vitesse et portant un certain nombre de pièces de choc (percuteurs) fixes ou articulées lance le matériau sur des plaques dites de choc ou enclumes ou sur une couche du même matériau.

Dans les concasseurs à percussion, il faut que la vitesse d'impact soit au moins égale à 20 m/s pour provoquer la rupture du matériau. Pratiquement, la vitesse tangentielle des percuteurs est souvent nettement plus élevée. Ces machines fonctionnent donc sur le principe de la rupture des matériaux au choc, de manière quasi instantanée, par opposition à la rupture par écrasement. [18].

### **b. Principe de fonctionnement**

Le fonctionnement de ces concasseurs se caractérise ainsi par rapport aux concasseurs opérant par écrasement:

- La courbe granulométrique des produits obtenus est beaucoup plus riche en éléments fins;
- Les produits sont sensiblement plus cubiques; le coefficient de réduction est élevé, surtout si l'on traite des matériaux fragiles;
- La consommation d'énergie est faible eu égard au rapport de réduction et au débit obtenu;
- Les chocs sont tels que le procédé n'est pas utilisable industriellement pour des matériaux trop durs. Les effets du frottement sont si intenses que les matériaux un peu abrasifs provoquent des coûts d'usure absolument prohibitifs ; cette usure pourra être contenue dans la mesure où l'architecture du concasseur privilégiera les chocs normaux, mais à partir d'un certain degré d'usure inévitable, on générera des chocs tangentiels qui la précipiteront; on y a remédié dans une certaine mesure (appareils verticaux) en remplaçant les enclumes métalliques par une couche de matériaux, mais au détriment d'autres caractéristiques de ces appareils.

Ces machines sont divisées en deux types:

- Rotor à axe horizontal,
- Rotor à axe vertical.

Seules celles du premier type effectuent du concassage primaire, car généralement la dimension maximum admissible à l'entrée ne peut dépasser 50mm dans le cas des appareils à axe vertical. [18].

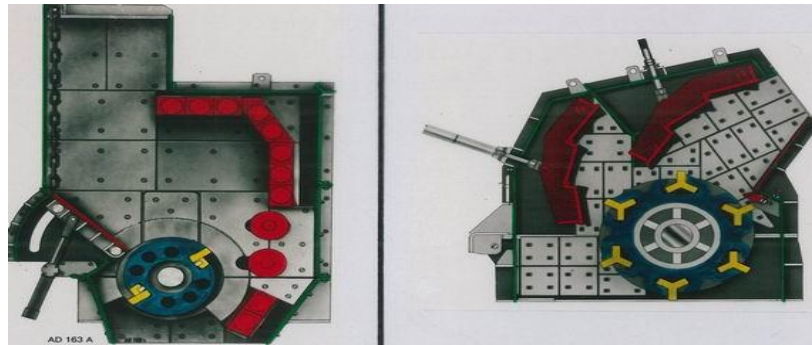
#### **II.4.2.2. Concasseurs à percussion à axe horizontal**

Cette famille est elle-même divisée en deux groupes :

Les appareils à percuteurs rigides et ceux qui ont des percuteurs articulés.

### a. Concasseurs à percuteurs rigides

Ils sont constitués d'un rotor cylindrique à vitesse variable muni de percuteurs et d'un bâti avec des plaques de choc. Constituant un, deux ou trois écrans réglables en position, en fonction du nombre d'étages de concassage recherché et du coefficient de réduction. Tous les paramètres de ces appareils sont réglables à distance, permettant ainsi leur intégration dans un ensemble automatisé. Ils ne possèdent pas de grille de sortie. [18].



**Figure II. 8.** Principe d'un concasseur à percuteurs rigides. [19].

Caractéristiques des concasseurs à percuteurs rigides :

- Le nombre d'écrans est généralement de 2. Cela permet de tirer partie de la machine en mettant deux étages de concassage, quelques machines sont de trois écrans pour augmenter encore le coefficient de réduction.

- Il est possible de régler la machine en agissant sur les écartements des écrans. Cela permet de "translater" la courbe granulométrique vers les dimensions plus importantes.

- Il existe un deuxième paramètre sur lequel il est possible d'intervenir, la vitesse de rotation du rotor. Il s'agit d'un point très important. En effet, la vitesse de percussion. Qui peut varier de 25 à 55 m/s par exemple en position secondaire ou tertiaire. A une influence directe sur la composition granulométrique. C'est à dire pouvoir faire varier la production granulométrique intermédiaire en fonction du marché. La courbe granulométrique n'est pas donc translatée (déplacement parallèle ou par affinité). [18].

### b. Concasseurs à percuteurs articulés

Le principe est le même que le concasseur à percussion à percuteurs rigides, sauf que la chambre de broyage est ouverte à la partie inférieure. L'avantage est l'absence de bourrage. L'inconvénient étant le manque de contrôle granulométrique des matériaux sortant.

Lorsqu'il est nécessaire d'effectuer un contrôle granulométrique des matériaux.



Par exemple dans le cas de la production de produits fins, le fabricant met une grille galbée à la partie inférieure. Le risque de bourrage apparaît et est atténué par le remplacement des percuteurs rigides par des percuteurs articulés. [18]. [19].

### **c. Caractéristiques et Utilisation des concasseurs à percuteurs articulés**

Ces machines comportent généralement un rotor. il est possible d'adapter le diamètre du rotor, le nombre de marteaux et l'écartement des grilles aux matériaux et à l'application visée.

Ces concasseurs ont été très employés en tertiaire, généralement après des concasseurs à percussion. Ces machines restent extrêmement sensibles à l'abrasivité des matériaux.

Quand il s'agit de broyer des matériaux tendres et non colmatant, il est tenant de les utiliser en position primaire. Il s'agit alors, dans la majorité des cas, du seul étage de réduction, dans ce cas, l'appareil comporte deux rotors.

Dans tous les cas, l'usure demeure un handicap. Ce phénomène se produit d'une part le, lancé du matériau, d'autre part à son impact. Les techniciens ont cherché à réduire, sinon à éliminer, le frottement au lancé. La solution consiste à réduire l'impact. [16]. [18].

### **d. Avantages et inconvénients des concasseurs à percussion à axe horizontal**

Par leur conception, les appareils à chocs primaires sont des appareils permettant de très gros quotients de réduction. Surtout dans la mesure où l'on traite des matériaux fragiles. Ces appareils permettent en particulier de produire un pourcentage important d'éléments fins. En revanche, leur emploi est absolument à proscrire lorsque :

- On a affaire à des matériaux tant soit peu abrasifs (plus de 5 à 8% du quartz ou de tout autre minéral dur) ;
- Le matériau à traiter est trop peu fragile aux chocs (calcaire tendre, craie, etc.);
- On ne veut pas produire d'éléments fins au poste primaire afin de pouvoir, par un criblage ultérieur, éliminer les matériaux sales avant l'étage secondaire.

D'autre part ces appareils réclament des puissances installées très importantes pour faire face au passage des gros blocs.

Le contrôle de la dimension des blocs à l'entrée doit être rigoureux.

En effet, il n'est pas possible d'aller extraire un bloc qui resterait coincé dans le gueulard d'admission sans ouvrir l'appareil, après l'avoir arrêté. Il ne faut pas oublier qu'avec son inertie, un tel appareil met souvent plus d'une demi-heure à s'arrêter à vide.

Du fait du grand coefficient de réduction et de la production directe d'éléments fins, de nombreux concasseurs à percussion ont été installés en cimenterie avec cependant certains déboires dus, soit à l'usure importante, soit au mauvais rendement dans le cas de matériaux trop tenaces ou trop tendres.

Les concasseurs à marteaux secondaires sont couramment utilisés dans les carrières destinés à la préparation de granulats calcaires car. Outre la production importante de sable de qualité, ils permettent d'obtenir des gravillons de cubicité inégalable.

La granularité des matériaux produits par ces appareils varie fortement avec la vitesse de rotor. [18]. [21].

#### II.4.2.3. Concasseurs à percussion à axe vertical



Figure II. 9. Concasseur à percussion à axe vertical. [20].

Il existe trois types de concasseurs à percussion à axe vertical.

##### a. Concasseur à impact unique

Les grains à projeter sont placés près du centre d'un plateau comportant des canaux allant du centre à la périphérie. Sous l'effet de la force centrifuge, les grains se déplacent vers la périphérie du plateau et le quittent pour amorcer une trajectoire aérienne et venir heurter soit des plaques de blindage, soit un talus de produit.

Au début de la trajectoire aérienne, la vitesse des grains est la composante de la vitesse relative des grains par rapport au plateau et de la vitesse périphérique du plateau au point où le grain quitte ce dernier.

Deux types de machines se présentent sur le marché :

- Dans l'un, on s'attaque essentiellement aux problèmes d'usure en limitant les contacts du matériau avec les organes de protection de la machine.

- Dans l'autre, on cherche au contraire à tirer le meilleur parti possible de ses qualités. [18].

### **b. Machines à double impact indirect**

Ces machines sont équipées de deux rotors situés l'un au-dessus de l'autre. Et montés sur le même arbre. Après un premier impact, le matériau est guidé vers le deuxième rotor pour être à nouveau accéléré en vue d'un deuxième impact, créant un concasseur à double impact indirect. Le premier rotor est normalement équipé d'un anneau blindé, tandis que le seconde peut être équipé soit d'un autre anneau blindé, soit d'un autogène. [18].

### **c. La machine synchro concasseur**

Il se distingue à impact classique en ce que le trajet des particules est totalement déterministe, évitent à la fois les perturbations à l'impact et les interférences entre les particules. Les particules sont d'abord guidées le long des pales d'un distributeur rotatif et projetées par les forces centrifuge. Avec une vitesse de décollage la plus faible possible. Sur une enclume tournant dans le même sens et positionnée transversalement sur leur parcours pour augmenter leur énergie cinétique grâce à l'accélération qui leur a communiquée. Après cet impact en Co-rotation, les particules rebondissent avec une vitesse plus élevée que leur vitesse d'impact. Cette vitesse de rebond permet un impact secondaire soit contre un anneau blindé (synchro Pactor), soit contre un anneau autogène (syncro CombiPactor), la collision s'effectue d'une façon totalement déterministe ; c.-à-d. Que les particules entrent en collision sans perturbation, essentiellement au même endroit, à la même vitesse d'impact et sous le même angle d'impact. [18].

#### **II.4.2.4. Commentaires généraux sur les machines opérant par percussion**

Le concassage à percussion constitue un progrès par rapport au concassage par écrasement : il permet le plus souvent des coefficients de réduction presque deux fois supérieurs, et l'obtention de matériaux riches en éléments fins, qui sont souvent utilisables. De plus, la forme des produits est nettement supérieure.

Ces caractéristiques font que le concassage par percussion suscite à l'heure actuelle un intérêt considérable auprès des carrières.

Ces qualités sont malheureusement stérilisées par leur incompatibilité avec les produits un peu durs, comme les matériaux dits nobles pour la construction des routes ou la

fabrication de ballast : les appareils où “caisses à pierres“ remplacent les pièces d’usure perdent en effet une partie des avantages, que le principe des appareils à percussion leur confèrent. [18].

#### II.4.2. Concasseurs primaires mobiles :

Dans les exploitations à ciel ouvert, il est souvent intéressant de rendre les concasseurs primaires mobiles pour les rapprocher des fronts d'extraction et diminuer les distances de transport par tombereau. Ceci s'applique surtout au minerai qui doit être concassé de toute façon, mais peut également être utilisé pour le stérile et l'on peut ainsi réduire sensiblement les dépenses de découverte en remplaçant un transport par tombereau par un transport par bandes.

Pratiquement, tous les types de concasseurs primaires peuvent être rendus mobiles.

Les concasseurs mobiles peuvent être soit montés sur patins fixes et tirés d'un point à un autre par un engin, soit montés sur châssis équipés de chenilles ou de pneus (figure 14).



**Figure II.11.** Concasseur situé au niveau de la carrière [12].

Le concasseur suit l'avancement des fronts et est alimenté par une pelle ou une chargeuse sur pneus.

Après concassage, le produit est transporté par bandes ripables permettant en fait de suivre les déplacements du concasseur en fonction de l'avancement du front de taille. Cette solution est adoptée lorsque le coût du transport par camion n'est plus compétitif (une étude économique globale dans chaque cas, prenant en compte les coûts d'investissement, de main d'œuvre, d'entretien d'énergie, d'arrêt de production mais aussi les coûts qualité est nécessaire).

## II.5. Critères de choix d'un appareil ou d'une chaîne d'appareils

### II.5.1. Données de base :

Elles sont de deux sortes :

**a.** Les objectifs à atteindre :

- quantité à fragmenter,
- dimensions ou degré de fragmentation à atteindre des divers produits que l'on veut obtenir,
- sélection des divers constituants,

**b.** La nature et les propriétés de la roches (des matériaux) traités :

- Nature pétrographique,
- Abrasivité et pourcentage des constituants les plus durs.
- Résistance mécanique et fragilité
- Humidité et propreté,
- Dimension maximale des morceaux

Les appareils de fragmentation ayant la plupart du temps un coefficient de réduction relativement limité, il est rare que l'opération de concassage dans le cas d'un produit de carrière ou de mine souterraine puisse s'effectuer au moyen d'un seul appareil. En fonction de la nature de la roche et du débit à assurer. Il y aura une cascade de machines de concassage associées à des cribles permettant soit de les court-circuiter. Soit de préparer les granulométries éventuellement nécessaires pour la commercialisation (granulats) ou la libération (Pré-concentration d'un minerai). Ces étapes de réduction granulométrique sont appelées "concassage primaire, secondaire, tertiaire et Quaternaire" [16].

La granulométrie à l'entrée d'un appareil (et particulièrement la taille des plus gros blocs) et le débit qu'il doit assurer permettent de définir sa taille dans le type choisi. En général l'un de ces deux critères imposera le choix de l'appareil qui pourra être surdimensionné pour l'autre critère.

- On devra tenir compte de la charge circulante prévue, ainsi que du rendement et de la capacité d'admission du type d'appareil choisi, en fonction de l'usure moyenne des pièces bruyantes, en effet.
- dans un appareil giratoire, l'ouverture d'entrée diminue par la remontée de la noix en fonction de l'usure.

- dans un appareil à mâchoire ; la dimension des plus gros éléments produits augmente en fonction de l'usure de la denture des mâchoires.
- dans un appareil à percussion, la proportion des éléments fins du produit diminue beaucoup avec l'usure de percuteurs ou des marteaux.
- dans un appareil à cylindres dentés, la prise des blocs est beaucoup moins bonne lorsque les dents sont usées.
- Dans la détermination du schéma de concassage, il y a lieu de tenir compte.
  - Que même si un concasseur permet de réaliser un rapport de réduction élevé, il a été prouvé qu'il est plus efficace de le faire fonctionner avec un réglage moyen plutôt qu'avec le réglage qui offre le plus grand rapport de réduction.
    - De la nécessité de prévoir dès la conception du schéma de nouvelles données d'exploitation venant d'impératifs commerciaux nouveaux (par exemple une modification de la granulométrie des granulats issus du concasseur tertiaire).
    - De l'ouverture du concasseur primaire doit permettre l'admission des blocs provenant de la carrière ou de la mine.
    - Qu'en fonction de l'abrasivité de la roche, on peut opter pour un appareil à percussion, ou un appareil opérant par écrasement. [16].

## **II.5.2. Eléments du choix du concasseur primaire**

L'ouverture du concasseur primaire doit permettre l'admission des blocs provenant de la carrière ou de la mine dont la taille dépend du programme prévu pour l'abattage. En fonction de l'abrasivité de la roche, on peut opter pour un appareil à percussion, ou un appareil opérant par écrasement. [18].

### **II.5.2.1. Matériaux non abrasifs (calcaires, charbons, phosphates, bauxites)**

Le concassage par percussion peut être judicieux eu égard à l'énergie spécifique qu'il demande et aux grands coefficients de réduction qu'il permet, pouvant aller jusqu'à 10. Il est cependant générateur d'une plus grande quantité de fines. Il est surtout utilisé pour des applications où on ne désire pas obtenir de granulométries intermédiaires (cimenterie par exemple).

Il est à noter que pour des matériaux friables on pourra opter pour un concasseur à cylindres, opérant en compression. [18].

### **II.5.2.2. Matériaux abrasifs (La grande majorité des roches et des minerais)**

Le concassage par compression s'impose et la capacité de production prévue fixe en général le choix entre appareil à mâchoires et appareil giratoire.

Pour les débits inférieurs à 600 t/h, on utilise essentiellement des concasseurs à mâchoires à simple effet, lorsque la roche est très dure et très résistante. Le coefficient de réduction est au maximum de 4,5 à 5. C'est donc la dimension des plus gros blocs qui détermine le choix de l'ouverture du concasseur, donc de sa taille. Et on vérifie généralement que son débit nominal est compatible avec le débit prévu. Toutefois, En règle générale, la dimension des plus gros blocs doit être inférieure ou égale à 80 % de l'ouverture du concasseur. Il y a lieu également de tenir compte que les concasseurs à mâchoires ont tendance à laisser passer des blocs surdimensionnés par rapport à la taille recherchée.

Pour les débits compris entre 600 et 1000 t/h, le choix est plus controversé. Toutefois, on donne généralement l'avantage au concasseur à mâchoires si l'abattage a tendance à donner de gros blocs. Pour les matériaux à la fois très durs et très abrasifs, la préférence peut être donnée aux concasseurs giratoires.

Pour les débits supérieurs à 1000 t/h, seuls les concasseurs giratoires conviennent. C'est alors le débit qui en fixe la taille et on vérifie que l'ouverture est compatible avec la dimension des plus gros blocs. Il s'agit d'appareils très lourds nécessitant une grande hauteur pour leur installation. [18].

**Tableau II. 1.** Caractéristiques des appareils de fragmentation grossière (concasseurs). [17].

Appareil	Dimension maximale admise (mm)	Rapports de réduction normaux	Capacités maximale (t/h)	Energie consommée par tonne traitée
Concasseurs à mâchoires	2500	1/4 à 1/6	4000	0,4 à 2
Concasseurs giratoires primaires	1600	1/4 à 1/5	7000	0,25 à 0,75
Concasseurs giratoires secondaires	750	1/5 à 1/8	3000	0,5 à 1
Concasseurs à cônes tête standard	450	1/5 à 1/8	3000	0,75 à 1,5
Concasseurs à cônes tête courtes	175	1/4 à 1/7	1500	1,5 à 2
Concasseurs à cylindres cannelés	0,05 à 0,6 (diamètre)	1/3 à 1/4	2000	0,3 à 0,75
Concasseurs à percussion (percuteurs rigides)	2000	1/8 à 1/15	1200	0,2 à 0,6
Concasseurs à marteaux articulés	0,1 à 0,8 (diamètre)	1/10 à 1/30	1200	0,2 à 0,6
Emoteurs à fléaux et à chaînes	250	1/10 à 1/15	50	0,3 à 0,8
Trommels concasseurs	0,1 à 0,5 (diamètre)	25	400	0,1 à 0,3
Coupeuses et trancheuses	300	1/10 à 1/15	60	0,5 à 20
Déchiqueteuse	1200	1/2 à 1/10	200	0,1 à 50

### II.5.3. Cas particulier des produits humides et collants

Les appareils alimentés par simple gravité ne sont pas utilisables. On a alors le choix entre les concasseurs à cylindres qui peuvent être alors munis de peignes de décolmatage, et les concasseurs opérant par chocs munis soit d'un système de séchage à air chaud, soit d'une enclume mobile, ou encore les appareils autogènes ou semi autogènes à sec avec une circulation d'air chaud. [18].



**Conclusion**

Les objectifs à atteindre et la nature et les propriétés de la roches (des matériaux) traités est un facteur essentiel dans le choix de concasseurs préférables.

Le concassage par percussion constitue un progrès par rapport au concassage par écrasements : il permet le plus souvent des coefficients de réductions plusieurs fois supérieur et obtention de matériaux riches en élément fins qui sont souvent utilisable.

# **Chapitre III**

## **Concasseur à marteau**

**EV 250**

## Introduction

Certain cimenteries n'ont qu'un seul concasseur pour concasser la matière première: il s'agit souvent d'un concasseur à marteaux avec grille de sortie ou d'un concasseur à barres d'impact.

Les concasseurs à marteaux à double cylindre d'admission sont en fait des concasseurs secondaires, mais leur conception robuste et résistante les rend bien appropriés au concassage primaire des matières friables comme le calcaire, le gypse.... [21].

La conception et la dimension des concasseurs nets autres équipement se rapportant aux installations de concassage exigent des connaissances spéciales et de l'expérience.

Les matières premières de ciment n'ont pas la même dureté, ce qui, combiné à d'autres facteurs, détermine le mode de fragmentation préalable au broyage du concasseur.

### III.1. Station de concassage

#### III.1.1.Principes de concassage

Les quatre principes de fragmentation de la matière, ce sont

- Percussion
- Frottement
- Cisaillement
- Compression

Les concasseurs fonctionnent selon un ou plusieurs de ces principes

Voici comment ces principes sont reliés à l'économie d'usure et à la consommation d'énergie :

**Usure :**

Compression	minimale
Percussion	
Cisaillement	
Frottement	maximale

**Consommation d'énergie :**

Compression	minimale
Percussion	
Cisaillement	
Frottement	maximale

La compression est à la fois le principe qui consomme le moins d'énergie et le moins exposé à l'usure. Le choix semble donc être facile mais lorsqu'on tient compte des facteurs comme l'adhésivité, la taille des morceaux, la distribution granulométrique du produit, la complexité et le prix, l'image change. [21].

### **III.1.2.Type d'installation de concasseur**

Le concasseur est le principal équipement dans l'atelier de concassage. La configuration du département de concasseur peut être plus ou moins complexe en fonction du type et de la conception de concasseur, des conditions dès à la matière à traiter et des exigences du produit

Parmi les éventuels équipements du département de concassage, on peut citer :

- La trémie d'alimentation ;
- Le marteau de concassage (pour séparer les blocs importants dans la trémie) ;
- Le bras excavation (pour supprimer la matière collante de la trémie) ;
- Le bras preneur (pour enlever les blocs importants de la trémie) ;
- Les aliénateurs ;
- Les pré-tamiseurs ;
- Les concasseurs ;
- Les cribles de vibration ;
- Les silos intermédiaires ;
- Les courroies transporteuses ;
- Les installations des dépoussiérages ;
- Les équipements de nettoyage ;
- Les équipements pour l'entretien ;
- Les équipements pour le contrôle et la surveillance.

FLS a fait pour concevoir les concasseurs les plus simples possibles afin de répondre aux besoins les plus courants dans la production des ciments. C'est un concasseur mixte à deux cylindres d'admission.

Ainsi. On utilise le plus souvent le concasseur à marteau avec un grille des sorte le concasseur à barres d'impact et le concasseur à rouleaux, mais en utilise également l'autres types de concasseurs lorsque cela est nécessaires. [21].

## III.2. Concasseurs à marteaux FLS .type « EV 250\*300-2-S » :

### III.2.1. Théorie sur le concasseur utilisé :

Afin d'éviter un concassage compliqué en plusieurs étapes, FLS a mis au point un concasseur à marteaux : le concasseur EV qui n'exige pas de concassage primaire préalable.

Le concasseur à marteaux de type EV est spécialement conçu pour broyer des grands blocs des pierres il se destiné principalement où concassage de matières sèches mis convient également pour le broyage de granulats présentant un pourcentage relativement élevé de composants visqueux. [22].

Il réduit les morceaux de pierre de 2 m à 25 mm. Le concasseur EV utilise un rotor simple à marteaux fonctionnant à la vitesse périphérique d'environ 40 mètres par seconde.

« EV 250\*300-2-S » désigne le type de concasseur, le premier chiffre correspond au diamètre en cm du rotor à marteaux tandis le second indique sa largeur en cm. « 1 » et « 2 » indiquent le nombre de cylindres d'admission et « s » la largeur de fente de la grille de sortie. [22].

### III.2.2. Caractéristiques techniques du concasseur EV250.

Le concasseur premier à marteau de type EV 250 situé au niveau 768m, avec un débit moyen de 1540 t/h ça pour l'exploitation à long terme. [11].

**Tableau III.1.** Caractéristiques techniques du concasseur. [11].

Paramètres	Les valeurs
<b>Concasseur à marteau de type EV 250</b>	
puissance du moteur	2200 KW
Débit moyen	1540 et 1670 t/h avec 8% d'humidité
Granulométrie maximale	5% supérieur à 60 mm
Vitesse du moteur	996 tour/min
Vitesse du marteau	267 tour/min
L'ouverture nominale au fond diagonale	2m
L'ouverture maximale	3300*3628 mm

### III.2.3. Composition et fonctionnement

Le concasseur à marteaux comprend les composants principales suivent : [22].

1. Section inférieure
2. Section supérieure fixe
3. Section supérieure basculante
4. Cylindre d'admission
5. Rotor à marteaux
6. Plateau de concassage
7. Grille de sortie

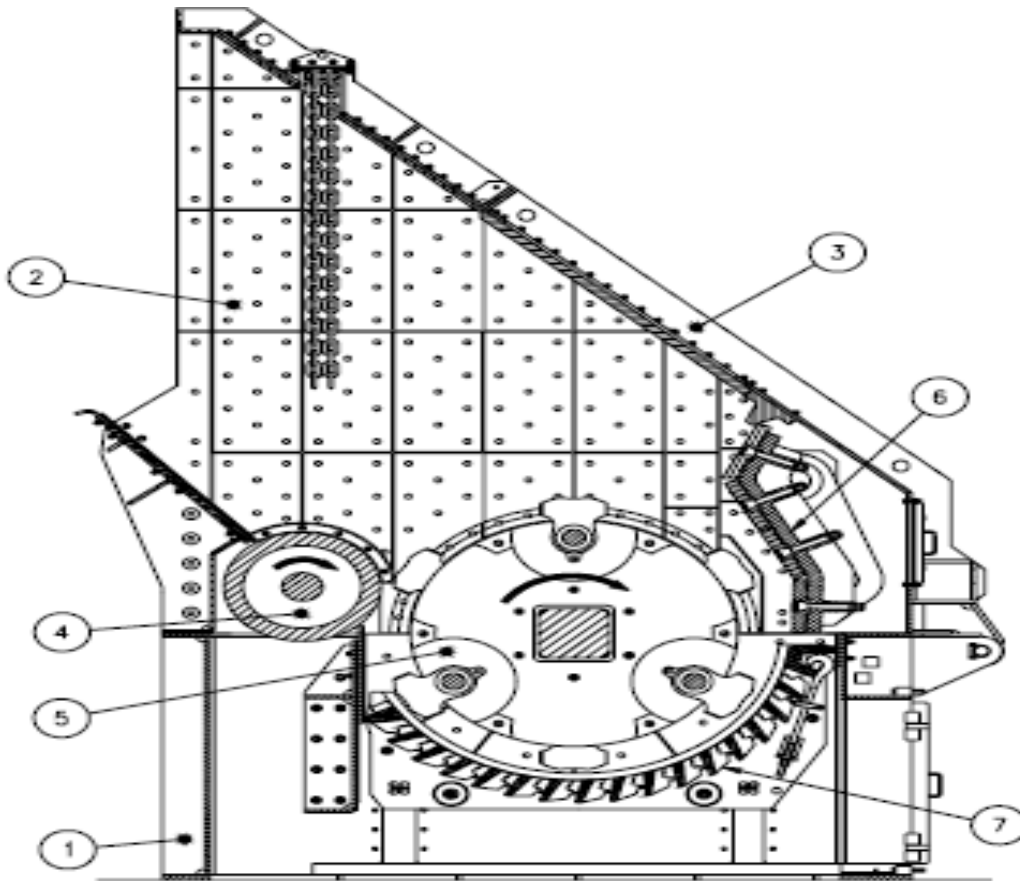
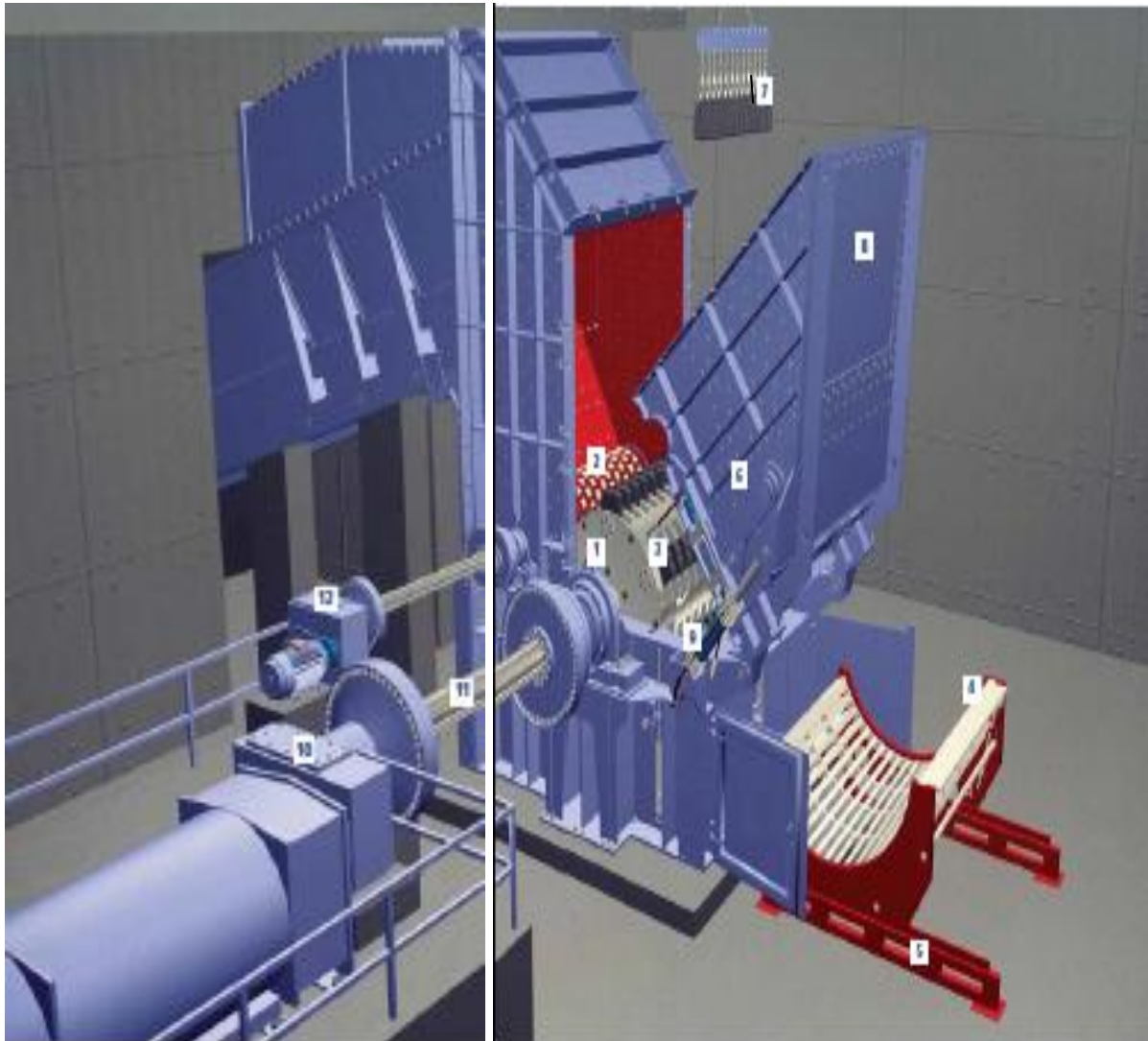


Figure III. 1. Coupe transversale de concasseur. [22].



**Figure III. 2.** Concasseur à marteaux EV 250. [24].

- |                                               |                                                               |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. Marteau rotor                              | 7. Pièces de marteaux                                         |
| 2. le cylindre d'admission                    | 8. Partie supérieure                                          |
| 3. Marteaux                                   | 9. Vérin hydraulique pour l'ouverture de la partie supérieure |
| 4. le grille de sortie                        | 10. Principale station d'entraînement                         |
| 5. Rails pour grille coulissante dans et hors | 11. Le couplage de la membrane                                |
| 6. Régler les disjoncteurs du panneau         | 12. La station d'entraînement, rouleau d'entrée               |

### III.2.3.1. Corps du concasseur

Le corps du concasseur à marteaux est une construction hélicoïdale divisée en un certain nombre de sections assemblées sur le site. Le corps est également muni de plusieurs portes d'inspection permettant d'observer d'accéder rapidement à l'intérieur du concasseur.

La matière pénètre dans la section supérieure fixe du corps via l'orifice d'admission. La moitié de la section supérieure du corps peut être basculée pour accéder à l'intérieur du concasseur. Le plateau de concassage est logé dans la section supérieure basculante.

L'intérieur des parois de la section supérieure est recouvert de plaques d'usure.

La section supérieure basculante s'ouvre à l'aide de deux cylindres hydrauliques alimentés en huile depuis une station de pompage hydrauliques et contrôlés au moyen de soupapes manuelles. Ces soupapes peuvent être verrouillées à l'aides d'un cadenas afin d'éviter toute utilisation fortuite.

La section inférieure du corps repose sur une fondation et constitue la sortie de la matière sous les cylindres d'admission et le rotor à marteaux.

La section inférieure porte le palier des cylindres d'admission et de rotor à marteaux du concasseur et forme un support pour les montants de la grille de sortie ainsi que toute la section supérieure du corps. [22].

#### **a. La table métallique**

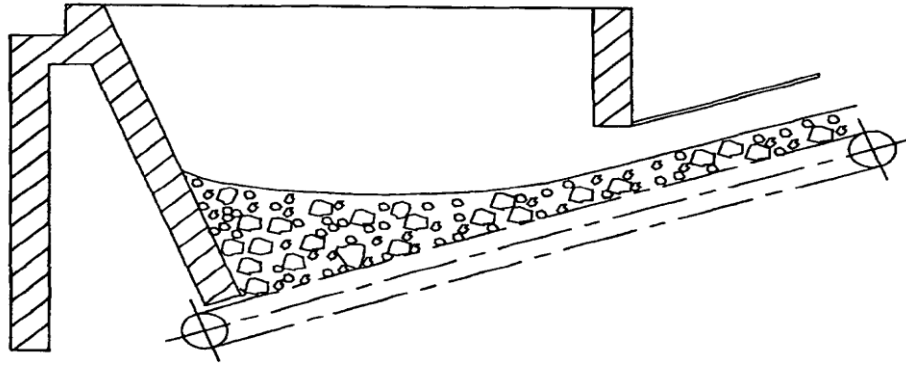
Le transporteur à tablier métallique de type AF est un alimentateur à vitesse variable

La matière provenant de la carrière est déversée directement dans une trémie hautement armée au-dessus du tablier métallique. A partir de cet endroit, la matière est dirigée vers la machine en aval qui, généralement, est un concasseur par les palettes métalliques, celles-ci sont, de part et d'autre, entraînées par un chaîne qui, à son tour, est entraînée par un arbre de commande muni d deux roues dentées. Ces roues sont montrées sur des blocs en caoutchouc qui absorbent les chocs des blocs déversées. [23].

L'arbre de commande est actionné à chaque extrémité par un réducteur planétaire muni d'un moteur synchrone. Les moteurs synchrones permettent de régler la vitesse de l'alimentateur et donc la quantité de matière souhaitée (t/h) qui doit traverser se dernier. En outre, ils permettent temporairement de réduire la vitesse de l'alimentateur si le concasseur en aval est lourdement chargé par de gros blocs isolés de matière. Pour éviter une puissance excessive du moteur le rendement des moteurs peut être 75 % par rapport à leur puissance appliquée. [23].

En ajustant la vitesse de l'alimentation, est possible de doser la quantité de matière à convoyer vers les machines en aval. [23].





**Figure III. 3.** Table métallique. [23].

Une alimentation désignée par << AF2800\*12 >> possède ainsi des palettes métalliques d'une largeur de 2800 mm et mesure 12 m de long. Ces palettes peuvent perdre un peu de matière, cette perte de matière est recueillie par des grattoirs des chaînes.

Le tablier métallique de l'alimentation est entraîné par l'arbre de commande via le réducteur, de deux moteurs synchrones. [23].

### **1. Feux de circulation**

Dans le cas de certains alimentateurs, il convient de monter sur la trémie d'alimentation une lampe rouge et verte. Cette lampe servira aux chauffeurs de camion qui déchargent la matière dans la trémie. Elle doit être suspendue de façon à pouvoir être aperçue par les chauffeurs dans leur rétroviseur au moment de décharger. [23].

### **2. Matière crues**

Les variations de taille et d'humidité de la matière alimente influent considérablement sur la capacité d'étirement de tablier métallique. la taille maximale autorisée de la matière convoyée sur le tablier est indiquée dans le tableau. III. 2. C'est la taille maximale autorisée des machines (concasseur EV 250) en aval. [23].

**Tableau .III. 2.** les tailles maximales autorisées de la matière convoyée. [23].

Taille maximale autorisée de la matière convoyée par les alimentateurs AF de largeur différente								
AF (mm)	1000	1300	1600	1800	2000	2300	2500	2800
Max (mm)	400	550	800	1000	1250	1500	1600	1800

Les tailles maximales autorisées exprimées en mm mesurées à partir des coins les plus éloignés de chaque bloc de matière. [23].

### **b. Cylindre d'admission**

Son rôle est amène la matière vers le rotor à marteaux et, d'autre part, amortit la chute des grosses pierres sur le rotor.

Les blocs en caoutchouc absorbent les chocs provenant des grosses pierres contenues dans la matière alimentée.

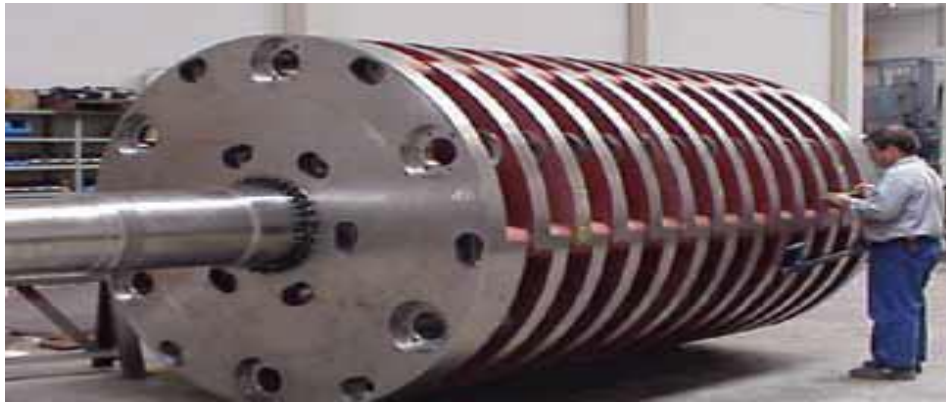
S'il est alimenté par un alimentateur-vibreur, le concasseur comprend généralement deux cylindres d'admission. Le cas échéant, l'un des cylindres entraîne l'autre à l'aide d'une transmission à chaîne. L'orifice d'admission est conçu différemment et adapté à l'alimentateur-vibreur. [22].

### **c. Rotor à marteaux**

Le rotor à marteaux se compose de l'arbre, qui porte un certain nombre de section, des boulons et des marteaux.

Les boulons à marteaux sont des boulons lisses qui, à hauteur des sections à marteaux extérieures, sont fixés à l'aide de plaques d'arrêt. Les marteaux sont montés sur les boulons entre les sections dont l'évidement permet au marteau de tourner en toute liberté.

Les marteaux sont montés de telle sorte que deux marteaux successifs sont respectivement décalés d'une largeur de marteau. Ainsi, la largeur du rotor est totalement couverte de marteaux. [22].



**Figure III. 4.** Rotor à marteaux. [24].

#### **d. Plateau de concassage**

Le dessus du plateau de concassage est suspendu sur un tourillon traversant qui lui permet de pivoter. [22].

#### **e. Grille de sortie**

La grille de sortie se compose principalement des montants et des barreaux. Elle est maintenue en place par rapport au corps au moyen de boulons situés aux quatre coins

La grille de sortie situés dans le cadre d'assise comprend une série de jeux de plaques-supports avec des barres de grille parallèles ajustées entre elles, les pièces d'espacement entre les barres déterminent la largeur de la fente et ainsi la granulométrie du produit fini. la grille de sortie peut être démontée comme un seul élément. [22].



**Figure III. 5.** Grille de sortie. [21].

En peut également compenser leur usure en rapprochant du rotor tant la grille de sortie que le plaque-mâchoire. [22].

### **III.2.3.2. Fonctionnement**

La matière introduite dans le concasseur à marteaux commence par tomber sur le cylindre d'admission qui, d'une part, amène la matière vers le rotor à marteaux et, d'autre part, amortit la chute des grosses pierres sur le rotor.

Le concassage par percussion a lieu dans la zone où la matière quitte le cylindre d'admission pour être directement frappés par les marteaux qui viennent broyer les pierres par le bas. Pour le reste des opérations de concassage, les marteaux emportent les pierres vers la section supérieure du corps où elles sont broyées tandis qu'elles sont percutées les unes contre les autres. Il est procédé au concassage final lorsque les pierres viennent porter sur le plateau de concassage où elles sont frappées par les marteaux un certain nombre de fois. Lorsque les pierres sont suffisamment broyées pour pouvoir passer dans la zone de la grille, la finition du concassage peut enfin avoir lieu pour donner aux morceaux de pierres leur taille de produits finis en les broyant entre les barreaux de la grille à l'aide des marteaux.

Vu la vitesse de rotation élevée des marteaux, la finesse de la matière varie de l'état de poussières à celui de petits morceaux dont la taille maximale correspond à la fente de la grille de sortie. Néanmoins, seul un pourcentage relativement bas de morceaux présente des dimensions supérieures aux  $2/3$  de la largeur de la fente.

Le concasseur à marteaux est équipé d'un contrôleur de vitesse qui explore l'écrou de palier de l'arbre du rotor. Le moteur du rotor s'arrête si la vitesse de rotation est réduite à un niveau inférieur à celui autorisé. [22].

### **III.1.4. Utilisation**

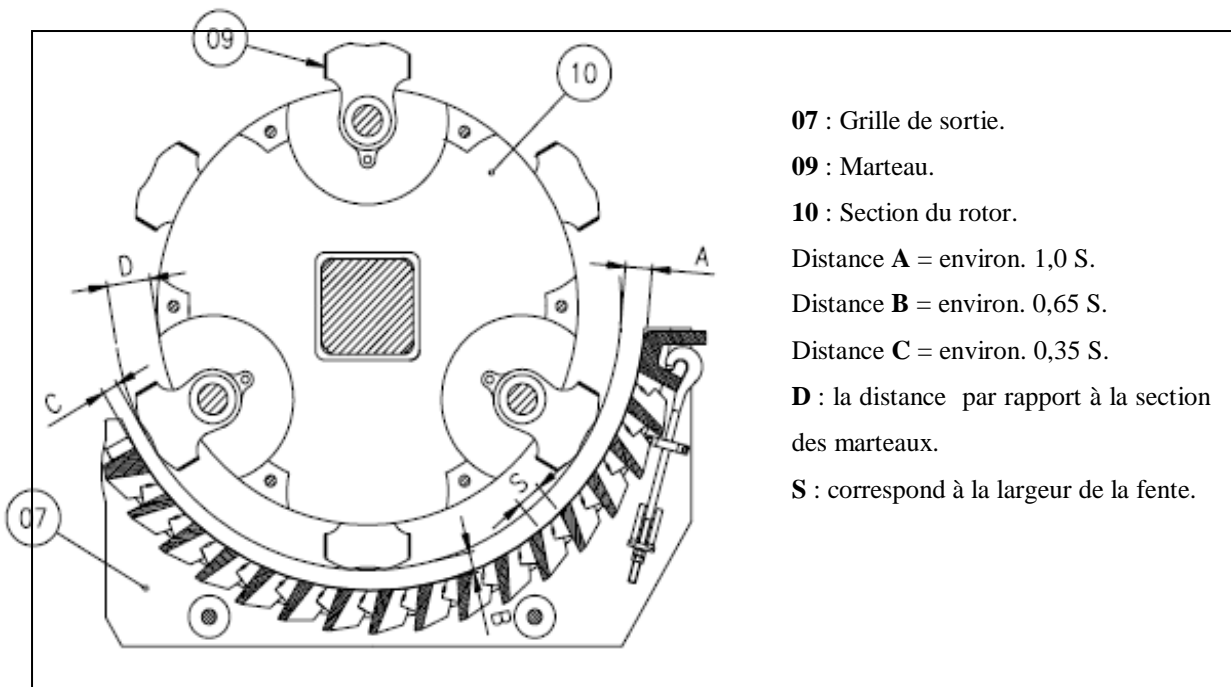
#### **III.1.4.1. Ajustement de grille**

La distance entre la grille et le rotor doit être correctement ajustée afin d'obtenir la granulométrie garantie. Si la distance entre les marteaux et la grille est trop grande, le produit obtenu sera généralement trop gros.

Avant de procéder à l'ajustement, trouver les intercalaires nécessaires.

Raccorder la station de pompage hydraulique. Le concasseur est muni de chaque côté d'un bloc de soupapes avec deux poignées. Ces quatre poignées permettent de commander chaque cylindre individuellement tout en la gardant à vue. Lorsque la poignée est activée vers le haut ou vers le bas, le piston doit respectivement monter ou descendre.

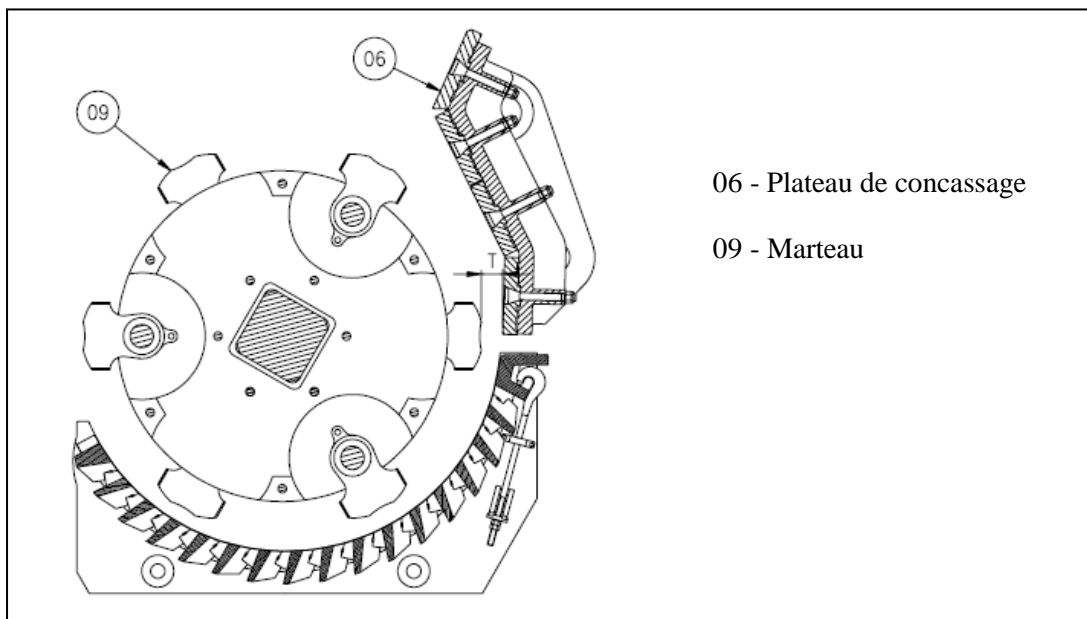
Descendre le piston et le fixer aux garnitures de levage de la grille. [22].



**Figure III. 6.** Ajustement de grille. [22].

### III.2.4.2. La distance entre les marteaux et le plateau de concassage

Le principe d'ajustement du plateau de concassage est le même que pour la grille : plus le plateau est proche des marteaux, plus le produit obtenu sera fin. À l'inverse, plus la distance entre le plateau de concassage et les marteaux et entre la grille et les marteaux est grande, plus le produit sera gros et plus la capacité du concasseur sera élevée. [22].

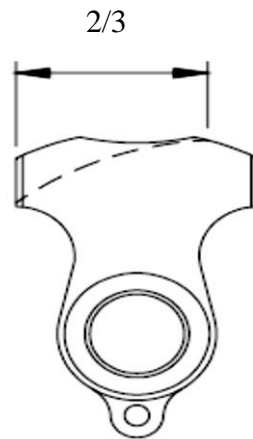


**Figure III. 7.** La distance entre les marteaux et le plateau de concassage. [22].

### III.2.4.3. Marteaux

Les marteaux sont des pièces à usure rapide. Prendre note de l'usure des marteaux afin de pouvoir déterminer avec le temps la fréquence à laquelle ils doivent être remplacés.

Retourner les marteaux lorsqu'ils sont usés à quelque 2/3 de leur sommet. [22].



**Figure III. 8.** Usure d'un marteau. [22].

Les marteaux peuvent ensuite s'user jusqu'à environ 65 % de leur poids initial avant de devoir être remplacés. [22].

**Tableau .III. 3.** Poids nouveaux marteaux. [22].

Poids de nouveaux marteaux	
EV 250	134 kg

### III.2.4.4. D'autre ajustement et commentaire sur le concasseur

La grille d'entrées n'est pas nécessaire puisque le concasseur EV est conçu avec des cylindres

Destinés à absorber le choc des gros morceaux. Le concasseur EV peut également traiter des matières contenant une certaine proportion d'éléments collants

Lorsqu'un concasseur standard EV est équipé de grille de sorte convenables, sa production peut directement être alimentée au broyeur à boulets. Si l'on désire un produit plus gros, on augmentera l'espace entre les barres de sortie, le débit du concasseur en sera d'autant plus accru. [22].

Les morceaux de pierres sont amenés au concasseur par un alimentateur séparé qui répartit la matière sur toute la largeur de l'entrée du concasseur.

En entrant dans le concasseur, les morceaux tombent sur deux cylindres d'amortissement des chocs : l'un ayant une surface lisse alors que l'autre est pourvu de saillies. Ils fonctionnent à différentes vitesses afin d'empêcher les morceaux de se coincer. Certaines matières fines s'introduisent dans l'espace situé entre les cylindres et se séparent à ce niveau.

Le cylindre alimente les morceaux aux marteaux qui les brisent et les projettent contre les tôles de revêtement situées dans la partie supérieure du concasseur pour finir de les fragmenter.

Le lourd rideau de chaînes verticales à l'entrée du concasseur empêche la matière de rebondir vers l'alimentateur.

Au stade de concassage suivant, les morceaux cognent contre le plateau de concassage réglable et contre les barres de la grille de sortie, enfin, le produit concassé passe à travers les ouvertures de la grille et est évacué par une courroie transporteuse.

Le produit fini venant du département de concassage peut être alimenté directement au broyeur à boulets, dans ce cas, le produit d'alimentation ne doit pas contenir plus de 5 de morceaux supérieurs à 25mm.

Cet objectif est atteint en réglant l'écartement des fentes des grilles de sortie du concasseur EV de 36 à 44mm. Inversement, en élargissant ces fentes à 100mm environ, la production de concasseur augmente d'environ 50 sans que la consommation d'énergie en soit accrue. Mais environ 35 du produit fini sera composé de morceaux supérieurs à 25 mm.

Si la charge de moteur du concasseur dépasse un certain niveau prédéterminé, l'alimentation du concasseur est automatiquement coupée jusqu'à ce que la consommation d'énergie revienne à la normale, suite à quoi l'alimentation se remet en marche. Si le concasseur est encombré de corps étrangers non réductibles (des pièces d'acier par ex ;:), un dispositif de sûreté automatique déconnecte l'alimentation en énergie du concasseur et de l'alimentateur pour permettre un dégagement manuel.

Le solide cadre d'assise du concasseur supporte la partie supérieure fixée par boulons dessus, cette partie étant faite d'une plaque d'acier massif comportant des nervures de renforcement extérieures. Toutes les surfaces internes et la mâchoire réglable sont revêtues de tôles anti-usure. Fixées dessus par boutons, les grandes portes d'inspection du concasseur donnent facilement accès à l'intérieur.

Les arbres des cylindres d'entrée tournent dans des paliers à roulement à rouleaux articulés supportés par le cadre d'assise.

Des blocs de caoutchouc agglomérés, répartis en sections sont montés entre les rouleaux et leur arbres pour absorber les effets de chocs entre les cylindres tout en transmettant le couple de torsion de l'arbre de cylindre. Les cylindres sont reliés entre eux par une transmission par chaîne placée à l'extérieur du cadre d'assise et sont entraînés par un moteur commun, les deux cylindres tournent à différentes vitesses et leur entraxe est réglable.

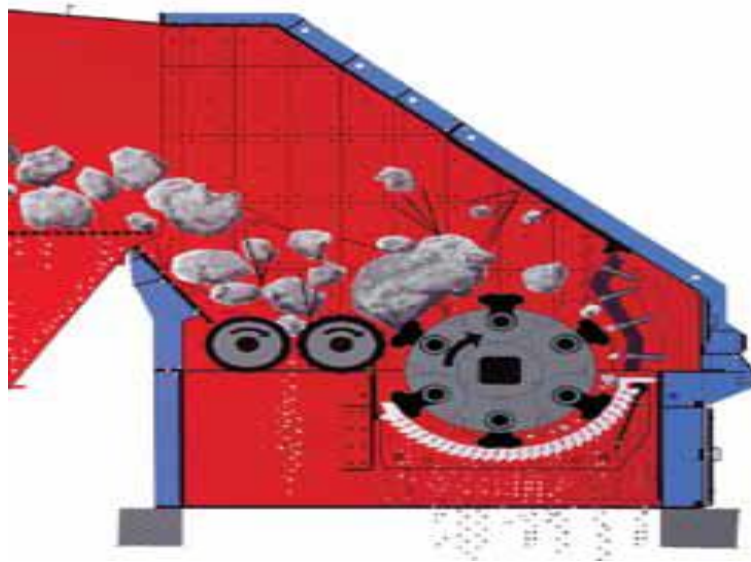
Le rotor du concasseur à marteaux a une commande indépendante grâce à un moteur, un réducteur et des accouplements avec des paliers à rotule ajustés sur le cadre d'assise. Les marteaux en acier au manganèse en alliage de chrome sont amenés sur les boulons à marteaux et sont ajustés entre les disques et le rotor. [21].



**Figure .III. 9.** Le rotor du concasseur à marteaux. [21].

Quand l'usure des marteaux se manifeste par une diminution de la production et par une augmentation de la consommation d'énergie, les marteaux usés devraient être remplacés ou réparés par soudure de recharge au moyen d'électrodes en acier au manganèse. [21].





**Figure III. 10.** Principe de concassage dans le concasseur à marteau. [21].

### III.3. Pièces d'usure du concasseur

Le principal matériau utilisé pour les pièces d'usure de concasseurs (plus particulièrement les concasseurs primaires) est l'alliage « acier-manganèses ». Ce type d'alliage, connu depuis une centaine d'années, était autrefois appelé acier Garfield.

L'acier au manganèse a une dureté initiale de 200 Brinell environ et est très résistante raison de la pression et de l'effet d'impact durant le concassage. [21].

### Conclusion

Le concasseur à marteau EV250 est un meilleur choix pour le cas de cette cimenterie d'après l'avantage de ce concasseur et l'adaptation des travaux.

Le concasseur à marteaux est sensible aux problèmes d'adhésivités et à l'usure mais sont capables de traiter la plupart des matières collantes.

Les concasseurs à marteaux EV250 ont généralement un fort taux de réduction, donc le concassage peut être effectué en une seule étape alors qu'avec les autres types de concasseurs.

# **Chapitre VI**

## **Calcul et vérification de concasseur**

## Introduction

La grosseur maximum de la matière alimentée au concasseur est très souvent un facteur décisif pour choisir la taille de la machine, la grosseur maximum de la matière est un élément déterminant pour une économie optimale de l'installation. [25].

Le rapport de réduction est plus important caractère pour connaître le concasseur.

Il est difficile d'obtenir des informations fiables sur la consommation d'énergie, et les caractéristiques d'usure en laboratoire

### IV.1. Calcul du rapport de réduction

Ce rapport de réduction est un caractéristique quantitative du processus, indiquant, de combien de fois le produit concassé a été réduit. [25].

On peut calcul selon l'équation (1) :

$$D \text{ max} = 1.8 \text{ m}$$

$$d \text{ max} = 60 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1800}{60} = 30$$

#### IV.1.1. Le degré de réduction

On tient compte des dimensions des ouvertures des cribles.

Les fabricants de concasseurs utilisent le degré de concassage de construction calculé par (2):

Telle que

$$B = 2000$$

$$b = 60$$

$$I = \frac{2000}{60} = 33.33$$

Ce degré de concassage est également calculé en fonction des dimensions moyennes des morceaux avant et après le concassage : [25]

Telle que l'équation (3) :

$$D \text{ moy} = 737 \text{ mm}$$

$$b \text{ moy} = 25 \text{ mm}$$

$$I = \frac{737}{25} = 29.48$$

## IV.2. Calcul des différents paramètres d'un concasseur à marteaux

Déterminer les principales dimensions des organes de travail, la productivité, la puissance du moteur d'un broyeur à marteaux pour elle devrait les données de la source de soufflage.

Le diamètre moyen du concassage des particules matériau  $D_H = 0,02$  m; particules densité de matière  $\rho = 2600$  kg / m<sup>3</sup>; par exemple la densité apparente = 1200 kg / m<sup>3</sup>; durée marteau de frappe par un matériau de particules avec  $t = 10^{-3}$  s.

Nous acceptons la vitesse initiale des particules matérielles égales à zéro. Vitesse périphérique Puis le minimum requis d'un marteau. [26].

### IV.2.1. Calcul des dimensions de concasseur

Les dimensions structurelles de concasseur à marteaux sont déterminées par la taille moyenne  $D_m$ . [26].

#### IV.2.1.1. Diamètre du rotor pour concasseurs à chargement vertical

$$D_p = 3D_m + 550, \text{ mm} \dots \dots \dots (12).$$

AN:

$$D_p = 3 \cdot 737 + 550 = 2761 \text{ mm}$$

#### IV.2.1.2. Longueur du rotor

$$L_r = [0,8 \quad 1,2] D_{p,m} \dots \dots \dots (13).$$

On append (1.2)  $L_r = (1.2) \cdot 2.5 = 3 \text{ m}$

#### IV.2.1.3. La longueur du marteau

La longueur du marteau, de l'axe de suspension et le bord avant est recommandée par la formule :

$$L_{\text{mart}} = [0,2 \quad 0,25] D_p \dots \dots \dots (14)$$

On append (0.25)  $L_{\text{mart}} = 0.25 \cdot 2.5 = 0.625 \text{ m}$

#### IV.2.1.4. Diamètre moyen

Il a également été découvert que le diamètre moyen du fragment produit par l'impact [2]

On peut calcul par la formule suivante:

$$D_m = \left( \frac{4.472 * K_{Ic} * L}{0.133 * \rho * V_p * \pi \omega d} \right)^{(2/3)} \dots \dots \dots (15).$$

Où

$K_{Ic}$  = résistance à la fracture de la roche ( $\text{pa} * \text{m}^{0.5}$ )

L = dimension de l'échantillon de roche (m)

On-a

$$\omega = 267$$

$$K_{Ic} = 922433 \text{ kgf/m}^2$$

$$\rho = 2670 \text{ kg/m}^3$$

$$V_p = 35 \text{ m/s}$$

$$L = 0.2 \text{ m}$$

$$D_m = \left( \frac{4.472 * 922433 * 0.2}{0.133 * 2670 * 35 * 3.14 * 267 * 1.25} \right)^{(2/3)} = 0.737 \text{ m}$$

#### IV.2.1.5. Diamètre maximal

Pour réaliser la force d'impact nécessaire pour briser et fragmenter un morceau d'une masse de roche doit être nécessaire et suffisante pour créer les forces d'inertie correspondant réactives, percevant la force de l'impact. La taille doit être égale : [26].

$$d_{kp} = 230 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_T / (\rho v_p^{1.5}) ; \text{m} \dots \dots \dots (16)$$

Où

$\sigma_T$ : la résistance à la rupture du matériau en traction, Pa;

Pour calcul en on a ; f : 10

$$f = \sigma_{\text{comp}} / 100 \dots \dots \dots (17)$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 10 * 100 = 1000 \text{ kgf/cm}^2 = 100 \text{ Mpa}$$

$$[\sigma_{\text{comp}}] = [0,2 \quad 0,3] [\sigma_T] \dots \dots \dots (18).$$

$$\text{On append (0.2)} \quad [\sigma_T] = [\sigma_{\text{comp}}] / [0,2 \quad 0,3] = 100 / 0.2 = 500 \text{ Mpa}$$

$$d_{kp} = (230 * 500 * 10^6 * 10^{-5}) / 2670 * 35^{1.5} = 2.01 \text{ m}.$$

La matière de marteau est l'acier au manganèse à une dureté initiale de 200-450 brinell et est très résistant [21].

#### IV.2.2. Calcul du débit

Les performances des matériaux concassés ou leur rythme est supposé similaire au matériau qui tombe sur le cylindre et conformée au théorème ou a loi théorique le débit est donne par : [26].

$$Q = (B L_r h n z), m^3 / s, \dots \dots \dots (19)$$

Où

B : longueur de l'arc de la corde du rotor en contact avec le matériau m;

$L_r$  : la longueur du rotor, m;

h : épaisseur de la puce, ce qui est égal à la vapeur libre donner corps pendant la rotation du rotor d'un battement à l'autre, m;

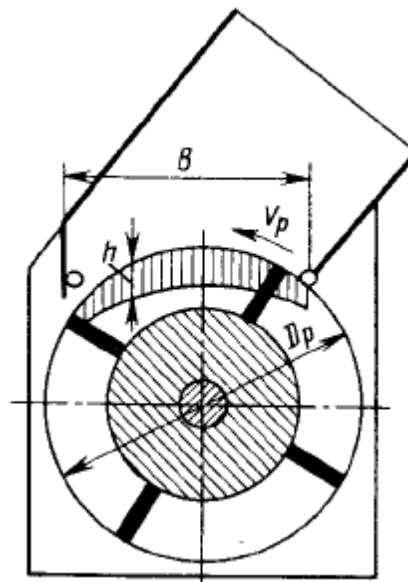
n : vitesse du rotor, tr / s;

z : le nombre de lignes abattu le rotor.

AN:

B: 0.757 m;  $L_r$ : 3 m, h: 0.02 m; n: 4.45 tr/s; z: 6

$Q = (0.757 * 3 * 0.02 * 4.45 * 6) = 1.212 m^3/s = 1635.12 t/h$



**Figure IV. 1.** Régime de calcul de la performance concasseur d'impact. [26].

Compte tenu des relations structurelles et cinématiques, qui influencer les paramètres B et h, la continuité du flux de la matière et l'autre Les facteurs sont proposés pour déterminer la performance de formule ou amélioré la formule ci-dessus. [26].

$$Q = 480 L_r \cdot D_p^{1.5} K_\beta / (v_p^{0.35} z^{0.5}) ; \text{ m}^3 / \text{ h} \dots\dots\dots (20).$$

Où

$D_p$ : le diamètre du rotor, m;

$V_p$ : vitesse périphérique au circonférentielle du rotor, m / s;

$K_\beta$ : coefficient dépendant de l'assomption de la première réflectivité.

- $K_\beta$ : 1,3 ; lorsque la plaque est complètement abaissée
- $K_\beta$  = 5,2 ; lorsque la dalle entièrement élevée.

**AN:**

$$k_B = 1.3 ; V_P = 35 \text{ m/s} ;$$

$$Q = (480 \cdot 3 \cdot 2.5^{1.5} \cdot 1.3) / 35^{0.35} \cdot 6^{0.5} = 870.55 \text{ m}^3/\text{h} = 2324.37 \text{ T/h}.$$

Pour calculer l'indicatif marteau de performance concasseurs:

- Lorsque  $D_p > L_r$

$$Q = 1.66 \cdot D_p^2 \cdot L_r \cdot n \dots\dots\dots (21).$$

- Lorsque  $D_p < L_r$

$$Q = 1.66 \cdot D_p \cdot L_r^2 \cdot n \dots\dots\dots (22).$$

Où

$D_p$  et  $L_r$ : en m; telle que  $D_p < L_r$

$n$ : tr / s ;

**AN:**

$$Q = 1.66 \cdot 2.5 \cdot 3^2 \cdot (4.45/60) = (166.20)/60 = 2.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cette débit est n'est pas réelle puisque (il y a le débit de air)

### IV.2.3. Puissance du moteur rotatif

Puissance moteur meuleuses rotatifs avec un haut degré le broyage est calculé sur la base de l'évaluation de la distribution d'énergie spécifique consommé par le concassage, en tenant compte de l'indicateur spécifique, nouvellement ouvert de la surface: [26].

$$S = E * P * (i-1) 10^{-3} / D_{kB} * \eta \dots\dots\dots (23).$$

Où

E: composante énergie, qui dépend des propriétés de la roche est égale à: 15

$D_{kB}$  : taille moyenne de la matière de départ à concasse, m;

$\eta$  : facteur d'efficacité.

#### IV.2.3.1. La puissance de moteur de concasseur à marteau

$$p = [360 \text{ à } 540] * Q_m * i \dots\dots\dots (24)$$

Où

i : rapport de réduction

$Q_m$  : t / s ; (débit massiques).

AN:

$$P = 360 * 1.21 * 30 = 13068 \text{ kw}$$

$$S = (15 * 13068 * 29) 10^{-3} / 0.737 * 0.89 = 5684.58 / 0.65593 = 8666 \text{ kw}$$

### IV.2.4. La vitesse périphérique requise du rotor

$$V_{PI} = 1.75 * 10^{-2} * \sqrt[3]{(\sigma T / \rho * D_{kB})^2}; \text{ m/s} \dots\dots\dots (25).$$

AN:

$$V_{PI} = 1.75 * 10^{-2} * \sqrt[3]{(410 * 10^6 / 2670 * 1.9)^2} = 32.71 \text{ m/s}.$$

### III.3. Impact de l'énergie calculé par unité de masse pour un concasseur

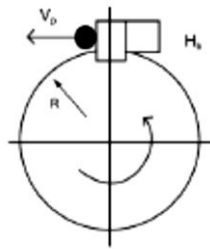
Il n'existe pas de standards communément acceptés pour mesurer la consommation d'énergie, l'usure et les caractéristiques d'adhésivité [25].



### III.3.1. Estimation de l'énergie de choc

Pour le concasseur de ce type, on peut estimer l'énergie moyenne d'impact à partir de l'énergie cinétique du rotor.

1. Rotor de masse est beaucoup plus grand que la masse des particules individuelles dans l'alimentation
2. Avant l'impact, la vitesse linéaire de la barre de broyage est beaucoup plus importante que la particule rapidité. Par conséquent KE de particules est négligeable.
3. Il est également supposé que la plupart des particules entrent en collision avec les barres de rotor dans la médiane région de leurs zones d'impact avec le marteau. [25].



**Figure IV. 2.** Principe d'impact [25].

Compte tenu de la conservation de la quantité de mouvement, avant et après l'impact de l'énergie / masse est donnée par l'équation suivante :

$$E = 0.5 (R + 0.5H_b)^2 \cdot \omega^2 \dots\dots\dots (26).$$

Où,

$E$  = énergie d'impact par unité de masse (j/kg).

$R$  = rayon du Rotor du concasseur(m)

$H_b$  = hauteur de la surface de broyage bar / marteau à percussion (des battoirs) (m)

$\omega$  = vitesse angulaire du rotor( $s^{-1}$ )

Donc on-a

$$R = 1.25$$

$$H_b = 1.4$$

$$V_p = \frac{2\pi \cdot N \cdot D}{60} \dots\dots\dots (27).$$

$$V_p = \frac{3.14 * 267 * 1.25}{30} = 34.93 \text{ m/s} = 35 \text{ m/s}$$

En calcul la vitesse angulaire par la formule suivant:

$$\omega = \frac{2\pi * N}{60} \dots\dots\dots (28).$$

$$\omega = \frac{3.14 * 267}{30} = 27.946 \text{ rad/s}$$

Donc en remplace sur l'équation (26)

$$E = 0.5 (1.25 + 0.5 * 1.4)^2 * 27.946^2 = 1484.836 \text{ j/kg}$$

$$E = 1484840 \text{ j/t} = 0.412 \text{ kwh /T}$$

Il est également constaté que l'énergie cinétique est une forme d'énergie dominante dans un broyeur à percussion.

L'énergie cinétique spécifique (KW h / T) se trouve être une fonction de la taille des particules et les vitesses de rotation des rotors.

### IV.3.2. Cinétique de marteau de rotation

D'autres paramètres de performance du broyeur à percussion sont évalués comme suit:

- Finesse de l'écrasement ;
- Vie de marteau :

La durée de vie moyenne si un marteau dans un broyeur à percussion dépend du type de fonctionnement, il est utilisé, la dureté du matériau du marteau, l'utilisation du broyeur, la profondeur de pénétration du matériau dans les faces de marteaux et la cinétique de la rotation du marteau. Un marteau est révélé avoir un âge vie d'environ 500 à 600 heures. [25]

Quand un morceau de calcaire tombant à travers la zone d'alimentation des concasseurs, il entre dans la zone d'impact. L'impact central est considéré comme le plus efficace, mais il ne peut se produire à condition que les marteaux dans la deuxième rangée de Voyage à travers une distance S.

L'effet d'écrasement ne dépend pas uniquement de l'énergie cinétique du marteau ( $1/2 MV^2$ ), où M est la masse du marteau et V est la vitesse périphérique du rotor. Cela dépend de l'échange d'énergie entre le marteau et des particules ou de la perte d'énergie due à

l'impact. Sur la base de la dynamique de collision non élastique et le fait que "l'élan du système au premier moment de déformation maximale reste inchangée". [26].

$$MV = (M + m) U \dots\dots\dots (29)$$

$$U = ( MV / (M+m)) \dots\dots\dots (30)$$

$$U = (134*35 / (134+20)) = 30.45 \text{ m/s}$$

#### IV.3.2.1. L'énergie cinétique initiale du système avant impact,

$$T_0 = MV^2 / 2 \dots\dots\dots (31)$$

$$T_0 = 134*35^2/2 = 82075 \text{ j}$$

Où,

M = masse de marteau;

m = masse de calcaire particules;

V = vitesse du marteau;

U = la vitesse du système à la fin de l'impact.

#### IV.3.2.2. L'énergie cinétique finale du système,

$$T = ((M + m) U^2)/2 \dots\dots\dots (32).$$

$$T = ((134+20) 30.45^2)/2 = 71394.6 \text{ j}$$

Par conséquent, nous pouvons écrire

$$T = \frac{M^2 V^2}{2(M+m)} \dots\dots\dots (33)$$

$$T = \frac{134^2 35^2}{2(134+20)} = 71415.9 \text{ j}$$

#### IV.3.3. L'effet d'écrasement

Par conséquent, l'effet d'écrasement est la quantité d'énergie cinétique perdue en raison de l'impact et est donnée par la formule suivante :[3]

$$E_m = T_0 - T = \left(\frac{MV^2}{2}\right) \left(\frac{M}{M+m}\right) \dots\dots\dots (34).$$

$$E_m = 82075 - 71415.9 = 10659.1 \text{ j}$$

Cela montre que plus de poids des marteaux-delà d'un poids idéal. N'améliore pas effet d'écrasement.

#### IV.3.3.1. Profondeur optimale de pénétration

Une meilleure profondeur de pénétration est atteinte lorsque le vecteur de collision passe par le centre de la particule et est également perpendiculaire à la face du marteau. [26].

La profondeur de pénétration a été découverte en tant que [3]

$$C = \frac{54}{nz} * \left(1 - \frac{z(B+d)}{2\pi R}\right) * \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (35).$$

Où d = diamètre de particules. ; h = hauteur de chute; z = pas de rangées de marteau

n = vitesse du rotor; B = longueur du visage travaillant le long rayon

B= 0.033

$z = \pi * D = 3.14 * 2.5 = 7.85 \text{ m}$

AN :

$$C = \frac{54}{267 * 7.85} * \left(1 - \frac{7.85(0.033 + 0.2)}{2 * 3.14 * 1.25}\right) * \sqrt{2 * 9.81 * 1.4} = 0.103 \text{ m}$$

La valeur optimale de C se trouve en

$$C \leq T + 0.5d \dots\dots\dots (36).$$

Et  $T + 0.5d = 0.033 + 0.5 * 0.2 = 0.1033 \text{ m}$

Donc et vérifier  $0.103 \text{ m} \leq 0.1033 \text{ m}$

#### IV.3.4. Calcul de la force

On peut calcul la force selon la formule suivant :

$$F = m * a \dots\dots\dots (37).$$

$$F = m * \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots (38).$$

$$F = 134 * \frac{35^2}{1.25} = 131320 \text{ N}$$

## IV.4. Autre méthode de calcul du débit de concasseur

### IV.4.1. Formules de bond et de magdalinovic

Ces formules sont générales et s'appliquent donc à tous les concasseurs c'est une théorie de puissance : [18].

$$p = \frac{A}{P80^n} 10. Wi. Deb \left( \frac{1}{\sqrt{P80}} - \frac{1}{\sqrt{F80}} \right) \dots\dots\dots (39).$$

P: puissance consommée par le concasseur en kw (p=1024 kw )

Deb: débit du concasseur en t/h ;

Wi: Work index en kwh/t

A: coefficients à calibrer (A=105)

n : coefficients à calibrer (n=0.5)

D'après (40) on obtient :

$$Deb = \frac{P * P80^n}{10A * Wi * \left( \frac{1}{\sqrt{P80}} - \frac{1}{\sqrt{F80}} \right)} \dots\dots\dots (40).$$

En calcul l'indice de broyabilité d'un nombre de matériaux que l'on trouvera dans

(Le tableau IV. 1.)

**Tableau .IV. 2.** Les indices de broyabilité de bond. [18].

Matériaux	Masse volumique	Work index (kwh)
Argile	2.51	6.3
Bauxite	2.2	8.78
Calcaire	2.66	12.74 *
Charbon	1.4	13
Ciment	2.67	10.51
Clinker de ciment	3.15	13.45

On apprend (\*) Wi =12.74 kwh

Et Pour le P80 ; F80 :

P80= 25 mm

F80= 1000 mm

$$Deb = \frac{1020 * 25000^{0.5}}{10 * 105 * 12.74 * \left( \frac{1}{\sqrt{25000}} - \frac{1}{\sqrt{1000000}} \right)} = 2273.35 \text{ t/h}$$

## Conclusion

Le résultat obtenu lors de calcul du débit réel du concasseur type EV 250  $Q= 2273.35$  t/h avec un taux de réduction  $I= 30$ , par contre le débit déclaré (théorique)  $Q= 1560$  t/h avec un taux de réduction  $I= 30$ , cette différence dans résultat dû principalement à l'utilisation extensive de la station depuis l'année 2004 ainsi que à l'abrasivité de la roche et leur dimensions.

# **Chapitre V**

**Hygiènes, sécurité**

**Et environnement**

## **Introduction**

Le présent chapitre a pour objectif principal de donner, d'un part, le maximum d'information susceptibles d'éclairer et de renseigner sur les processus technologiques d'exploitation et de traitement et d'autre part, de présenter les principaux aspects de risque qui pourrait éventuellement avoir un impact signification sur la sante de personne surtout les travailleur, pour atténuer et minimiser les dégâts sur l'environnement et les individus. [18].

En plus, l'objectif est gardé le souci d'œuvrer pour la présentation et de protection des personnels et de lutte contre toute l'indifférence de la santé des travailleurs. [18].

Risque liés à la conception de l'installation et le mode de fonctionnement des appareils surtout le concasseur, ils concernent toutes les installations industrielles.

### **V.1. Les mesures sécuritaires au travail :**

Avant toute introduction dans la mine, il faut être muni d'un casque mineur, de bouche d'oreilles, de lunettes, de gants, de bottes, de tenue de travail munie de réflecteur.

La sécurité industrielle est l'aptitude à maîtriser les risques induits par l'activité ou ceux que l'environnement peut faire subir. Elle a la volonté d'identifier clairement les risques de les évaluer et de les gérer, sachant que la vie des femmes et des hommes, est au centre de nos préoccupations, il est associée à tous les projets de rénovation et d'extension des installations, en tant que partenaire au même titre que les autres services qui concourent à la croissance de la production.

Nous œuvrons à développer une culture de sécurité qui imprègne profondément nos décisions et nos comportements, pour un état d'esprit et des aptitudes visibles sur le terrain». [27].

### **V.2. Hygiène et sécurité du personnel d'exploitation :**

#### **V.2.1. Généralités :**

Les machines qui équipent les installations de concassage sont en général bruyantes et peuvent comporter des pièces très lourdes et/ou animées de mouvements continus ou alternatifs très rapides susceptibles de libérer une quantité considérable d'énergie en cas de rupture brutale bien que ces machines fonctionnent la plupart du temps en l'absence de personnel, il faut intervenir manuellement pour effectuer les opérations d'entretien et/ou de remplacement des éléments soumis à usure et donc manipuler des pièces lourdes et encombrantes et dans un temps toujours très limité pour ne pas affecter le programme de



production. Enfin, si l'opération de fragmentation/séparation granulométrique est effectuée à sec, il y a émission de poussières qui peuvent être très nocives (silicose par exemple). On peut donc répartir ces risques en 3 catégories : [18].

- Les risques liés à la conception de l'installation et au mode de fonctionnement des appareils
- les risques liés aux interventions pour entretien préventif ou réparations non programmées à la suite de ruptures ;
- les risques liés aux émissions de poussières, aux fuites et projections de liquides, et au bruit.

### **V.2.2. Risque liés à la conception de l'installation et le mode de fonctionnement des appareils**

Ils ne sont pas en général spécifiques aux appareils de concassage, car ils concernent toutes les installations industrielles, ou l'on doit éviter les accidents causés par des organes en mouvement et prévoir des accès faciles et non dangereux pour le personnel de surveillance et d'entretien. nous en faisons ci-après une liste non exhaustive :

- Les machines doivent être implantées sur un socle fixe ou mobile assurant une stabilité suffisante ;
- Le socle doit être doté de passerelles et plates-formes nécessaires aux interventions courantes ;
- L'accès à ces zones d'intervention doit se faire de préférence par des escaliers (les échelles sont dangereuses) ;
- Les organes des transmissions de l'énergie (courroies, accouplements, etc.) doivent être munis de carters appropriés ;
- Lorsque les machines comportent des ressorts ou des dispositifs élastiques susceptibles d'emmagasiner de l'énergie, des dispositions doivent être prises pour éviter l'éviction brutale des éléments qui contiennent cette énergie ;
- Les équipements hydrauliques doivent faire l'objet d'une attention particulière car des pressions importantes sont parfois utilisées (rupture éventuelle de canalisation):

- Un dispositif de consignation est nécessaire sur les machines dans lesquelles il faut pénétrer pour effectuer des opérations de maintenance (à noter que l'arrêt d'urgence est rarement indispensable et doit être pratique avec discernement, en effet, tout arrêt en charge peut engendrer une opération de redémarrage problématique) :
- En ce qui concerne plus particulièrement certains concasseurs, les vérins hydraulique associés aux ressorts (protection contre l'imbroyables) peuvent être le siège de fuites dangereuse car entretenus par l'énergie accumulée :
- Les imbroyable sont à redouter tant pour la machine que pour le personnel éventuellement exposé. Leur détection sur le convoyeur est souhaitable.
- Il faut également tenir compte des bouchages pouvant se produire dans les goulottes et tuyauteries : on peut partiellement y remédier au niveau de la conception proprement dite en adoptant des pentes et des dimensions convenables pour les ouvertures et organes de liaison et par l'utilisation de matériaux appropriés (acier inoxydable, caoutchouc, matières plastiques, etc.).

### **V.2.3. Risques liés aux interventions :**

Les risques liés aux interventions sont les plus préoccupants. Chaque année, les statistiques désignent les concasseurs et broyeurs à propos de trop nombreux accidents. Trois cas sont à distinguer : les interventions de réglage, les perturbations de fonctionnement et la maintenance.[18].

### **V.2.4. Risques liés aux émissions de poussières et au bruit :**

#### **V.2.4.1. Le bruit :**

Le bruit des concasseurs est en général stable, sauf pour le concasseur primaire qui peut être alimenté de façon discontinue. Ce bruit est fonctionnel, et difficilement atténuable au niveau de la machine, les capotages antibruit efficaces étant rarement utilisés car réduisant trop l'accessibilité de la machine qui est une pièce maîtresse de l'installation. Il faut de toute façon laisser ouverts les orifices d'entrée et de sortie des matériaux. En revanche, l'utilisation de caoutchouc pour les surfaces d'usure des goulottes d'entrée et de sortie des appareils apporte une diminution notable du bruit en évitant que les matériaux ne frappent directement des tôles en acier.[27].

**a. La puissance acoustique observée sur les concasseurs varie entre 122 et 97 dB.**

Ces niveaux de bruit sont couramment trop élevés pour être supportables en permanence. Fort heureusement, l'exposition du personnel est limitée, sauf pour certains concasseurs à mâchoires où une surveillance permanente est nécessaire.

Il paraît difficile, sinon impossible, d'agir sur les machines. Il faudra donc protéger le personnel par des moyens individuels (casques, bouchons d'oreilles, etc.) ou réaliser des postes de surveillance de nature à abaisser le niveau de bruit.[27].

**V.2.4.2. Les poussières**

Le concassage est en général lié à une émission de poussières. Toujours regrettable pour les conditions de travail environnantes, la poussière peut en outre être très dangereuse si elle contient des particules inhalables (spécialement de la silice).

Certaines machines tournant à grande vitesse propulsent la poussière à la manière d'un ventilateur. Dans ce cas, une canalisation mettant en relation l'entrée et la sortie peut contribuer à réduire l'émission globale, mais il faut faire attention à l'influence éventuelle sur l'usure des pièces.

Un dépoussiérage d'ambiance ou d'assainissement permet d'enlever de l'atmosphère de l'installation les poussières libérées par l'agitation des matières minérales sèches dans les machines qui sont alors munies de hottes de captation. Ces hottes doivent être très bien étudiées car elles doivent à la fois être efficaces et bien envelopper la machine, et amovibles pour permettre un accès facile aux différents organes pour en assurer l'entretien. Les appareils de dépoussiérage sont la plupart du temps des appareils à manches ou à lits filtrants opérant à sec, ou des laveurs dans le cas de dépoussiérage par voie humide. Ils sont la plupart du temps précédés d'une installation de pré - dépoussiérage utilisant la sédimentation naturelle par gravité (chambres de détente) ou les effets de la force centrifuge développée dans des cyclones.[27].

**V.2.5. Impact sur l'environnement :**

Ils comportent essentiellement trois problèmes : le bruit, les poussières et le paysage.

Nous limiterons notre propos aux seules installations où le concassage constitue la fonction majeure du traitement de la matière minérale : c'est essentiellement le cas des installations de préparation des granulats. En effet, dans la plupart des autres industries, le concassage n'est qu'un maillon relativement limité de la séquence des opérations de

traitement, et son incidence directe sur l'environnement est en général masquée par celui du complexe industriel dans lequel il est intégré.

Les installations de concassage en carrières de granulats ont une influence majeure sur l'environnement du site d'extraction par :

- Leur aspect extérieur qui peut défigurer un paysage, surtout en région touristique;
- Les nuisances sonores qu'elles engendrent ;
- Les pollutions de toutes natures (poussières, boues, rejets liquides) ;
- Les séquelles qu'elles peuvent laisser en fin d'exploitation.

Nous avons limité ce chapitre à seulement quelques aspects des problèmes d'environnement et volontairement laissé de côté le traitement éventuel des eaux et des boues qui nous auraient entraînés trop loin.

Rappelons en premier lieu qu'il faudra, lors de la conception de l'installation, tenir compte si possible des vents dominants de manière à implanter les zones fréquentées à l'abri des déplacements de poussières.[18].

#### **V.2.6. Impact visuel des installations de concassage :**

Deux principes s'affrontent pour la conception générale d'une installation de concassage:

- A structure verticale où on veut utiliser au maximum la gravité pour assurer le transfert des produits d'un étage de traitement au suivant (cette conception conduit à placer certains appareils à des niveaux souvent très élevés) ;
- La structure horizontale où les machines de traitement sont presque toutes placées au niveau du sol, le transfert des produits se faisant par bandes transporteuses.
- Cette deuxième solution peut paraître à première vue plus chère, mais semble être préférée par les exploitants, car :
- Elle permet un contrôle plus facile des flux de produits puisqu'on peut installer les capteurs dans les conditions optimales pour assurer la fiabilité des mesures;
- L'accès aux machines est aisé, leur entretien en est facilité
- On peut prévoir des trémies intermédiaires de grande capacité, donnant plus de souplesse à l'installation.

- Du point de vue de l'impact sur l'environnement, la structure horizontale a le double avantage de moins détruire le paysage car elle est en grande partie au niveau du sol et n'interfère pas avec la ligne d'horizon. Des rideaux d'arbres peuvent masquer totalement ou partiellement les installations.[18].

### **V.2.7. Bruit :**

#### **V.2.7.1. Bruit en champ proche :**

La réduction du bruit en champ proche peut être réalisée en enfermant partiellement ou totalement un appareil ou un groupe d'appareils dans un bâtiment conçu pour éviter la propagation du bruit à l'extérieur[18].

#### **V.2.7.2. Bruit en champ lointain**

En l'absence de tout dispositif de protection le bruit s'atténue avec la distance et sa propagation dépend de la direction du vent dominant. Il va sans dire que la localisation de l'installation de traitement devra tenir compte de la direction de ces vents dominants.[18].

Les moyens de réduction du bruit sont liés essentiellement à la présence d'écrans, naturels ou artificiels, placés entre la source et le récepteur, ces écrans peuvent être constitués par les stocks de granulats ou des tas constitués de terrains de découverte de hauteur limitée, tas qui seront repris en fin d'exploitation.[18].

Il est évident que plus les machines bruyantes ne seront placées à un niveau proche du sol ou même éventuellement en fosse, plus ces écrans antibruit ne seront faciles à disposer. On retrouve l'avantage d'une disposition en structure horizontale. Toutefois, cette efficacité diminue fortement avec la distance. Il est à noter cependant que l'installation de machines en fosse conduit à d'autres inconvénients: un mauvais accès pour l'entretien du matériel et le nettoyage ainsi que la nécessité de prévoir un puisard et une pompe d'évacuation d'eau en cas d'inondation.[18].

## **V.3. Sécurité, protection du personnel**

### **V.3.1. Arrêt d'urgence**

La manœuvre à distance d'un arrêt d'urgence (à portée de main du personnel) à l'amont du concasseur permet l'arrêt simultané du convoyeur blindé ripable et du concasseur. Il faut préciser qu'une zone, dite de sécurité, se situant de la cote entrée du concasseur, est entièrement capotée.[18].

### **V.3.2. Volet et rideau de protection**

Afin d'éviter que les projections de produit risquent de blesser le personnel travaillant à proximité du concasseur, le compartiment de broyage est isolé à l'amont par un rideau de chaînes suspendues et, à l'aval, par trois volets articulés pour débattre dans les deux sens, autorisant une éventuelle marche arrière du convoyeur blindé.[18].

### **Conclusion**

" Il faut concilier à la fois l'industrie qui nous fait vivre et l'environnement qui nous permet de vivre ".

Divers systèmes de sécurité, destinés à protéger le personnel d'une part et de matériel d'autres part, sont mis en œuvre dans les chantiers d'abattage du fond.

Le personnel se trouvant dans l'environnement proche du concasseur subit quotidiennement une exposition au bruit provenant de tous les engins installés dans le chantier.

# Conclusion

## **Conclusion générale**

Lorsqu'on parle du concassage dans l'industrie du ciment, on pense généralement à la réduction de la taille des matières venant de la carrière pour qu'elles soient adaptées au traitement qu'elles subiront dans la chaîne suivent de production

Au sien du concasseur, la fragmentation s'effectue au moyen de chocs ; les parties giratoires et fixes du concasseur transmettent une partie de leur énergie cinétique aux morceaux des roches pendant le contact.

La contrainte interne créée à l'intérieure du bloc de roches est souvent largement suffisante pour le détruire.

Il existe une grande différence entre l'état d'une roches concassée par pression et par choc dans les de concassage par pression, les contraintes internes sont lentement distribuées à travers la matrice rocheuse ce qui provoque un retard dans la destruction, par centre lors de concassage à choc ; les contraintes internes provoquent une destruction immédiate de la roche. Cette condition de contrainte est particulièrement valable généralement pour celle destinées aux matériaux de construction, c'est ainsi qu'ils trouvent une large application de cimenterie



## Référence bibliothèque

- [1] : Documentation de la cimenterie de Hammam d'alaa; Hydratation de ciment Portland.2016.
- [2] : Photo de usine de hammam d'alaa, m'sila. 2016.
- [3] : S. Catinau ; Durabilité à long terme de matériaux cimentaire, avec ou sans fillers calcaires, en contacte avec des solutions salines; thèse du doctorat; Université de LAVAL Canada; décembre 2000.
- [4] : R. Dupain, R. Lanchon, J.C. Sain-Arroman; Granulats, sols, ciment et béton; 2ème Edition; Casteilla éd.; ISBN 19952713514711 /1995.
- [5] : W. H. Duda; Cément data book; 3rd édition; French & Européen Pubnsed. ISBN0828802041 ; décembre 1985.
- [6] : C. Avenier, B. Rosier, D. Sommain; Ciment naturel; Grenoble, Glénat éd. ISBN10 :2723461580, 176 p ; 2007. Mémoire de benguedouar afeff. Alger.2013.
- [7] : Documentation de la cimenterie de Hammam Bouziane; Le ciment portland.2014.
- [8] : Le Centre d'information sur l'eau Paris France.2009.
- [9] : J. Beauchamp; Mécanique des roches et des sols; Cours en ligne; Université de PicardieJules Verne; septembre 2003. Mémoire. benguedouar afeff .Alger.2013.
- [10] : V. PHOUMMAVONG; Matériaux de construction; Cours en ligne; Université Nationale du Laos;2009. Mémoire de benguedouar afeff. Alger .2013.
- [11] : B. Bounabe Ayache; Automatisation du stackeur et le moteur four; Rapport de stage à ERCE et SCHB; Université de Paul Cézanne Aix Marseill3; Downloade / Automaticiens /Automatisation-stackeur-four-imenterie-DG.pdf, 2006-2007.
- [12] : Dr. F. Ghomari; Science des matériaux de construction; Université Aboubaker Belkaid, 2009.
- [13] : John Deere Power Systems .Usine de Saran – La Foulonneriez .B.P. 11013F-45401 Fleury les Aubrais Cedex. Vesuvio F 1000 CV vol.1.2006
- [14] : Wikipédia. Lafarge (entreprise), [[http://fr.wikipedia.org/wiki/Lafarge\\_\(entreprise\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Lafarge_(entreprise))] [en ligne], 2016.
- [15] : procédé de fabrication de ciment (CE, 2010, p.11) Commission Européenne, (2010), « Document de référence sur les meilleures techniques disponibles Industries du ciment, de la

chaux et de la magnésie », Ministère de l'énergie et du développement durable et de la mer en France, Paris. Mémoire de Rebouh Samia, faculté des sciences de la terre.

[16] : DJEZAIRI Omar, Promotion : juin 2008, L'influence du mode de concassage sur les caractéristiques de fabrication des granulats. Département de Génie Minier, école nationale polytechnique/2008.

[17] : Cour de préparation mécanique des roches (3<sup>ème</sup> année mine et géologie) ; Mr Akim. A .2016.

[18] : N° 4/ 4ème trimestre 1999- ISSN (société de l'industrie minérale)  
Les techniques de l'industrie minérale. *Concassage*. (1999). N ; 622/29.4

[19] : Lafarge, Centre de viviers, service formation EdSE, connaissances cimenteries ; concassage. 2016.

[20] : photos sur le cite, [www.le type de concasseur.com](http://www.le type de concasseur.com). 2016.

[21] : FLS<sub>midth</sub>, introduction aux programmes de formation .concassage ; 2016.

[22] : FLS<sub>midth</sub>, Concasseur à marteaux EV 250 Avec cylindre d'admission. 70000193-4 ; Montage, utilisation et entretien. 33662. Édité par : OHS. Code MGN : D15. VIGERSLEV ALLÉ 77 - 2500 VALBY - DANEMARK .2016.

[23]: FLS<sub>midth</sub>.alimentateur tablier métallique, 40502-03, Fr. tablier métallique ; montage, Utilisation et entretien. OHS. révise par : BE ; code MGN : 3k36 0. 2016.

[24]: Copyright © 2010 FLS<sub>midth</sub> A/S. ALL RIGHTS RESERVED. EV hammers impact crusher; C 10-10 100-1-ENG; [www.flsmidth.com](http://www.flsmidth.com). 2010.

[25]: DEEPAK GUPTA: Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology Rourkela – 769008, Design and analysis of a horizontal shaft impact crusher. Dans Ingénierie technique.

[26]: Borvhev, Equipement, pour rectification matériaux: Concasseurs et moulins; manuel, Tambov: Tambov Public-édition de l'Université technique, 2004.

[27] : V. zouboff. Le bruit des carriers et des installations de concassage-criblage. 2004.

## Résume

Au cours de la production de ciment cette processus comprend plusieurs procédures important et fondamental que l'écrasement des mesures, et de voir quels types de concasseurs et leur principe du travail, les critères de sélection est un moyenne très important pour étudier et de vérifier cette brisée avec la découverte de la cause de son choix.

Respecter les normes de sécurité et la capacité de maîtriser les risques résultant de l'activité et la façon de préserver le grand-père de l'environnement nécessaire.

**Les mots clés :** Concasseur. Débit de concasseur .L'énergie consommé .Rapport de réduction .Degrée de réduction.

### المخلص:

أثناء إنتاج الإسمنت تشمل هذه العملية عدة خطوات مهمة وأساسية مثل سحق، ومعرفة أنواع الكسار أو مبدأ عملها ومعايير اختيار مهم جدا دراسة والتحقق من هذا المحطم مع اكتشاف أسباب اختياره. احترام معايير السلامة والقدرة على التحكم في المخاطر الناجمة عن النشاط وكيفية المحافظة على البيئة تجد ضروري.

**كلمات البحث:** كسارة. مرت محطم. استهلاك الطاقة. نسبة التخفيض. تخفيض درجة.

### Abstract:

the cement production of this process includes several important and fundamental as crushing action, and see what types of crushers and the principle of work and the selection criteria is very important to study and verification of this shattered with the discovery of the cause of their choice, comply with safety standards and the ability to control risks arising from the activity and how to preserve the grandfather of the necessary environment.

**Keywords:** Crusher. Crusher throughput. The energy consumed. Reduction ratio. Degree reduction.