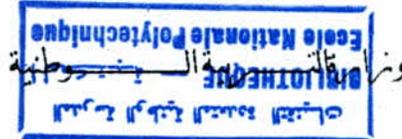


13/96

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département : Génie Minier

Projet de Fin D'Etudes

Sujet

**Préparation Mécanique du quartz
aurifère du gisement de TEKOUYET
(Hoggar)**

Proposé par :
O.R.G.M

Etudié par :
A. SAHI

Dirigés par :
Mr : A. SAADA
O. AHMED-ZOUAOU

Promotion : 1996

E . N . P 10 Avenue Hassen Badi - EL-HARRACH -ALGER

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département : Génie Minier

Projet de Fin D'Etudes

Sujet

**Préparation Mécanique du quartz
aurifère du gisement de TEKOUYET
(Hoggar)**

Proposé par :
O.R.G.M

Etudié par :
A. SAHII

Dirigés par :
Mr : A. SAADA
O. AHMED-ZOUAOU

Promotion : 1996

E . N . P 10 Avenue Hassen Badi - EL-HARRACH -ALGER

DEDICACE



Je dédie ce modeste travail :

- A la mémoire de mon père

- A ma mère pour sa tendresse et les longues

années de sacrifices.

- A mes frères et soeurs.

- A toute ma famille

- A tous ceux qui sont proches de mon coeur.

A. Saïhi



REMERCIEMENTS



Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à :

- **Mr .A SAADA**: Enseignant au département génie minier de l'E.N.P. qu'il trouve ici ma plus profonde reconnaissance pour avoir bien voulu diriger, et orienter ce travail.

-**Mr.O. AHMED ZOUAOUI**: chef du département de valorisation de l'O.R.G.M pour avoir dirigé , guidé ce travail à l'usine pilote de l'.O.R.G.M.
Je lui présente aussi ma profonde gratitude

J'exprime ma reconnaissance à tout ceux qui ont contribué à la réalisation de ces essais à l' O.R.G.M., et plus particulièrement à **M^{rs} A.Djaffar, K.Orife, A.Ainouche , ...**

J'exprime aussi ma reconnaissance à tout ceux qui ont contribué à ma formation

Je remercie également ceux qui ont accepté d'être membres du jury.

Enfin je n'omettrai pas de remercier tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail et en particulier à **M^{rs} T. Mokhtari , K.Hassani, M.Tamzour, C.Kezrane, M.Charrack, A.Sekta, A. ben messaoud, A.Benmelouka , ...**



SOMMAIRE



RESUME DES TRAVAUX EFFECTUES

INTRODUCTION.....1

GENERALITES

1/ La préparation mécanique.....2

2/ L'or.....3

CHAPITRE I: GENERALITES ET THEORIES DE LA FRAGMENTATION

I.1. Généralités.....4

I.2. Quantification des phénomènes de la fragmentation.....6

I.3. Mesures dimensionnelles.....10

I.4. Finesse de broyage.....11

CHAPITRE II: STADE DE LA FRAGMENTATION

II.1. Introduction.....13

II.2. Concassage.....14

1. Définition.....14

2. Les appareils de concassage les plus usités.....14

3. Choix des concasseurs.....19

4. Calculs des concasseurs.....21

5. Prix de revient.....21

II.3. Broyage.....22

1. Introduction.....22

2. Différents types de broyages.....22

3. Appareils de broyage.....22

4. Fonctionnement des broyeurs.....23

CHAPITRE III: CRIBLAGE ET CLASSIFICATION PAR DIMENSION

III.1. Criblage.....	27
1. Définition et objet.....	27
2. Modes de criblage.....	27
3. Surfaces de criblage.....	27
4. Choix des surfaces criblantes.....	28
5. Efficacité de criblage.....	28
6. Capacité de criblage.....	30
7. Facteurs intervenant dans le criblage.....	30
8. Différents types de cribles.....	32
9. Choix d'un type de crible.....	34
10. Prix de revient.....	35
III.2. Classification.....	36
1. Définition.....	36
2. Différents types de classificateurs.....	36

CHAPITRE IV: APERÇU GEOLOGIQUE

IV.1. Introduction.....	39
IV.2. Aperçu physico-géographique de la région.....	39
IV.3. Aperçu géologique de la feuille de TIN-FELKI.....	41
IV.4. Champ filonien de TEKOUYET.....	42
IV.5. Réserves.....	43
IV.6. Conclusion.....	43

**CHAPITRE V: IDENTIFICATION ET PREPARATION MECANIQUE DE
 L'ECHANTILLON**

V.1. Identification de l'échantillon.....	44
1. Etude géotechnique.....	44
2. Etude minéralogique.....	44
3. Conclusion.....	45
V.2. Préparation mécanique du minerai.....	46
1. Recommandations.....	46
2. Concassage primaire.....	49
3. Echantillonnage et analyse granulo-chimique.....	49
4. Criblage et concassage secondaire.....	58
5. Criblage.....	59
6. Concassage tertiaire.....	60
7. Homogénéisation.....	61
8. Echantillonnage et analyse granulométrique.....	61
9. Interprétation des résultats.....	64
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	65
ANNEXES.....	66
BIBLIOGRAPHIE.....	78

RESUME DES TRAVAUX EFFECTUES :

Les travaux, que nous nous sommes proposés d'entreprendre, ont consisté à réaliser des essais directement à l'échelle pilote sur des blocs de minerai aurifère, provenant du gisement de TEKOUYET (HOGGAR).

Le pilotage est indispensable, lorsqu'il s'agit de travailler sur des échantillons de minerai présentant une masse importante, et plus particulièrement : [19]

- Si le minerai est de faible teneur (or, Tungstène, ...etc)
- Si le minerai présente une granulométrie importante.

L'échantillon, qui a été mis à notre disposition, a une concentration en or de 5.6 g / tonne de minerai ; il présente une granulométrie inférieure à 120 mm.

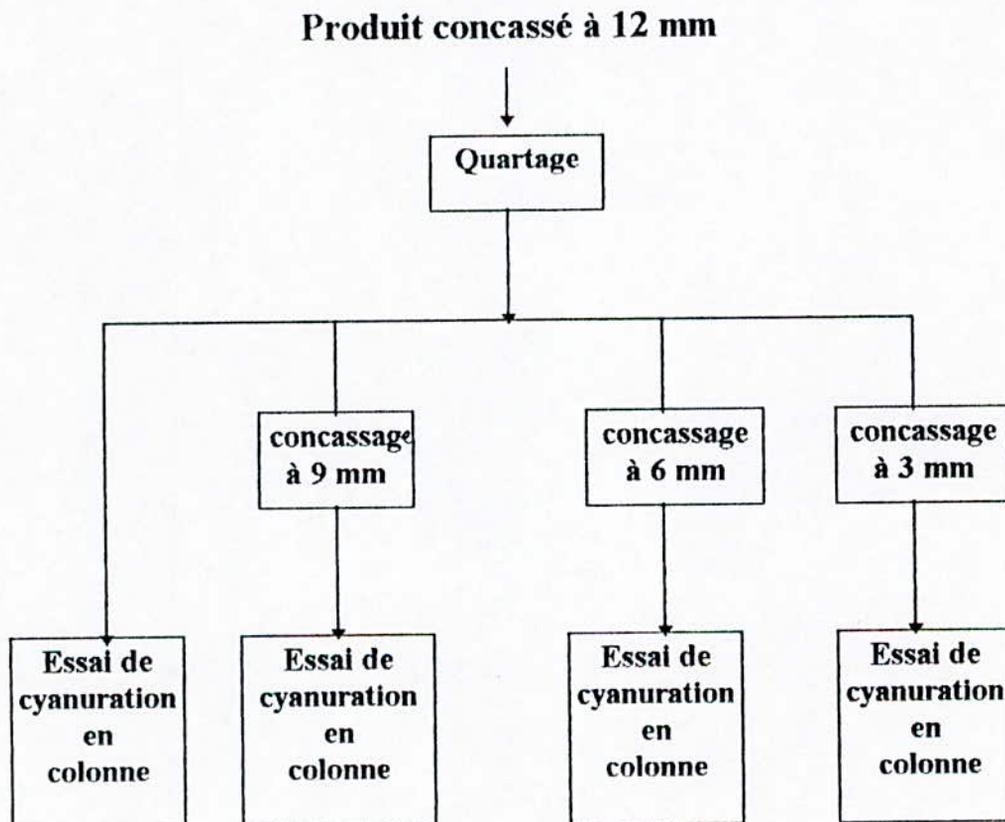
On demande de réaliser une préparation mécanique de ce minerai, en vue de pouvoir satisfaire aux besoins spécifiques de la « cyanuration en colonne ».

A cet effet, l'objectif recherché consiste à pouvoir obtenir un minerai, présentant une granulométrie variant entre 0 - 12 mm.

A première vue, cette granulométrie semble être atteinte par le biais d'opérations de concassage et de criblage (le concassage étant en mesure de réduire les blocs de minerai jusqu'à quelques millimètres).

Il serait judicieux d'ébaucher quelques notions sur les essais ultérieurs, traduisant une cyanuration en colonne (fig.1.).

Fig 1 : Schéma des essais de cyanuration:



INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE: [2 , 5 , 8]

Après épuisement des mines exploitées, présentant des fortes teneurs métalliques, la majeure partie de la production mondiale provient encore de gisements qui étaient déjà exploités il y a 50 ans; d'autre part, on est amené à exploiter des gisements de plus en plus pauvres , qu'il s'agisse de charbon à teneur en cendre élevée, ou de minerai métallique de faible teneur.

L'exploitation de ces gisements conduit à une mécanisation poussée des travaux, ainsi qu'à l'abattage de grandes masses de produits de granulométrie grossière.

Ces produits abattus (production brute) ne s'avèrent être utilisables à l'état où ils se présentent; cela nécessite donc la préparation du minerai, donnant alors un produit répondant aux exigences de l'utilisation (produit de granulométrie bien définie, et dont la teneur en stérile ne soit en mesure de dépasser une certaine valeur).

Cette préparation engendre une préparation préliminaire coûteuse ou « préparation mécanique »; elle sera suivie d'un traitement (enrichissement) physique ou minéralurgie . Ce traitement fait appel à des procédés de flottation, de séparation magnétique , de séparation gravimétrique ,.....etc.

Elles utilisent des propriétés physiques telles que : la densité , la susceptibilité magnétique, etc.

Les usines de traitement physique (ou laveries) sont situées à proximité des mines : Ces usines produisent des concentrés et des stériles .

Les concentrés sont assez riches pour être transportés vers les usines, utilisant des procédés chimiques, hydrométallurgiques ou métallurgiques proprement dits.

Si nous n'arrivons pas à isoler le minéral par l'un des procédés minéralurgiques (cas d'un minéral fortement disséminé) ,on fait appel alors à des traitements pyro et hydrométallurgiques (grillage, lixiviation , extraction , etc.....).

GENERALITES

1/ La préparation mécanique: [1, 3], [4]

* La préparation mécanique regroupe les opérations qui se situent en amont de l'enrichissement des minerais par les procédés minéralurgiques ou hydrométallurgiques.

* Il faut amener le minerai à pouvoir libérer les entités minéralogiques valorisantes des minéraux (minéraux utiles) de la gangue, c'est-à-dire atteindre la maille de libération:

C'est le stade de la fragmentation qui recouvre le concassage et le broyage.

Ces opérations sont couplées avec des opérations de classement, visant soit à obtenir un simple calibrage de la matière fragmentée, soit à soustraire à la fragmentation les grains de dimension requise.

* La classification est effectuée par tamisage (criblage) pour des produits grossiers, correspondant aux stades du concassage et de la première étape de broyage.

* Pour les produits fins, la classification s'effectue le plus souvent en présence d'eau (classification hydraulique); on réalise moins fréquemment la classification à sec.

* Important : [4]

En pratique, il est impossible d'obtenir la libération complète des grains minéraux, car dans ce cas, il faudrait appliquer un broyage très fin, cela conduit donc à une consommation excessive d'énergie (environ 50% de la consommation totale dans le procédé d'enrichissement) très coûteuse.

En outre, un " surbroyage " peut produire des grains trop fins, dont le traitement ultérieur s'avère être difficile; cela conduit donc à une diminution de la teneur en composant utile dans le produit fini (concentré).

Ce qui explique qu'il ne faille broyer qu'à une finesse compatible avec une séparation (concentration ou enrichissement) choisie.

On examinera ensuite l'efficacité de concentration et le revenu net de la laverie pour différents degrés de libération.

2/ L'or

2.1/ Aspect cristallographique, physique et chimique:

(voir annexe 01)

2.2/ Aspect économique de l'or :[18]

* L'or a été exploité depuis au moins 6000 ans . Il a été estimé que plus de 90000 tonnes d'or ont été exploitées jusqu'à présent.

* La production annuelle (1991) est de l'ordre 1800 tonnes, dont le tiers provient d'Afrique de sud.

* Les principaux producteurs de l'or : Afrique de sud, U.S.A , Canada , Australie , Brésil,.....

* L'or a été le principal moyen d'échange monétaire international ces dernières décennies; il est probablement le seul métal , dont le prix n'est pas uniquement fixé par le demande.

-Autres utilisations de l'or : orfèvrerie, bijouterie, industrie chimique, médecine.

2.3/ Lixiviation en tas de l'or :[18]

Il existe deux façons de traiter les minerais de métaux précieux par lixiviation (cyanuration) en tas :

-Lixiviation du minerai tel qu'il sorte de la mine nécessite une période de traitement de plusieurs mois à quelques années

-Lixiviation après avoir concassé le minerai (obtention des dimensions allant de 2 cm à 6 mm), afin d'augmenter le contact entre les métaux précieux et la solution (cyanure), (nécessite une période de quelques semaines à plusieurs mois).

CHAPITRE I
GÉNÉRALITÉS ET
THÉORIES
DE LA
FRAGMENTATION

I-1) Généralités

1) Définition:

On appelle fragmentation (Comminution) l'ensemble des opérations ayant pour but , grâce à l'application de contrainte mécanique, de réduire la taille et /ou augmenter la surface développée de l'unité de masse (surface spécifique) [3a].

2) Finalités de la fragmentation:

La fragmentation peut avoir diverses finalités:

- Soit d'obtenir une réduction de la dimension des corps solides, en vue de faciliter leur manutention , leur conditionnement ou leur utilisation ultérieure.
- Soit, par cette réduction, faciliter les opérations purement physiques, telles que mélanges, dosages, dissolution.
- Soit de permettre ou de faciliter des réactions physico-chimiques ou chimiques, dont la rapidité dépend de l'importance des surfaces exposées, ou du degré de division des matières solides [3a, 3c]

Remarque:

Une connaissance complète et exacte des buts à atteindre représente une première condition pour la détermination des procédés et le choix des appareils ...[3c]

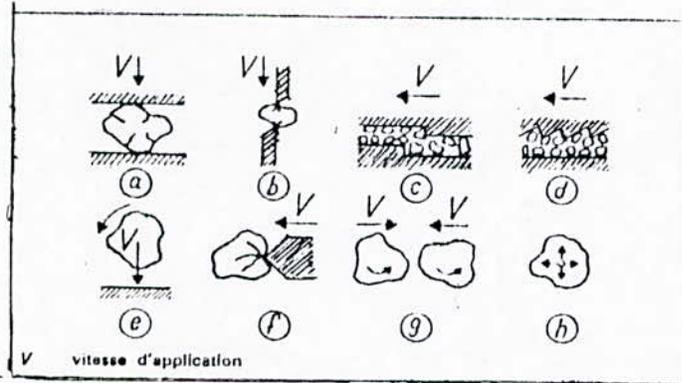
3) Différents modes d'action des forces externes en fragmentation:

[1, 3a, 3c]

La fragmentation est obtenue par la rupture de la cohésion des corps solides sous l'action des forces externes - parfois internes - qui peuvent-être exercées sous l'effet des contraintes suivantes: (**figure 2**)

- a)- Compression lente (écrasement sous vitesse $V=0,1$ à $0,8$ m/s)
- b)- Cisaillement ($V= 4$ à 8 m/s)
- c)- attrition et cisaillement combinés ($V= 4$ à 8 m/s)
- d)- attrition (usure) ($V= 2$ à 30 m/s)
- e)- percussion par projection sur paroi fixe ($V= 15$ à 200 m/s)
- f)- percussion au moyen d'organes mobiles: marteau ou fléaux, boulets, etc.
($V= 8$ à 200 m/s)
- g)- percussion entre particules ou autobroyage
- h)- Autres procédés qui sont moins utilisés:
explosion sous l'action des forces internes d'origine thermique, thermoélectrique, ultrasonique, etc.

FIG .2 Différents mode d'action des forces externes



Remarque:

1°) Le champ des contraintes engendrées par des forces de contact, varie avec leur intensité de distribution; il en est ainsi avec la nature, la forme et les discontinuités structurales du solide

2°) La répartition des contraintes induit le réseau des fissures, dont la densité et l'orientation conditionnent la dimension et la forme des fragments, et, par conséquent la finesse.

3°) La plupart des appareils de fragmentation opèrent en répondant aux critères mentionnés précédemment (a) à (g).

Grosso-modo les appareils de fragmentation peuvent être divisé en 4 catégories :

- appareil à écrasement (compression) alternatif (concasseur à mâchoires et giratoires) et à écrasement continu (concasseur à cylindres).
- appareil à percussion (concasseurs à marteaux articulés, concasseurs à impact,.....).
- appareils à frottement (broyeur à meules, broyeur vibrant).
- appareils mixtes opérant par écrasement, frottement et percussion (broyeur à boulets et à barres, broyeur autogènes).

I-2/Quantification des phénomènes de la fragmentation [2,3a,3c, 4, 7]

1/ - Introduction :

Les sollicitations mécaniques accroissent l'énergie libre des matériaux, qui se convertira sous différentes formes : (énergie de surface, énergie de contrainte élastique, etc.....).

* La quantification fait l'objet de plusieurs travaux théoriques, recouvrant aussi bien les aspects énergétiques et granulométriques, que ceux des transformations dans les équipements

2/- Lois énergétiques:

* L'énergie mécanique de broyage et de concassage dépend de la solidité des roches, de la dimension des blocs et de la granulométrie nécessaire, permettant d'atteindre la maille de libération des grains minéraux.

* Dans le calcul de l'énergie mécanique, on fait intervenir les états initial et final de la granulométrie, et on négligera certaines variables intervenant dans l'opération de broyage (par exemple: la vitesse d'action et la nature des forces, la température, etc.....).

* Trois théories principales traduisent le travail nécessaire pour la destruction de matériaux par le biais de forces extérieures; il s'agit des lois de « Rittinger, Kick , Bond »

2-a/ Loi de “ Rittinger ” (1867):

Suivant cette loi, l'énergie consommée E est directement proportionnelle à la quantité de surface nouvellement créée :

$$E = K_R Q \left(\frac{1}{D_{\max}} - \frac{1}{d_{\max}} \right)$$

K_R : Coefficient de proportionnalité de Rittinger , qui dépend à la fois du matériau et de l'appareil de la fragmentation

Q : Poids du matériau à traiter

D_{\max} , d_{\max} : dimension maximale initiale et finale des particules

* La loi de « Rittinger » est applicable pour une fragmentation fine à ultra fine (< 1 mm) de produits structurellement homogènes

2-b/ Loi de « Kick » (1885)

D'après « Kick », l'énergie, nécessaire pour fragmenter un matériau homogène, est proportionnelle à la variation du volume, donc, au rapport de réduction R:

$$E = K_k \cdot Q \cdot \text{Log}R$$

étant : $R = D_{\max} / d_{\max}$

On obtiendra :

$$E = K_k \cdot Q \cdot \text{Log} \left[\left(\frac{1}{d_{\max}} \right) - \text{Log} \left(\frac{1}{D_{\max}} \right) \right]$$

avec:

K_k : coefficient de proportionnalité de « Kick »
cette loi s'applique de préférence dans le cas d'une fragmentation grossière (> 60 mm), où le degré de réduction semble négligeable .

2-c/ Loi de « Bond » (1951):

* La théorie de « Bond » est largement utilisée dans la pratique, car elle semble plus proche de la réalité; cependant elle n'est pas applicable à tous les matériaux homogènes et ne constitue qu'une approximation.

-D'après « Bond », le travail consommé est exprimé en kilowatt heure ($1\text{kwh} = 3,6 \times 10^6$ j) par short-ton ($1\text{sht} = 0.907$ tonne), Selon la formule suivante:

$$W = 10 W_1 \left(\frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right)$$

avec :

d_{80} et D_{80} : respectivement dimension en microns (μ) des ouvertures du tamis à maille carrée au travers, duquel passent 80% du produit fragmenté et de l'alimentation .

W_i : Indice énergétique de "Bond" (Indice de broyabilité ou Work - Index), qui caractérise l'aptitude à la fragmentation (Broyabilité) de chaque substance .

* Indice de "Bond" est le travail nécessaire en Kwh, nécessaire pour réduire une short - ton de minerai d'une dimension infinie (1 à 2 m) à un d_{80} de 100 μ , (c-a-d, tel que 80% de produit passent au travers du tamis présentant une ouverture de maille de 100 μ)

$$\text{donc : } W_i = K_B \left(\frac{1}{V_{100}} - \frac{1}{V_{\infty}} \right) = 0,1 K_B$$

avec:

K_B : coefficient de proportionnalité de "Bond"

* L'indice énergétique a été déterminé au laboratoire par "Bond" pour des matériaux divers (test sur broyeur à boulets et à barres par voie humide (voir ouvrage [3a])

On peut citer quelques exemples dans le tableau 1

Tableau : Indice énergétique de "Bond" de quelques matériaux [3c]

Nature des matériaux	w_i (kwh/t)
-Barytine	4,73
-Quartzite	9,58
-Quartz	13,57

Remarque:

La formule de "Bond" n'est valable que sous certaines conditions spécifiques:

- broyage humide
- diamètre interne du broyeur: 2,44m (8 foot= 8 pied)
- dimension des produits ($d_{80} > 60 \mu$)

Le tableau 2 donne une liste des divers coefficients correctifs proposé par "Bond".

Tableau 2: Coefficient multiplicateur de W_1 pour des cas particuliers : [3c]

Cas général d'application de la formule de "Bond"	Cas particulier	Coef-multiplication
broyage par voie humide	broyage par voie sèche	1,3
diamètre du broyeur 2,45m (8ft)	$\phi \neq 2,45$	$(2.45 / \phi)^{0.2}$
broyage fin $d_{80} > 60\mu$	$d_{80} < 60\mu$	$(d_{80} + 10.3) / (1.145 \times d_{80})$
circuit fermé	circuit ouvert avec passant au tamis de 100μ	
	50%	1,035
	60%	1,05
	70%	1,10
	80%	1,2
	90%	1,4
	95%	1,57
	98%	1,70
$R = D_{80} / d_{80} \geq 4$	$R < 4$	$\frac{R-1,2}{R-1,35}$

3/Lois de la distribution granulométrique:

Il est important de pouvoir caractériser la distribution granulométrique des grains (composant un matériau) avant et après fragmentation.

* pour ce faire ,différentes lois ont été développées à partir des résultats expérimentaux; il s'agit de la loi de "Gaudin, Rosin et Ramler, Bennett, etc." (voir [3a])

* Il est difficile, à priori, de prévoir quelle relation pourrait s'ajuster au mieux à la distribution granulométrique d'un produit.

En pratique:

La détermination de la distribution granulométrique se fait par classement dimensionnel à travers une série de tamis normalisés; ce classement porte le nom

d'Analyse granulométrique: (voir mesures dimensionnelles (I.3))

I-3/Mesures dimensionnelles:

Les mesures dimensionnelles ont pour but de contrôler le fonctionnement des installations ou la qualité du produit.

1/ Mesure directe :

Au mètre ou pied à coulisse pour les gros fragments (> quelques cm); cette méthode détermine les trois dimensions: longueur(L), largeur (l) , épaisseur (e) d'un parallélépipède rectangle; on définit ici les coefficients de forme suivants:

a/ Indice d'aplatissement: $\alpha = e / l$

Exemple: morceaux plats , quand $\alpha < 0,66$

b/ Indice d'allongement : $\beta = l / L$

2/ Mesure par microscope:

Elle permet d'effectuer des observations jusqu'à $0,2\mu$ par le microscope ordinaire, et jusqu'à $0,01\mu$ par le microscope électronique. Cette méthode donne des information sur le nombre ,forme et dimension de grains d'un échantillon.

3/ Mesure par sédimentation:

Elle est basée sur la différence des vitesses de chute des grains minéraux dans un milieu visqueux.

4/ Mesure par tamisage et criblage (analyse granulométrique):

* La matière à analyser doit-être sèche; on prévoit une série de tamis normalisés, d'ouvertures de maille décroissantes .

* Si la série est constitué de n tamis, on obtient après le tamisage (n+1) tranches granulométriques, limitée chacune par les dimensions des ouvertures des deux tamis successifs.

* Les ouvertures de mailles des tamis, répondant à une progression géométrique de raison : $r > 1$.

* Il existe plusieurs séries de tamis, dont les plus utilisées sont :

4-1/ Les tamis normalisés français (AFNOR):

- De raison : $r = 1,259$ et de module: $m = 31+10$. Log a (a: ouverture en mm) . - Ouverture de base : 1 mm

- Dans cette norme, on appelle tamis : les agrégats constitués par une toile tissée (ouverture carrée) . Ils sont employés pour classer par grosseur les grains, dont les dimensions sont comprises entre 0,04 et 5 mm.

- Au dessus de 5 mm, on opère sur des passoires, qui sont constituées par des plaques perforées.

- Au dessous de 0,040mm, on n'obtient pas des mesures très précises avec les tamis, en raison de l'inexactitude inévitable des toiles à employer (on passe alors à l'examen au microscope).

4-2/ Les tamis tyler (standard screen scale) (U.S.A):

-De raison: $r = 1,44$

- Réalisés en prenant comme base le tamis 200 mesh (mailles), à ouverture de 0,0029 pouce (74 μ) et à files de 0,0021 pouce conformément au standard.

-La désignation en mesh signifie le nombre exact de mailles, contenu dans un pouce linéaire (25,4mm).

4-3/ Autre séries de tamis peu ou pas utilisées:

a/ Les tamis normalisés allemand DIN, numérotés en nombre de mailles par centimètre.

b/ Les tamis B.S (british standard): une ouverture de maille de 63 μ pour le tamis de 200 mesh au lieu de 74 μ (en série TYLER).
le tableau 3 illustre quelques normes de séries de tamis

I-4/Finesse de broyage:

La finesse de broyage est une notion, permettant de comparer entre elles diverses analyses granulométriques.

Elle est définie généralement comme l'ouverture de maille du tamis, sur lequel la proportion de refus est d'environ 5% en poids.

Tableau 3: Series des tamis normalisés

TAMIS		SERIE FINE		SIEVE		FINE SERIE		PASSOIRES, TOLE PERFOREE SIEVE — COARSE SERIE			
AFNOR NF X 11-501	ASTM E 11	TYLER STANDARD	BSA 410	DIN	AFNOR NF X 11-501	ASTM E 11	Screen Designation	Opening	Screen Designation	Opening	
Screen Designation	Opening	Screen Designation	Opening	Screen Designation	Opening	Screen Designation	Opening	Screen Designation	Opening	Screen Designation	Opening
Module	mm	Mesh	mm	mm	mm	Module	mm	Inches	mm		
17	0.040	35	7.925	300	0.053	0.033	0.025	27	0.50	8	203.2
18	0.050	4	6.680	240	0.066	0.037	0.028	28	0.63	6	152.4
19	0.063	5	5.613	200	0.076	0.042	0.032	29	0.80	5	127
20	0.080	6	4.699	170	0.089	0.050	0.036	30	1.00	4	101.6
21	0.100	7	3.962	150	0.104	0.060	0.040	31	1.25	3 1/2	88.9
22	0.125	8	3.327	120	0.124	0.066	0.045	32	1.60	3	76.2
23	0.160	10	2.794	100	0.152	0.075	0.050	33	2.00	2 1/2	63.5
24	0.200	12	2.362	85	0.178	0.088	0.056	34	2.50	2	50.8
25	0.250	14	1.981	72	0.211	0.10	0.063	35	3.15	1 3/4	44.4
26	0.315	16	1.651	60	0.251	0.12	0.071	36	4.00	1 1/2	38.1
27	0.400	18	1.397	52	0.295	0.15	0.080	37	5.00	1 1/4	31.7
28	0.500	20	1.168	44	0.353	0.177	0.090	38	6.30	1	25.4
29	0.63	25	0.991	36	0.422	0.20	0.100	39	8.00	7/8	22.2
30	0.80	30	0.833	30	0.500	0.25	0.125	40	10.0	3/4	19.1
31	1	35	0.701	25	0.599	0.30	0.150	41	12.5	5/8	15.9
32	1.25	40	0.589	22	0.699	0.34	0.200	42	16	1/2	12.7
33	1.60	45	0.495	18	0.853	0.40	0.250	43	20	7/16	11.1
34	2	50	0.417	16	1.003	0.43	0.315	44	25	3/8	9.52
35	2.50	60	0.350	14	1.204	0.50	0.400	45	31.5	5/16	7.93
36	3.15	70	0.295	12	1.405	0.60	0.500	46	40	1/4	6.35
37		80	0.246	10	1.676	0.66	0.630	47	50	1/8	3.17
38		100	0.208	8	2.057	0.75	0.800	48	63	1/16	1.58
		120	0.175	7	2.411	1.00	1.00	49	80		
		140	0.147	6	2.812	1.20	1.25	50	100		
		170	0.124	5	3.353	1.50	1.60				
		200	0.104			2.00	2.00				
		230	0.089			2.50	2.50				
		270	0.074			3.00	3.15				
		325	0.061			4.00	4.00				
		400	0.053			5.00	5.00				
			0.043			6.00	6.30				
			0.038				8.00				
							10.00				
							12.50				
							16.00				
							18.00				
							20.00				
							25.00				

Tous ces tamis, receveurs et couvercles peuvent être exécutés
 soit avec corps en laiton et colle en laiton ou en bronze.
 soit avec corps en laiton et colle en acier inoxydable.
 soit entièrement (corps et colle) en acier inoxydable.

The same sieves, pans and covers are manufactured either with frames of seamless
 spun brass and cloth of brass or bronze.
 or with frames of seamless spun brass and cloth of stainless steel,
 or entirely (frames and cloth) of stainless steel.



CHAPITRE II
STADE DE LA
FRAGMENTATION

II.1 /INTRODUCTION : [2,4]

Grosso-modo on peut distinguer deux stades dans la fragmentation :

- Le concassage
- le broyage.

La distinction entre concassage et broyage est assez artificielle, car les domaines granulométriques de ces deux opérations peuvent se chevaucher .

Les opérations de fragmentation sont caractérisées par le degré de réduction R, qui représente le rapport entre la dimension des plus grands blocs avant et après fragmentation :

$$R = D_{\max} / d_{\max}$$

Avec :

D_{\max} : dimension du plus grand des blocs présents dans l'alimentation .
 d_{\max} : dimension du plus grand des blocs ou fragments obtenus après fragmentation.

On écrit aussi:

$$R = D_{80} / d_{80} \quad (\text{la méthode la plus utilisée})$$

Avec :

D_{80} : dimension des ouvertures carrées du tamis de contrôle, à travers lequel passent 80% du minerai initial .
 d_{80} : dimension des ouvertures carrées du tamis du contrôle, à travers lequel passent 80% du minerai fragmenté. .

Notons que pour chaque appareil de fragmentation, un réglage permet de faire varier le rapport de réduction (R) selon certaines limites.

II.2 / LE CONCASSAGE [1,2,3b,3c,3d,5]

1-Définition:

C'est un enchaînement d'opérations, délivrant des particules de dimensions inférieures à 1 cm.

Le concassage se fait toujours à sec; on distingue les stades de concassage suivants [1] :

a/ Le concassage grossier (primaire ou débitage) :

Il diminue des tailles de blocs, obtenus par abattage, jusqu'à atteindre une dimension inférieure à 100 mm.

b/ Le concassage secondaire (intermédiaire):

Il délivre des éléments de taille inférieure à 25 mm

c/ Le concassage tertiaire (fin) :

Il délivre des fragments de taille inférieure à 10 mm

2- Les appareils de concassage les plus usités:

a/ Concasseurs à mâchoires (opèrent par pression):

1/ Description :

Les blocs sont écrasés entre 2 mâchoires:

. l'une fixe.

. l'autre mobile, animée de mouvement de va-et-vient, formant entre eux un angle bien défini compris entre 20° et 23° appelé angle de prise ou angle de concassage .

Les mâchoires sont rectangulaires, interchangeable, en acier spécial au manganèse.

On distingue deux types du concasseur à mâchoires :

_ Concasseur à mâchoires à simple bielle : (fig 3)

Caractérisé par un faible débit et donne une assez grande production de fines.

Pour ces raisons, il est utilisé généralement au concassage secondaire, son rapport de réduction peut aller jusqu'à 10

_ Concasseur à mâchoires à double bielle : (fig4)

Il est utilisé dans le concassage primaire (débitage); il est capable d'admettre de très gros blocs, d'assurer de grosses productions et de fragmenter des morceaux très durs et abrasifs, son rapport de réduction est compris entre 4 et 8.

2/ Champs d'application des concasseurs à mâchoires :

Ils sont utilisés pour les matériaux mi-durs à extra-durs, abrasifs et secs ou légèrement humides non collants.

EX: matériaux de carrière, minerais divers, carbures,...

b/ Concasseurs giratoires (opèrent par pression):

1/ Description:

Les matières sont réduites par écrasement entre une paroi circulaire fixe (concave) et un cône axial tronconique (noix), monté sur un arbre vertical, mû à sa base par un excentrique (fig 5). Le rapport de réduction de ces appareils est 10 à 12.

On distingue 2 types du concasseur giratoire :

_ Concasseur giratoire primaire (fig 6) : il concurrence souvent le concasseur à mâchoires.

_ Concasseur giratoire secondaire (fig 7) : il concasse plus fin. Il est de profil réversible.

2/ champs d'application des concasseurs giratoires:

Ils sont utilisés pour les matériaux mi-durs à extra-durs, secs ou légèrement humides, non collants.

Remarque:

Avec un minerais argileux, fibreux, ou glissant, le concasseur giratoire s'engorge plus facilement que le concasseur à mâchoires.

c/ Concasseurs à cône:

1/Concasseur à cône type tête standard: (opère par pression) (fig8.a)

Le principe est analogue à celui des concasseurs giratoires, mais ils sont conçus avec des chambres de travail fortement évasées vers le bas, de façon à conserver une suffisante capacité d'évacuation aux réglages fins.

En outre ces machines fonctionnent avec une course importante à la base du cône, facilitant les grandes productions.

Ils sont généralement utilisés dans le concassage secondaire des minerais durs et abrasifs.

- Dimensions maximales des produits à l'entrée du concasseur : 62.5 cm.
- Dimensions maximales des produits à la sortie des concasseurs comprises entre 10 et 2 cm.
- Rapport des réductions compris entre 6 et 8 [3b]

2/ Concasseur à cône tête courte: (fig8.b)

Ils sont de même construction que le type standard , mais avec un profil de chambre de travail moins évasé et une gamme de réglage très fine.

Ils sont généralement utilisés dans le concassage tertiaire des minerais durs et abrasifs .

- Dimensions maximales des produits à l'entrée du concasseur: 25 cm.
- Dimensions maximales des produits à la sortie du concasseur comprises entre 2.5 et 0.3cm.
- Rapport de réduction compris entre 4 et 6.

d / Concasseur à cylindres:

Ils sont employés au concassage intermédiaire et fin des différents minerais et roches.

Les concasseurs à cylindres, qu'ils soient dentés, lisses ou cannelés, ont une structure commune et ne diffèrent que par la forme géométrique de leurs surfaces de travail.

1/ Concasseurs à cylindres lisses :

Le concassage de produits est obtenu par pression continue entre 2 cylindres à axes parallèles tournant en sens inverse (fig 9).

Il est destiné pour le concassage des produits durs et abrasifs même pour les minerais fragiles (blende, chalcopirite,....).

La dimension d'alimentation courante est 25 mm [2] .

Ils concassent plus fin que les concasseurs à mâchoires ou que les giratoires (jusqu'à 1 mm) (pratiquement: 5 ou 10 mm). Ils produisent peu de fines, s'ils sont alimentés normalement.

Les concasseurs à cylindres lisses ont un rapport maximum de réduction plus petit que les autres concasseurs (il dépasse rarement 4) .

2/ Concasseur à cylindres cannelés:

Le concassage est obtenu entre 2 cylindres dotés de cannelures plus ou moins profondes. Ils conviennent surtout pour des opérations de 2^{ème} réduction sur des matériaux modérément abrasifs (demi-durs ou friables, même s'ils sont humides ou collants) .

3/ Concasseur à cylindres dentés :

Ils opèrent à la fois par écrasement entre les noyaux cylindres garnis de dents de forme et de dimensions diverses, par incision et arrachement aux moyens des dites dents. Ils conviennent surtout pour les matériaux friables ou mi-durs même humides et collants .

E/ Concasseurs à percussion : (opèrent par choc) :

Dans la chambre de concassage, la roche est heurtée plusieurs fois par des masses tournantes fixées à un arbre de rotations rapides.

Ils ont un très grand rapport de réduction (20 à 40), peuvent concasser jusqu'à 10 mm, mais présentent le gros inconvénient d'être très sensibles à l'abrasivité. Ils produisent des morceaux plus cubiques que les concasseurs à pression. La proportion de fines est plus forte avec les concasseurs à percussion qu' avec les concasseurs à pression.

On distingue deux types de concasseurs à percussion, suivant que les masses tournantes sont rigides ou articulées sur l'arbre.

1/ Concasseurs à percuteur rigide (fig 10):

Ces appareils ne donnent pas un produit de granulométrie régulière; ils sont applicables pour les produits : tendres non-abrasifs secs ou humides, légèrement collants.

2/ Concasseurs à marteaux articulés: (fig 11)

Cet appareil n'est applicable qu'aux produits tendres non abrasifs, secs ou humide, moyennement collants (charbon, calcaire, minerai renfermant moins de 10% de silice)[5].

3 / CHOIX DES CONCASSEURS :

Le choix des appareils de fragmentation dépend de :

- _ La dimension des produits entrant et sortant des concasseurs ;
- _ La finesse, la dureté, l'humidité et la pollution du produit ;
- _ La production horaire ;
- _ L'usure et la maintenance de l'équipement;
- _ Les coûts d'investissement, etc...

Nous savons que le concassage comprend un enchaînement d'opérations.

Pour chaque opération, l'appareil correspondant peut être défini à partir de 5 paramètres principaux :

- _ La capacité d'admission, qui fixe les dimensions des plus gros blocs admissibles;
- _ Le rapport optimal de réduction(R)
- _ La distribution granulométries des produits à la sortie du concasseur
- _ Le coefficient de forme moyen des fragments (cubique, d'écailles ou d'esquilles).
- _ le coût de la maintenance,....

a / Pour les produits durs et abrasifs:

Tels que les roches, on choisit des appareils agissant par pression lente:

1/ Pour le préconcassage et le concassage primaire:

On utilise donc des concasseurs à mâchoires ou des concasseurs giratoires.

Il est bon de considérer les principes suivants: [3b]

_ On préfère un concasseur à mâchoires à un concasseur giratoire, si la présence de gros blocs dans l'alimentation nécessite pour leur admission une sur capacité importante du concasseur giratoire .

_ On préfère un seul concasseur giratoire à deux concasseurs à mâchoires .

Si A est l'ouverture du concasseur en pouces (laquelle peut-être, généralement assimilée au D_{80} de l'alimentation du concasseur) et Q la capacité (en t/h).

On peut définir un rapport R tel que :

$$R = Q / A^2$$

- . Si $R < 0.115$: on choisit un concasseur à mâchoires.
- . Si $R > 0.115$: on choisit un concasseur giratoire.

__ Pour une ouverture nominale d'admission équivalente, le concasseur giratoire pèse deux fois plus, et coûte trois fois plus cher qu'un concasseur à mâchoires; mais à pleine charge, pour une puissance installée identique, le concasseur giratoire débite 3.5 fois plus. Ce dernier nécessite des fondations plus légères, mais une hauteur supérieure du bâtiment donc une maintenance plus importante qu'un concasseur à mâchoires.

__ La maintenance est très supérieure pour un concasseur giratoire, mais la lubrification est plus efficace, et l'usure par tonne est moindre que pour un concasseur à mâchoires.

2/ Pour le concassage secondaire:

On utilise des concasseurs à mâchoires ou de préférence des concasseurs giratoires ou à cône tête standard.

3/ Pour le concassage tertiaire:

On utilise des concasseurs à cylindres lisses ou cannelés ou de préférence, des concasseurs giratoires à disques ou des concasseurs à cône tête courte .

4/ Pour le concassage quaternaire: (qui se confond Souvent dans la littérature avec le broyage grossier) :

On utilise des hydrocônes, des concasseurs à cylindres, pour des produits fins ou des broyeurs à barres.

b/ Pour les produits moyennement abrasifs :

Tels que les roches tendres ou des produits divers, durs ou semi-durs, peu ou pas abrasifs, on fait appel à 2 types d'appareils :

__ Les concasseurs à cylindres dentés ou cylindre unique et mâchoires courbes, qui peuvent accepter des roches humides et des matériaux collants.

__ Les concasseurs à percussion à battoirs ou à marteau, malgré leur peu de résistance à l'usure et leur frais d'entretien élevé.

c/ Pour les produits mous, élastiques, fibreux ou collants:

On utilise des concasseurs à pointes ou à pic, à cylindres dentés, des brise-mottes à couteau, des trommels concasseurs, des déchiqueteurs à lames pour matières thermoplastiques, des coupeuses d'argiles,...

4/ CALCULS DES CONCASSEURS: [3b]

Il est possible de déterminer les caractéristiques d'un appareil de fragmentation (concassage ou broyage) : dimension , puissance absorbée et installée , capacité , etc., à partir des formules empiriques et d'essais de laboratoire et/ou pilote .

Il est connu que pour un même débit de matière , la taille des appareils et leurs besoins énergétiques variant avec la nature de la roche , le volume à traiter, la dureté du matériau et les dimensions des produits .

On souligne quelques principes généraux :

-Il est prudent de choisir , pour un concasseur, un rapport de réduction toujours inférieur à celui que donne le constructeur afin d'assurer une plus grande efficacité de l'ensemble des appareils .

-Pour une installation donnée, il existe un nombre optimal d'étapes successives de réduction, qui, compte tenu des caractéristiques du matériau , visent à optimiser l'ensemble .

-Si l'on surcharge un appareil , on n'augmente pas forcément la production mais on diminue la durée de vie de ses composants .

-Si l'ouverture de décharge a un réglage trop étroit , on augmente l'usure . Si à l'inverse , le réglage est trop large , on gaspille de l'énergie .

5/ PRIX DE REVIENT : [3e]

Les éléments constituant le prix de revient peuvent se ramener à quatre postes principaux :

- a) coût de la force motrice
- b) frais d'entretien
- c) intérêts et amortissement du capital engagé
- d) frais de main d'oeuvre.

II. 3 BROYAGE :

1/ Introduction : [1]

Le broyage consiste à réduire les produits fournis par le concassage en grains, de taille comprise entre 0.4 et 7 mm. Pour les minerais métalliques, le broyage est poussé jusqu'à une taille inférieure à 0.4 mm (pulvérisation).

2/ Différents types de broyages [3C]:

- broyage à sec (moins de 2 % d'eau dans le produit)
- broyage semi-humide (2 à 25 % d'eau dans le produit)
- broyage en phase liquide ou broyage à voie humide (25 à 300 % d'eau dans le produit).

3/ Appareils de broyage [2]:

Dans la préparation des minerais , le choix se limite la plupart du temps aux broyeurs à barres et aux broyeurs à boulets car :

- Ils sont robustes et simples ;
- Leur surveillance et entretien sont faciles ;
- Ils peuvent broyer fin les roches dures et abrasives à un prix de revient acceptable;
- Ils peuvent travailler en voie sèche et en voie humide .

a/ Broyeur à barres [4,5,6]:

Le broyeur à barres est composé d'un corps cylindrique (tambour), tournant autour de son axe horizontal , et contenant des barres en acier (fig12). Il est généralement utilisé dans le broyage grossier avant les broyeurs à boulets , et dans les installations de tonnage ≥ 25 à 30 t/h.

Les dimensions des morceaux dans l'alimentation peuvent atteindre 15 à 40 mm. Les produits de broyage ont une finesse comprise entre 1 et 2 mm : leur degré de réduction est 20 à 25 en circuit ouvert, et de 40 à 50 en circuit fermé avec un classificateur .

La charge en barres : 35 à 45% du volume intérieur du broyeur, diamètre des barres 40 à 100 mm , consommation d'acier 0.1 à 1 Kg / tonne du minerai traité .

En broyage à sec ; il admet un certain taux d'humidité .

Remarque :

Dans les broyeurs à barres , il n'y a pas de surbroyage , parce que les particules grosses se trouvant entre les barres préservent les particules plus petites de surbroyage ; donc il n'y a aucun intérêt à faire travailler les broyeurs à barres en cycle fermé avec un classificateur .

b / Broyeur à boulets [2,4,5,6]:

Le broyeur à boulets est composé d'un corps cylindrique , tournant autour de son axe horizontal,et contenant des boulets généralement sphériques en acier au carbone , en acier en manganèse ,...etc. (fig13)

- Il est utilisé pour le broyage fin et très fin jusqu'à 10 μ ; dimension maximale des produits à l'entrée : 25 mm.
- Le rapport de réduction entre : 40 et 100.
- La charge en boulets : 40 à 50% du volume intérieur de broyeur.
- Le diamètre de boulets : 25 à 150 mm .
- La consommation des boulets : 0.6 à 2.5 Kg /t de minerai traité .
- En broyage à sec : il exige un minerai ne contenant pas plus de 1 à 2% d'humidité.

Remarque:

Pour éviter le surbroyage des grains de finesse suffisante, afin, d'augmenter le rendement énergétique , le broyeur à boulets est presque associé à un classificateur .

4/ Fonctionnement des broyeurs (broyeur à barres et à boulets) [5][4,6]

Le broyage se fait par le choc des boulets sur les grains à leur arrivée au fond (zone d'impact) , et par l'écrasement entre boulets pendant leur remontée (zone d'abrasion).

On appelle vitesse critique η_c d'un broyeur, la vitesse à partir de laquelle un petit boulet reste constamment plaqué à la paroi par la force centrifuge:

$$\eta_c = \frac{42.3}{\sqrt{D}} \quad \text{tr/min}$$

avec:

D: diamètre du tambour en mètre.

La vitesse admissible est égale : $(0.6 \div 0.7) \eta_c$ pour les broyeurs à barres.

$(0.75 \div 0.9) \eta_c$ pour les broyeurs à boulets.

Fig.3: C.à machoires à simple bielle

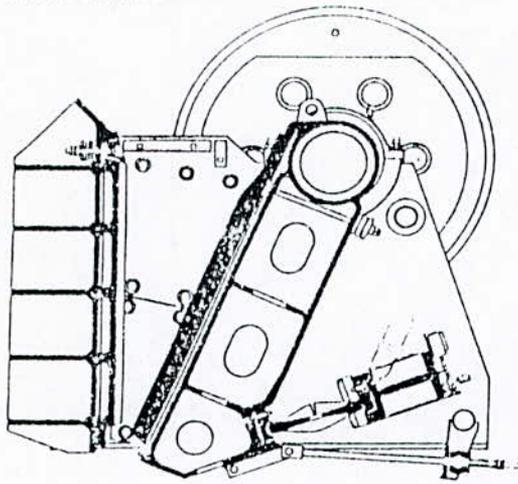


Fig.4: C. à machoires à double bielle

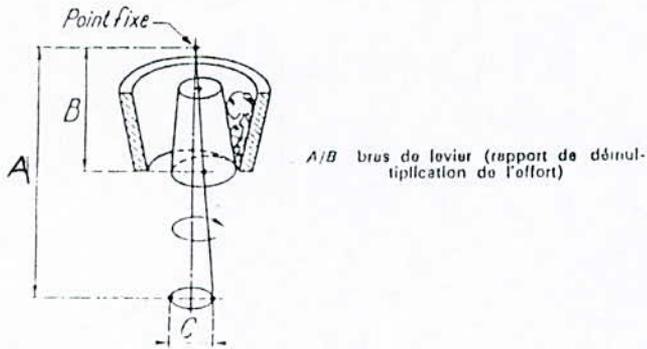
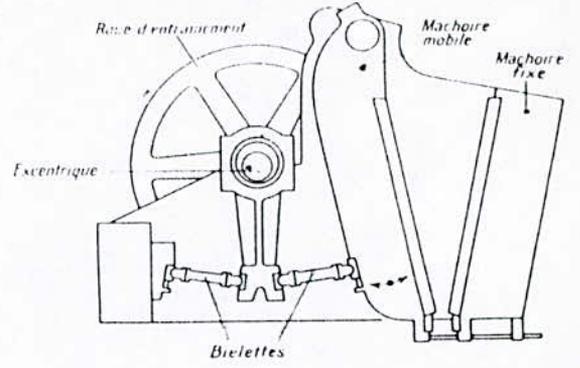


Fig.5: Concasseur giratoire
-Principe-

Fig.7: Concasseur giratoire secondaire

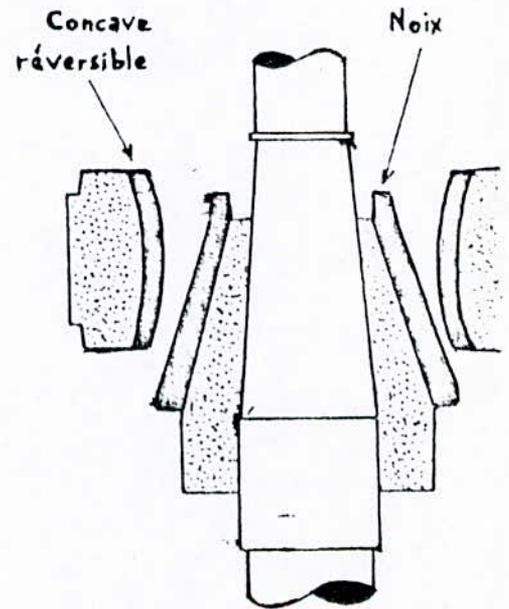


Fig. 6: Concasseur giratoire primaire

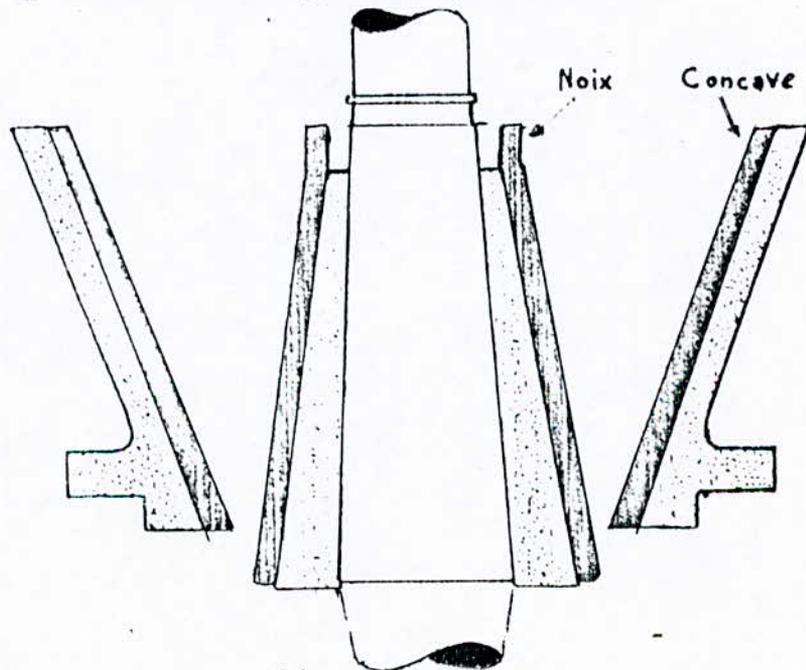
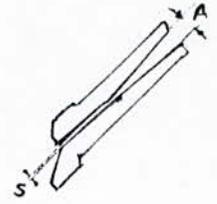
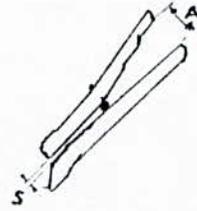


Fig.8: Concasseur à cône:
Formes des cavités interblindage
de la chambre de concassage



(a) Type tête standard

(b) Type tête courte

A: Ouverture d'admission S: Ouverture de décharge

Fig.9: Concasseur à cylindres lisses

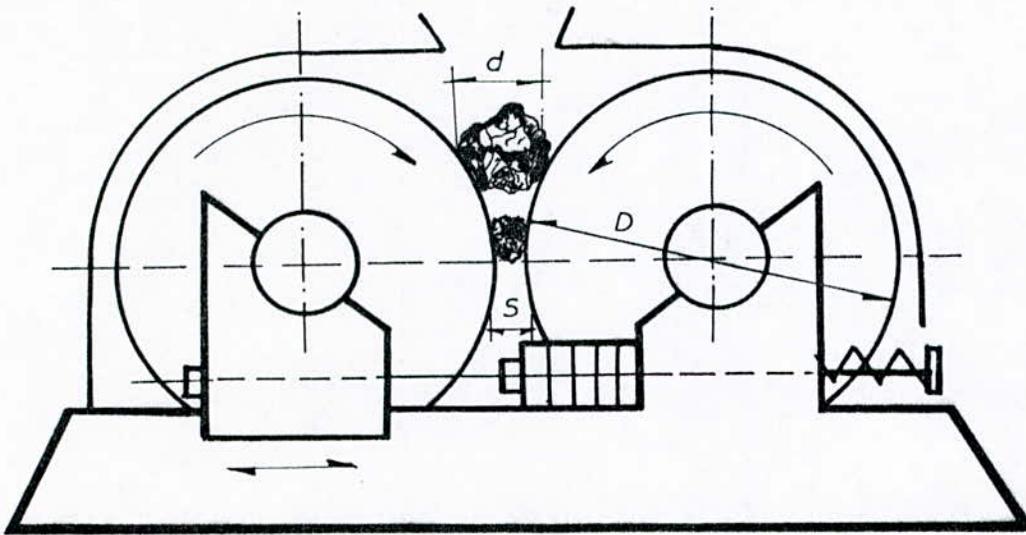


Fig.10: Concasseur à percuteurs rigides

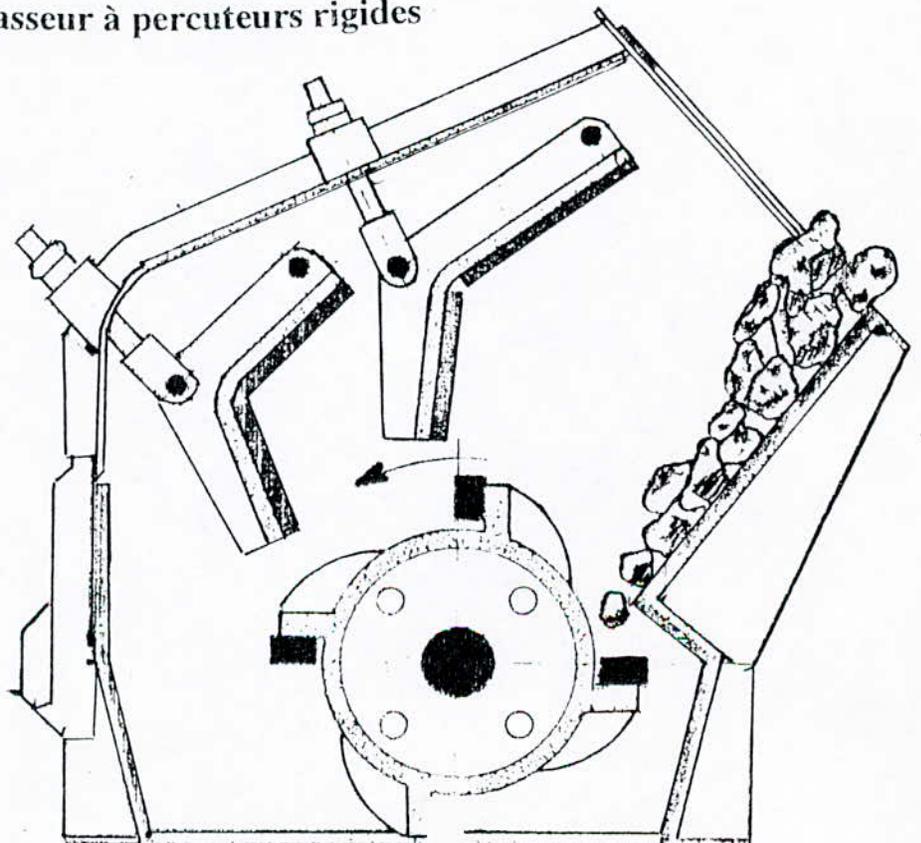


Fig.11: Concasseur à marteaux articulés.

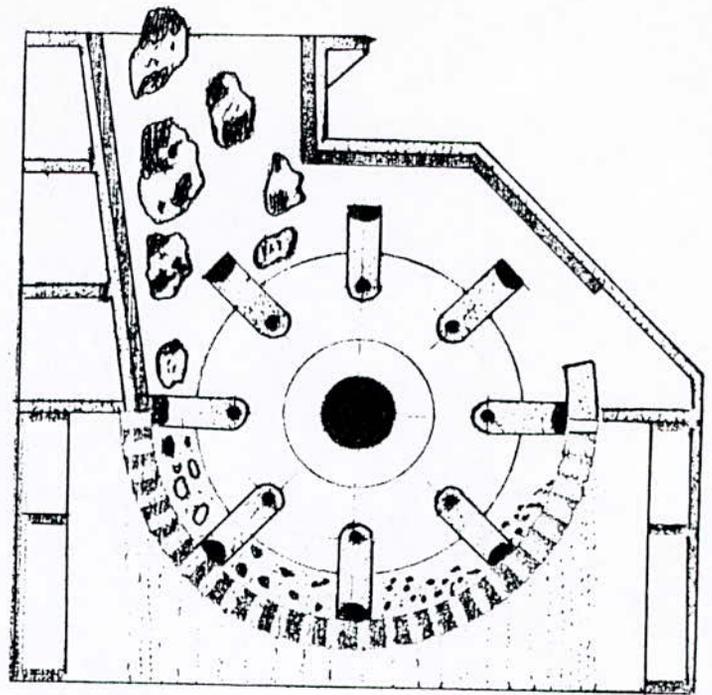


Fig. 12 : Broyeur à barres.

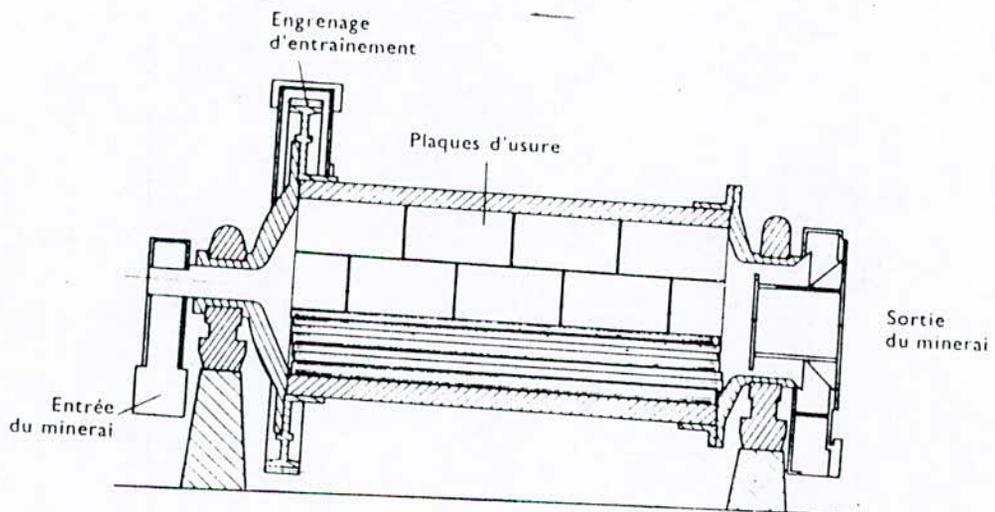
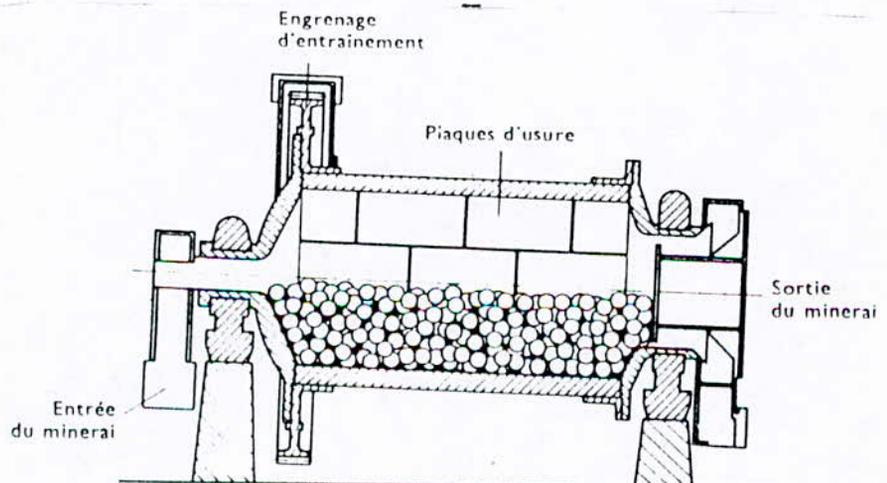


Fig.13 : Broyeur à boulets.



CHAPITRE III
CRIBLAGE ET
CLASSIFICATION PAR
DIMENSION DES GRAINS

III.1 / CRIBLAGE :

1/ Définition et objet du criblage [2,6]:

Le criblage est le procédé de classement sur une ou plusieurs surfaces tamisantes de particules de différentes dimensions par classe de grosseur , afin d'obtenir deux produits :

- Le Refus: ensemble des grains, de dimension supérieure à la maille d'ouverture du crible.
- Le Passé : ensemble des grains, qui passent à travers les ouvertures du crible.

Le Criblage permet des séparations inférieures à 1 mm. Il est employé dans les sections du concassage dans le but de séparer les produits ayant une granulométrie requise des produits qui doivent être concassés; il est important, car il permet d'augmenter la capacité des concasseurs, d'éviter le surbroyage des produits finis et permet d'obtenir des produits mieux calibrés .

2 / Modes de Criblage [4,6] :

Généralement, on distingue deux modes de criblage dans les ateliers de concassage et de broyage:

a/ Criblage Préalable: Employé avant le concassage, pour la séparation des fines, et ne pas charger le concasseur en produits finis, «employé s'il y a plus de 15% de fines ».

b/ Criblage de contrôle: Employé pour la séparation des matériaux concassés des morceaux de minerai plus grands que l'ouverture de sortie (déchargement) du concasseur.

3/ Surfaces de Criblage: [6]

Elles peuvent prendre des formes différentes .
Ils existent trois formes de surface criblante:

- Les toiles tissées métalliques.
- Les tôles perforées.
- Les grilles à barreaux.

4/ Choix des surfaces criblantes[2,4]:

Le choix de telle ou telle surface de criblage dépend des dimensions de produits à cribler, de leur forme, fragilité et abrasivité; ainsi que de la précision de séparation . Les critères d'utilisation sont généralement les suivants:

a/ Grilles à Barreaux :

1 - Criblage grossier (+100 mm):

Dans ce cas, ce sont les grilles inclinées de 20° à 45°, constituées de barreaux parallèles disposés suivant la pente. La section transversale peut être trapézoïdale, carrée ou circulaire (voir fig .14).

2- Criblage très fin (- de 2 mm):

Pour les dimensions comprises entre 2 mm et 150 mm, on peut utiliser des grilles dites "grilles à fissures ": ce sont des grilles de barreaux très rapprochés.

b/ Tôles perforées :

Les tôles perforées sont utilisées pour le criblage gros et moyen (80 à 3 mm).Les perforations ont diverses formes (mailles carrées, allongées , circulaires) (voir fig .15).

c/ Toiles tissées:

Elles sont utilisées pour les criblages moyens et fins de (100 à 1 mm). Le plus souvent les mailles sont carrées , mais elles peuvent-être rectangulaires pour éviter le colmatage .

5/ Efficacité du criblage [2,3F,6]:

On appelle efficacité du criblage (E) , le rapport du poids du tamisat (passant) au poids du produit fin se trouvant dans l'alimentation (tout-venant) ou (mélange des particules avant classement).

Soit:

Q: Poids d'alimentation en t/h

C: Poids du tamisat

T: Poids du refus.

q: teneurs dans l'alimentation du produit ayant les dimensions plus petites que les ouvertures du tamis (crible).

c: teneur du produit fin dans le tamisat

t: teneur du produit fin dans le refus

$Qq/100$: poids du produit fin dans l'alimentation

Donc:

$$E = \frac{C}{Qq} \times 10^4 \quad (1)$$

Bilan du matériau:

$$Q = C + T$$

Bilan du produit fin:

$$Q \cdot q / 100 = C \cdot c / 100 + T \cdot t / 100$$

On prend $c = 100\%$

$$\Rightarrow Q \cdot q = 100 \cdot C + T \cdot t$$

Donc :

$$Qq = 100C + Q \cdot t - Ct$$

$$\Rightarrow C / Q = (q - t) / (100 - t)$$

d'après la formule (1):

$$E = \frac{q - t}{100 - t} \times \frac{10^4}{q}$$

L'efficacité du criblage est appelée rendement de passage.

- Rendement d'épuration de refus, (R) en %

$$R = 100 - t$$

6/ Capacité du criblage (débit) [3F]:

Le débit d'un criblage est la quantité horaire de tout-venant (alimentation) qu'il peut recevoir pour une efficacité donnée.

La capacité de production des appareils de criblage est extrêmement difficile à prévoir, car elle est dépendante d'une vingtaine de facteurs.

A titre d'exemple:

- Facteurs propres au produit à cribler: Granulométrie, coefficient de forme,)
- Facteurs propres au mouvement du crible: Fréquence, amplitude, ...etc.)

7/ Facteurs intervenant dans le criblage [4]:

Sur un crible industriel, le matériau se déplace sous forme d'une couche d'une certaine épaisseur.

Il y a beaucoup de facteurs, qui interviennent dans le passage des grains au tamis; les plus importants sont:

a- La dimension relative d'un grain:

Examinons les conditions du passage au tamis d'un grain sphérique ayant le diamètre d , à travers une maille carrée avec la dimension l .

- Si $0 < d < 0.75 l$, les grains sont appelés "légers", et, ils passent librement au tamis.

- Si $0.75 l < d < l$, les grains sont appelés "difficiles" pour leur passage au tamis; il est nécessaire d'avoir un long laps de temps.

- Si $l < d < 1.75 l$, les grains sont appelés "embarrassants" et ils ne passent pas à travers le tamis, et en même temps, ils empêchent le passage des grains "légers" et "difficiles"

b- Vitesse du mouvement des grains sur une surface criblante:

Les grandes vitesses influant défavorablement sur l'efficacité du criblage .

Il existe donc une vitesse optimale V_{op} tel que:

$$V_{op} = (L - \sqrt{d/2}) \sqrt{g/d} \quad (\text{mm/s})$$

avec:

- L : dimension de maille du tamis (mm).
- d : Diamètre d'un grain (mm).
- g : accélération de pesanteur = 9810 mm/sec².

En pratique : $0.5 < V_{op} < 0.75$ m/s.

Très souvent, la vitesse du mouvement du matériau sur la surface criblante est réglée par le changement de l'angle d'inclinaison d'une surface criblante.

c- Angle d'inclinaison d'une surface criblante :

Le diamètre du grain passant librement au tamis est donné par cette formule:

$$d = L \cos\alpha - h \sin\alpha$$

avec:

- h : épaisseur de surface criblante
 - α : angle d'inclinaison
 - l : longueur de la maille
- (fig.17)

d- Humidité d'un produit:

- Il est quasiment impossible de cribler un produit humide par suite des colmatages des ouvertures.
- Le criblage à sec et d'un produit bien arrosé n'offre pas de difficulté.
- L'humidité est particulièrement nocive dans le cas des minerais argileux et collants (efficacité et la capacité diminuent); dans ce cas, pour remédier au colmatage, il faut procéder à des criblages entièrement arrosés, ou bien on utilise des cribles, dont les toiles sont chauffées électriquement (température maintenue entre 30 et 40 c°).

8/ Différent types de cribles [3F,6]:

On distingue deux catégories de cribles :

- Les cribles fixes : sous forme de grilles sur lesquelles le minerai se déplace grâce à leur grande inclinaison; on utilise les grilles, fixes à barreaux, les grilles courbes , etc.

- Les cribles mobiles (à mouvement mécanique), caractérisés par une efficacité plus grande et un angle d'inclinaison relativement faible.

On utilise les cribles vibrants , trommels, et cribles à résonance,.....etc.

Les plus répandus dans les laveries sont : les cribles vibrants et les grilles fixes à barreaux.

a-Grille fixe à barreaux:

Dans l'industrie, les grilles fixes à barreaux sont destinées à recevoir le tout- venant de mine . Ils se présentent sous forme de barres parallèles fixés par des boulons transversaux; les barreaux ont une section transversale trapézoïde (voir fig 18)

- La distance entre les barreaux l est comprise entre 50 et 300 mm .

- La longueur L du crible est de 2 à 2.5 fois la largeur β

$$L = (2 \text{ à } 2.5) \beta$$

et:

$$\beta = 3 . D + 100 \text{ mm}$$

avec D : dimension du plus gros bloc de tout-venant

- α : angle d'inclinaison varie entre 40 et 45° pour les minerais et de 30 à 35° pour le charbon. (fig.19)

-Efficacité est très basse (50 à 70%)

- Avantage : simplicité de construction et d'entretien.

-Inconvénients : le colmatage des fentes (bouillage , blocage) par des grains difficiles et la perte de hauteur à cause de la grande pente du crible.

b/ Cribles vibrants:

Les cribles vibrants tendent à devenir l'instrument universel de séparation volumétrique.

Leur champs d'application normal est le criblage entre 0.3 et 120.

Equipés d'une à quatre surfaces criblantes superposées, ils fonctionnent horizontalement, mais le plus souvent ils sont inclinés (15 à 30, généralement 20°).

Construction :

- Largeur : 0.5 à 2.5 m
- Longueur: 1 à 7m
- Fréquence des secousses de 650 vibrations par minute pour course de 10 à 15 mm , à 3000 vibrations par minute pour course de 3 mm.
- Vitesse d'avancement : 0.2 à 0.8 m/s
- Efficacité peut atteindre 90 à 95 %

On distingue trois types des cribles vibrants:

1- *Cribles à toile vibrante tendue sur châssis fixe (pour le tamisage fin)*

2- *Cribles à châssis vibrant:*

a- Cribles inclinés (12 à 25°):

Actionnés soit par un mécanisme à excentrique (fig.20.a), soit par un arbre balourds (fig.20.b), Ils sont largement utilisés .

b -Cribles horizontaux :

Actionnés par un mécanique à double balourds (fig.20.c), conviennent pour les criblages fins et moyens(jusqu'à 40 mm , exceptionnellement 60 mm)

c- Cribles horizontaux ou inclinés :

Actionnés par vibreurs électromagnétiques. Ils sont surtout utilisés pour les criblages fins (0.5 à 0.8 mm)

9/ Choix d'un type du crible (3F):

Le choix est guidé par la nature du travail et dans une certaine mesure par la diminution des emplacements disponibles (spécialement la hauteur), ainsi que de la répartition dans l'espace des produits classés.

a- Criblage à sec:

1- Pour les opérations portant sur du gros tout-venant (*précriblage* , *calibrage*,.....):

On a le choix entre grille fixe(pour une opération sommaire) , grilles mécaniques et cribles vibrants ultra-puissants.

2- Pour les opérations portant sur le criblage proprement dit :

Le choix des cribles vibrants et les cribles à résonance.

-L'emploi des cribles inclinés, plus étendu que ceux des cribles horizontaux (leur construction mécanique est simple et la gamme de séparation / 1 à 250 mm au lieu de 1 à 80 ou 100 mm).

-Les cribles horizontaux sont employés, dans le cas où des impératifs d'installation limitent la hauteur disponible.

3- Pour le criblage fin (*tamissage*):

Le choix entre tamis plans à mouvement giratoire et tamis vibrants électriques ou électromagnétiques.

b/ Criblage à l'eau:

On utilise les mêmes appareils dans le criblage à sec , mais avec l'adjonction de rampes d'arrosage .

L'arrosage permet l'entraînement plus rapide des fins à travers les ouvertures des cribles , et contribue aussi à améliorer le rendement de l'opération; un bon arrosage permet le délayage des impuretés de nature argileuse ou limoneuse.

L'action de l'arrosage sur le rendement de cribles varie fortement avec l'ouverture de la maille; on distingue:

- Pour les mailles comprises entre 1.6 et 6 mm / la capacité de passage serait multipliée par 3, et le rendement est maximal.

- Pour les mailles comprises entre 8 et 20 mm / le débit serait multiplié par 1.25

- Au dessus de 30mm : L'arrosage est sans influence notable.

c/ Criblage de produits humides:

Ce sujet dépasse les limites de ce mémoire; mais notons que le criblage fin des produits humides se heurte à des grandes difficultés, d'une part à cause de la grande viscosité de la masse, et d'autre part à cause du colmatage plus ou moins rapide des ouvertures de la surface criblante (ouvrage [3f]).

10/ Prix de revient des opérations de criblage[3f]:

Les éléments de prix de revient :

- a) remplacement des surfaces cribles (spécialement les toiles);
- b) pièces de rechange (en dehors des surfaces criblantes);
- c) l'entretien;
- d)consommation d'énergie (elle représente un élément mineur du prix de revient).

III.2 CLASSIFICATION PAR DIMENSION [1,2]:

On traite ce sujet par une simple énumération.

1) Définition :

La classification des grains suivant leurs dimensions (pour les séparations inférieures à 1mm) est un procédé basé sur la vitesse de déplacement de grains dans un fluide (eau, air) sous l'action de la pesanteur ou de la force centrifuge.

La sédimentation se produit en masse et toujours par équivalence (solide équitombant) (deux particules sont équitombantes quand leurs vitesse limites de sédimentation sont identiques) [1].

La classification , effectuée dans la section du broyage, a pour but :

- D'éviter un surbroyage inutile des particules ayant atteint la finesse voulue.
- De rebroyer les grains les plus gros que la maille de libération désirée.
- D'augmenter l'efficacité et le rendement des broyeurs.

Les opérations de classement par dimension sont réalisées avec des appareils appelés: classificateurs, faisant un seule coupure, donc donnant deux produits:

- Une sur-verse (over flow) constituée par les grains fins.
- Une sous-verse (underflow) constituée par les gros grains.

2/ Différents types de classificateurs:

On peut les classer (suivant le fluide utilisé et les forces mis en jeu) de la manière suivante:

a- classificateurs hydrauliques utilisant la pesanteur :

(cônes , hydroséparateurs, caisses pointues , classificateurs mécaniques).
Ils effectuent des coupures comprises entre 1 et 2 mm et 50 μ .

b-classificateurs hydrauliques utilisant la force centrifuge:

(hydrocyclone, centrifugeuse) effectuent des coupures à quelque μ .

c- classificateurs pneumatiques :

(moins utilisés) (cyclones, séparateurs centrifuges, dépoussiéreurs).

Fig.14 : Barreaux profilés ayant la section:

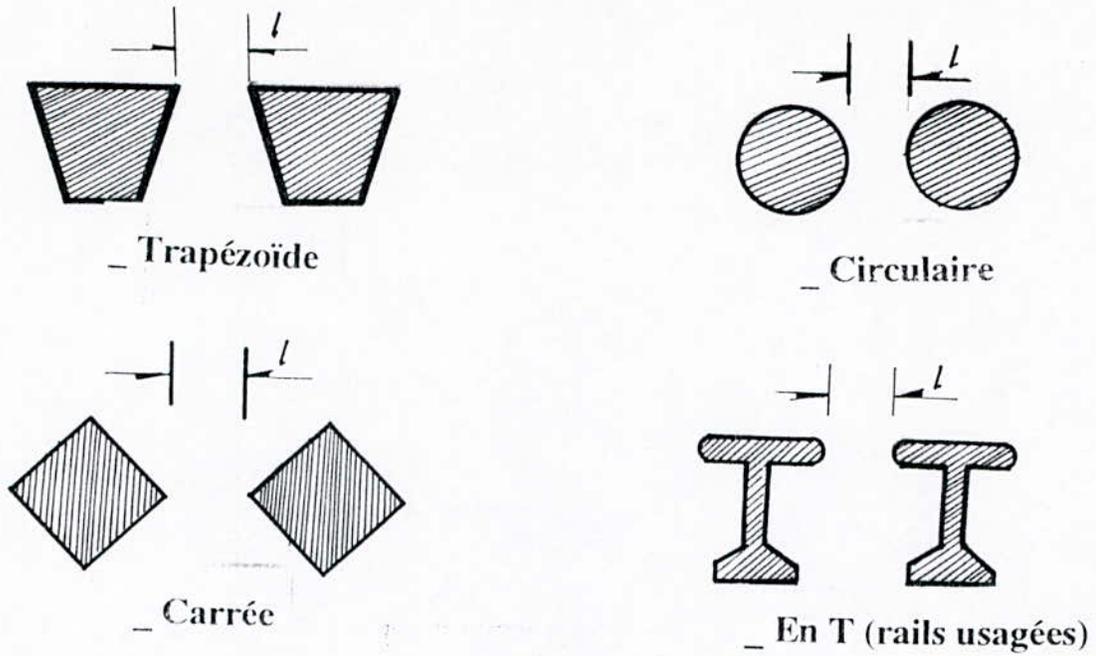


Fig.15: Perforations dans des tôles de forme :

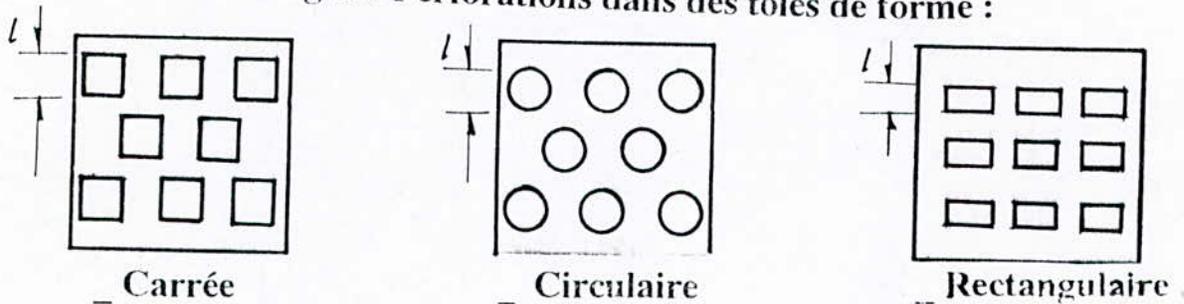


Fig.16: Toiles métalliques tissés à mailles:

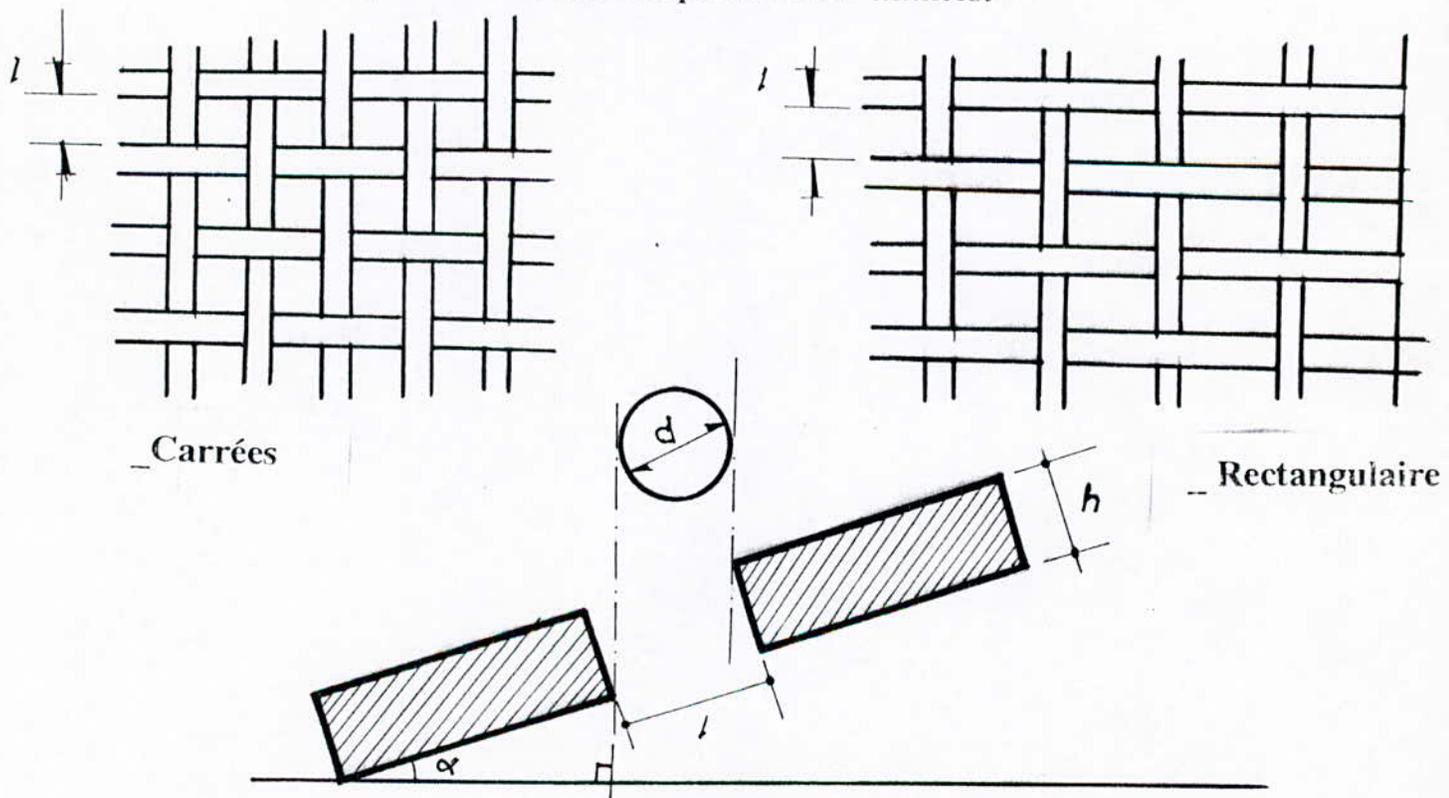
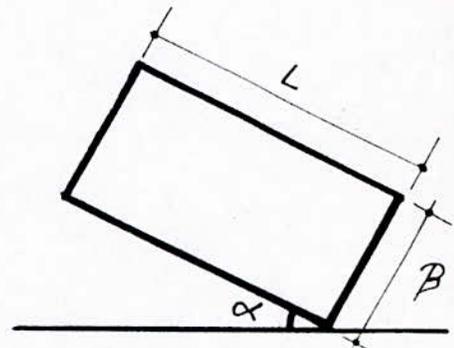
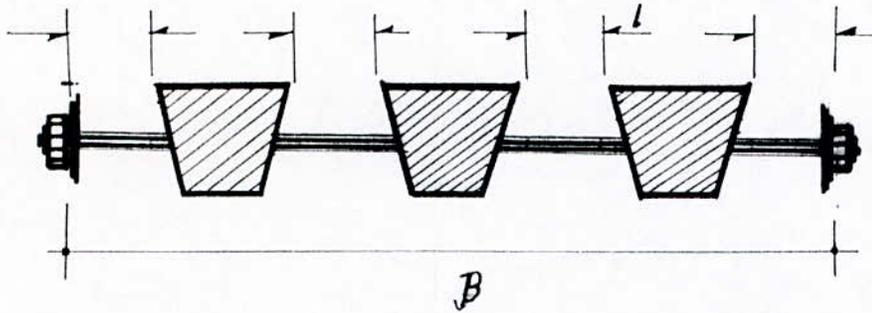


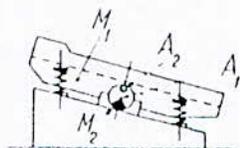
Fig.17: Schéma de passage d'un grain isolé dans tamis incliné

**Fig.18: Crible à barreaux fixes
(vue en coupe)**



**Fig. 19: Crible à barreaux fixes
(vue latérale)**

Fig.20: Cribles vibrants



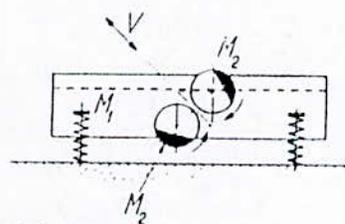
A_1 axe de rotation de l'arbre
 A_2 axe de rotation de la caisse
 M_1 masse de la caisse
 M_2 balourd de compensation (équilibre du poids de la caisse)

(a) commande par arbre excentrique



M_1 masse de la caisse
 M_2 masse du balourd

(b) commande par arbre balourdé



M_1 masse de la caisse
 M_2 masse des balourds conjugués
 V orientation des vibrations

(c) commande par deux balourds conjugués (vibrations orientées)

CHAPITRE IV

APERÇU GÉOLOGIQUE

IV-1/ INTRODUCTION:[10]

D'après la tectonique, la feuille de TIN-FELKI est compartimentée en blocs méridiens et en blocs Nord-Est.

Le gisement de l'Oued TEKOUYET fait partie d'un bloc N.E.

2/ APERCU PHYSICO-GEOGRAPHIQUE DE LA REGION:[10;11]

La région d'étude est située à 130 Km au Sud-Ouest d'IN-ECKER, le long de la route transsaharienne. Le périmètre d'étude, feuille de TIN-FELKI est située au sein du bouclier Touareg (HOGGAR).

En outre, la feuille étant le prolongement naturel au Nord du RCCP (rameau central de la chaîne pharisien), elle est délimitée par 4° à 5° de longitude Est, et 23° à 24° de latitude Nord, correspondant aux coordonnées rectangulaires:

X=602-----705 Km

Y=2544---2654 Km (fig.21)

A l'Est, le relief est accidenté: Chaînes de montagne culminent à 1700 mètres d'altitude (Adrars Tegorak, Tanatara).

A l'Ouest la région est représentée par un plateau désertique.

Dans la partie Nord de la feuille, les eaux sont drainées par un ruissellement rare et fort, et affluent dans le TEKOUYET; le réseau hydrographique au sud de la feuille draine ses eaux vers l'Oued Ahmed dans les limites de la feuille SILET.

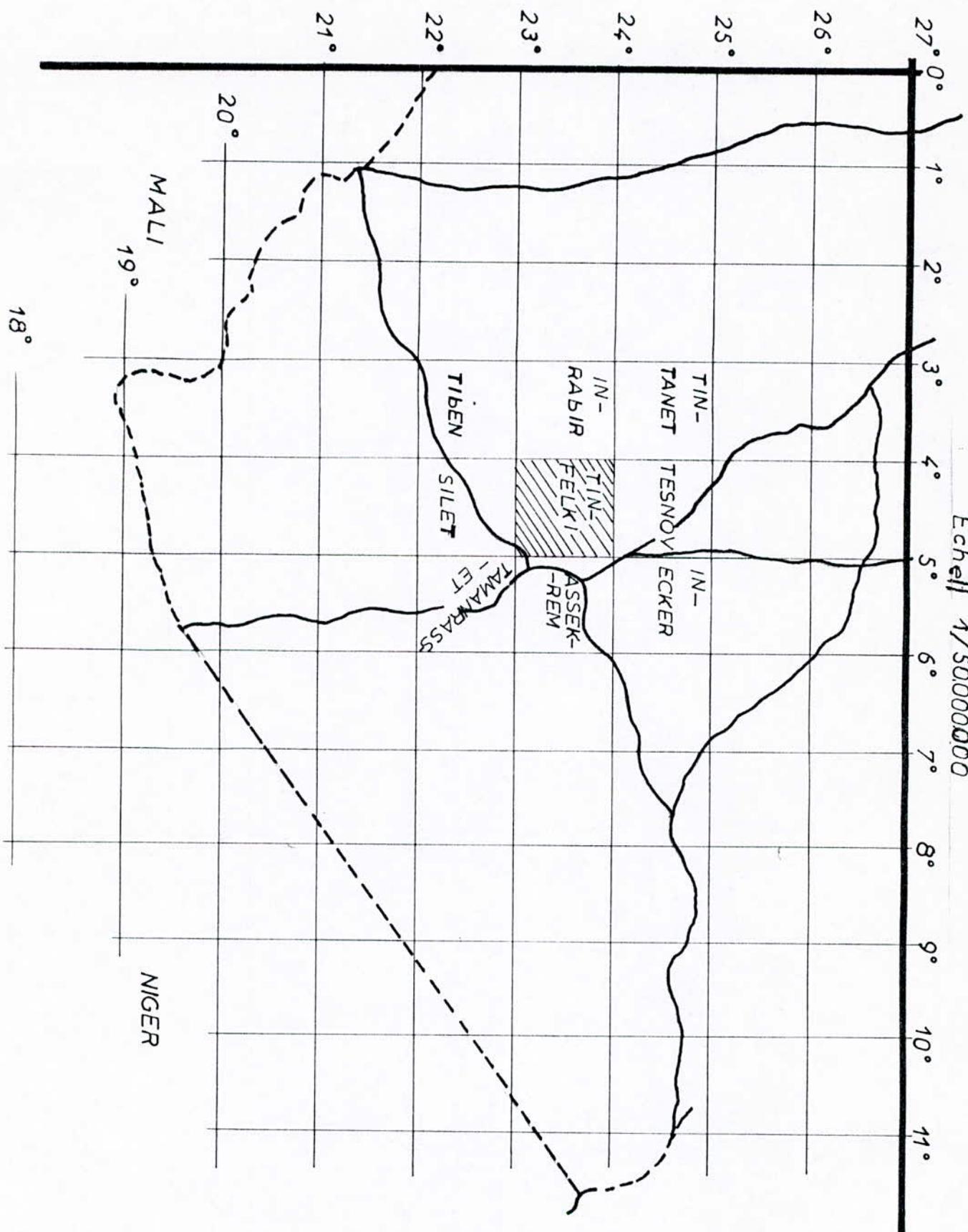
Les points d'eaux forts rares, se localisent dans les lits d'oued les plus importantes sont: (TIN-FELKI, TANOUMELLET,...).

Le climat est nettement continental désertique avec de grandes variations des températures :

Été torride: 40 C°

Hiver : 20° C - 25 °C

Fig.21: Positin de la feuille de « TIN-FELKI »
Echell 1/50000000



3/APERCU GEOLOGIQUE DE LA FEUILLE DE TIN-FELKI:[10]

La feuille de TIN-FELKI est la suite des grandes traits structuraux et géologiques mis en évidence dans les feuilles déjà étudiées plus au sud (SILET, TIMGAOUINE, etc.,.....), néanmoins, certaines différences sont mises à jour

a-Le protérozoïque(PRZ) est subdivisé en trois ensembles:

- Ensemble inférieur, correspondant au PR1 (d'après la lithologie cet ensemble est assimilable à la série de l'Arrechoum).
- Ensemble moyen correspondant au PR2 (cet ensemble est absent dans les limites de la feuille).
- Ensemble supérieur correspondant au PR3 (cet ensemble équivalent au pharisien, correspondant à un seul cycle).

b-Le Pan-Africain est subdivisé en:

- Série inférieure de plate forme(Quartzite, Marbre)
- Série moyenne volcano-detritique
- Série supérieure, discordante, représentée par un volcanisme basique; cette série, supérieure recouvre même les granites et granodiorites du complexe différencié "AFEDAFEDA"
- Série de conglomérats polygéniques

c- Le magnétisme mis en place lors de l'orogénèse Pan-Africain est subdivisé en complexes:

- Complexe ultra basique SEKSENE AHNI
- Complexe différencié "AFEDAFEDA" équivalent à TINTIKA DOUIT.
- Complexe granitoïde ADERNIBA équivalent à IMEZZARENE
- Complexe post-tectonique

d-Tectonique :

la feuille de TIN- FELKI est compartimentée en blocs méridiens et en blocs Nord-Est; certains blocs sont favorables pour des minéralisations, telles que celles de l'or (Au) , W, Nr ,etc.

La distribution de l'or est localisée dans un bloc de direction Nord-Est limitée par deux (02) accidents majeurs de même direction; le gisement de TEKOUYET, indice d'ISSELFANE le gîte aurifère et polymétallique de TAN-CHAFFAO font partie de ce même bloc N.E.

4/CHAMP FILONIEN DE « TEKOUYET »:[10;11]

Le champ Filonien de TEKOUYET se trouve dans la partie centrale de feuille AFEDAFEDA , dont le périmètre est délimité par les coordonnées 23 °28' - 23° 40' Lat .N. et 4°18' - 4°30' Long .E.

Cette unité est constituée par une grande variété de roches allant des termes ultra basique aux termes acides recoupés par des Dykes de composition acides à basique; le faciès basique est représenté par des diorites, gabbros, norites et des pointements de pyroxenolites et péridotitides serpentinisés.

La faciès acide est représenté par des granites et granodiorites.

L'effet de la tectonique cassante à engendré de vastes zones de direction méridiennes à subméridiennes ou diagonales (N.E)

. Le champ filonien de TEKOUYET comprend de nombreux indices d'or, de formation quartz-Aurifère ; près de 400 filons aurifères ont été localisés.

La longueur la plus courante des filons est de 50 à 100 mètres la puissance variée de 0.1 à 1.2 mètres atteignant parfois 2.00 à 3.00 mètres; en générale les filons se disposent en échelons ou chapelets, et pressentent souvent des rétrécissements et des gonflements en direction .

Les filons sont constitués de quartz de trois générations :

-La première génération est représentée par des quartz de teinte noire, gris foncée, fumée .

-Le quartz de la deuxième et la troisième génération est minéralisé, il est de couleur laiteuse avec des teintes d'hydroxyde.

La plupart des filons sont très peu sulfurés; la plupart des filons contiennent de l'or visible à l'oeil nu. L'or est constaté dans les épontes , et à une certaine distance des filons.

Les minéraux métalliques courants sont:
Or, Galène, Pyrite, Hématite, Chalcopryrite .

Les minéraux secondaires sont:
Limonite, Malachite, Covellite, Chalcosine, Cérusite, et parfois Barytine.

5/ RESERVES:

Les réserves globales du champ filonien de TEKOUYET sont évaluées entre 3 et 4,9 Tonnes d'or, avec un teneur moyenne de 12g/t .

Notons que les gisements de TIN-FELKI sont classés dans la catégorie C (possible) avec les conditions provisoires suivantes:

- a/ Teneur à la limite d'exploitabilité des filons est de 5g/t .
- b/Teneur minimale de coupure est 2g/t .
- c/ La puissance exploitable minimale est de 0,7 mètre .

6/CONCLUSION:

L'or est essentiellement lié au protérozoïque supérieur dans le RCCP (rameau central de la chaîne pharisienne).

D'après certains travaux antérieurs dans le synclonorum du HOGGAR occidental, on aboutit à la mise en évidence de toute une série d'indices et de régions aurifères favorables, définissant une ceinture aurifère s'étendant sur 400 Km du Sud au Nord; cette série recèle de nombreux indices, petits et moyens gisements espacés (TEKOUYET, HADDOK, TASKET, ISSELFANE,...) .

Les concentrations en or (Au) sont contrôlées par des failles N.E , d'extension régionale délimitant ainsi des blocs tectoniques de même direction; le gisement de TEKOUYET , le gîte aurifère et polymétallique de TAN-CHAFAO, l'indice d'ISSELFANE appartient au même bloc N.E .

Notons que le gîte de TAN-CHAFAO est favorable pour des minéralisations telles que celles de L'or, Pb, Ag, As et Mo.

CHAPITRE V
IDENTIFICATION ET
PREPARATION
MECANIQUE DE
L'ECHANTILLON

V-1/ IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON:

L'échantillon disponible au niveau de l'entreprise « O.R.G.M », provenant du gisement de « TEKOUYET », s'identifié ainsi :

Cet échantillon, sous forme de blocs ayant de dimensions comprises entre 50 et 120 mm (d'après une analyse sommaire), explique que nous n'ayons pas cherché à déterminer sa distribution granulométrique.

1°/ ETUDE GEOTECHNIQUE:

L'étude, effectuée au Laboratoire géotechnique de « l'O.R.G.M », a permis d'établir les résultats suivants :

- Absorption : 0,15;
- Porosité : 1,85;
- Poids volumique = 2,64 g/cm³;
- Poids spécifique = 2,69;

2°/ ETUDE MINERALOGIQUE:

L'études minéralogique, réalisée au Laboratoire de minéralogie de « l'O.R.G.M », sur une section polie a donné les résultats suivants: (tableau 4).

Tableau 4 : Résultats d'étude minéralogique.

Minéraux primaires	Morphologie des grains	Taille des grains (mm)	Teneurs des minéraux (%)
Or natif	1/ finement disséminés 2/grains fins, xénomorphe parfois avec des limites droites (fig.1 annexe 02)	< 0,005 0,005-1,0	<1,0
Pyrite	finement disséminé	<0,005	<<1,0
Chalcosine	amas de grains résiduels	individus de moins de 0,05-0,1	<1,0

Texture : disséminé à disséminé résiduel.

En outre, le minerais a une dureté égale à 7 (échelle de « MOHS »).

Description:

L'échantillon représente une masse de quartz filonien minéralisé. La minéralisation métallique est représentée certainement par deux associations paragénétiques (d'après la 1^{ère} observation) ,

- La première : pyrite + or natif
- La seconde : chalcosine.

L'or est observé sous deux formes principales : finement disséminée et l'autre de l'ordre granulométrique fin; cet or est localisé essentiellement dans la microfissurété; comblée par l'hydroxyde de fer métallocoïdale (fig.2 annexe: 02) cette localisation est dûe probablement au phénomène de remaniement métasomatique.

la chalcosine est intensivement hypérogénésée avec formation :
hydroguéthite + malachite .

3°/CONCLUSION:

-La minéralisation importante or ou Au est représentée sous deux principales formes: finement disséminée (< 0,005 mm) et l'autre de l'ordre granulométrique fin (entre 0,005 et 1mm); l'or doit être enrichi par les méthodes chimiques (par ex : lixiviation)

-Les blocs du quartz aurifère de TEKOUYET sont durs, abrasifs, secs et non collants.

-La préparation mécanique de ce minerai exclut l'emploi des concasseurs à percussion; on s'en tiendra donc à l'emploi de concasseurs opérant par compression: concasseur à mâchoires, à cône, giratoires et à cylindres ...etc.

VI-2 /PREPARATION MECANIQUE DU MINERAL:

1/Recommandation :

- Sur le plan technico-économique, le nombre de stades maximum ne doit pas dépasser 3 étages [12].

-Le criblage préalable est utilisé quand il y a plus de 15% en masse de produits de dimension inférieure à l'ouverture de déchargement du concasseur [3b].

-Capacité d'admission pour les appareils de fragmentation [3e]:

a/ Cas d'une alimentation automatique:

Il est indispensable que la plus grande dimension des plus grands fragments à concasser soit nettement inférieur de 10% à la plus petite dimension de la section d'entrée de l'appareil .

b/ Cas d'une alimentation manuelle: (contrôle s'effectue par un ouvrier)

Il sera possible de présenter les blocs dans le sens convenant le mieux à leur admission.

-Le criblage de contrôle est presque partout indispensable; il s'avère économiquement justifié dans le dernier étage de concassage [12].

-Le *schéma global* de préparation mécanique que nous avons retenu est représenté dans la (fig . 22) .

-Le *schéma de concassage* est représentée dans la (fig.23) dont le 1^{er} et le 2^{em}e étage sont réalisés en cycle ouvert, tandis que le 3e en cycle fermé.

Fig.22 : schéma de préparation mécanique pour les essais ultérieurs

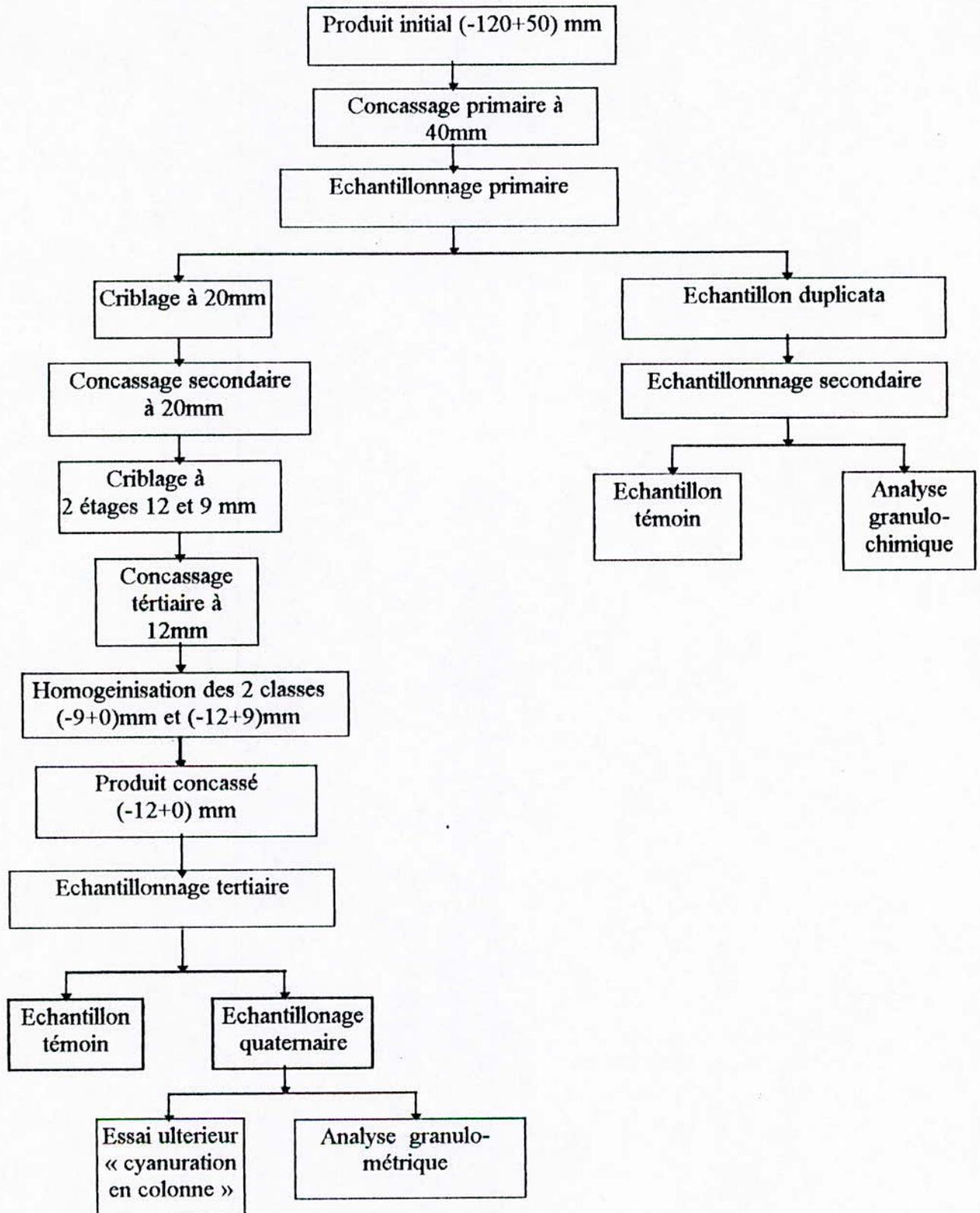
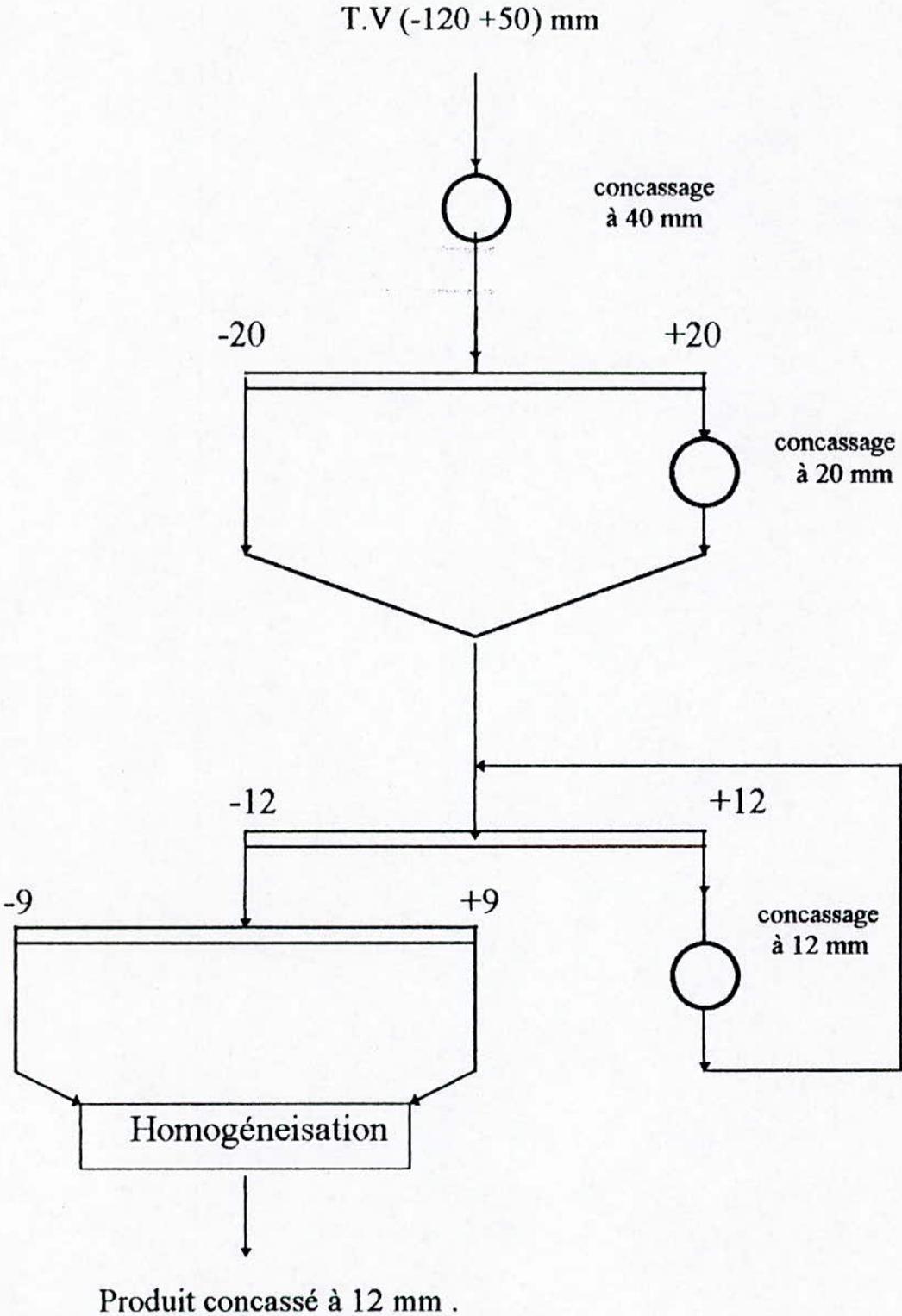


Fig 23 : Schéma de concassage en 3 étages



2/ CONCASSAGE PRIMAIRE (A 40 mm) :

-On a exclu le criblage préalable, car le tout-venant est représenté sous forme de blocs (>40mm) (poids net : 3490kg).

-La dimension des blocs à concasser est relativement importante par rapport au débit horaire (débitage manuel).

C'est pourquoi, le choix à été fixé sur le concasseur à mâchoires,présentant les caractéristiques principales suivantes:

- Type : concasseur à mâchoires (simple mâchoire MN 931/4).
- Ouverture: 150 mm , largeur de mâchoire : 300mm.
- Calibre à l'entrée :130mm.
- Granulométrie à la sortie entre : 50 et 12 mm.
- Production : 1,2 à 1,5 t/h.
- Puissance absorbée : 7,5 KW.
- Nombre de tours : 300 Tours/minute.

- Le rapport de réduction est par conséquent égal à :
 $R_1 = 120 / 40 = 3$

- Les produits concassés sont stockés dans des chariots (capacité 550 kg chacun) .

3/ ECHANTILLONNAGE :

L'échantillonnage s'effectue manuellement.

3-1 ECHANTILLONNAGE PRIMAIRE:

La procédure opératoire de l'échantillonnage est la suivante:

On soulève le chariot (2) l'un après l'autre à l'aide d'un palan électrique (1) (fig .24) , on déverse leur contenu dans une sauterelle (3) .

La sauterelle verse les produits dans un chariot(4).

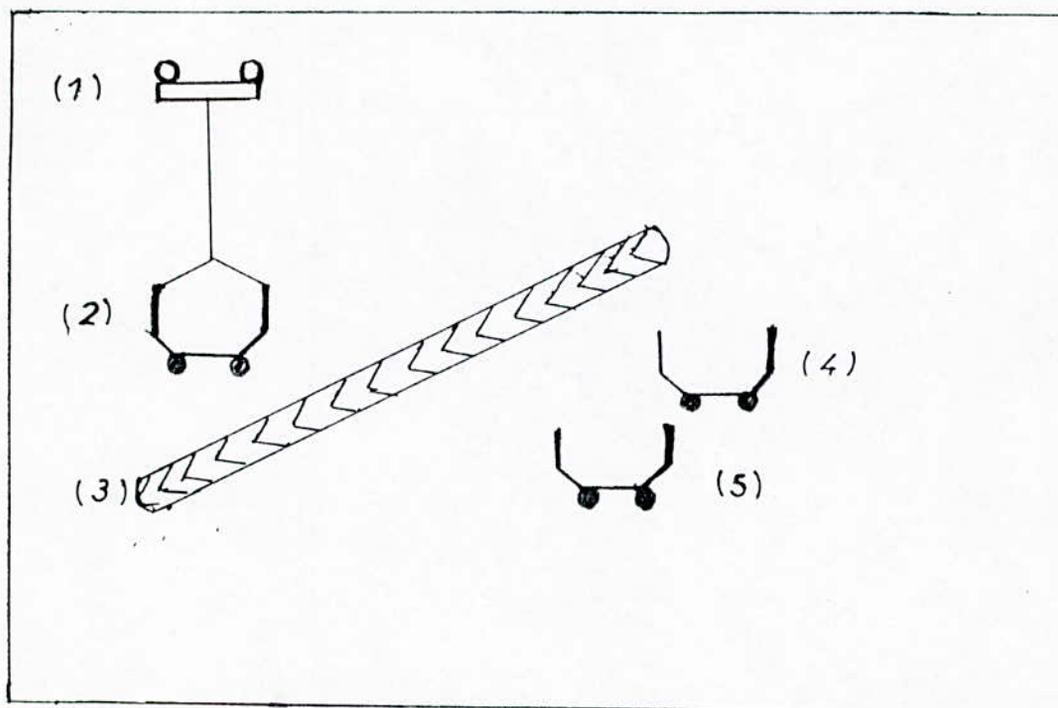
On prélève un échantillon chaque minute, pendant 10 secondes à l'aide d'une caisse; on verse le contenu de cette dernière dans un chariot (5).

L'échantillon prélevé dans le chariot (5) est considéré comme un échantillon duplicata (poids net 527kg).

Les échantillons contenus dans les chariots (4) (poids net 2960kg) sont destinés aux essais de concassabilité.

On a calculé l'erreur d'échantillonnage après l'analyse granulométrique.

Fig. 24 : Schéma d'échantillonnage primaire :



3-2 ECHANTILLONNAGE SECONDAIRE:

Le lot est constitué par l'échantillon, duplicata (527kg); on doit prélever un échantillon représentatif pour l'analyse granulo-chimique. La méthode de prélèvement de l'échantillonnage secondaire est identique à celle effectuée pour l'échantillonnage primaire.

Le poids de l'échantillon prélevé pour l'analyse granulo-chimique est de :
103800 g .

3-3 ANALYSE GRANULO-CHIMIQUE:

L'analyse granulométrique a été effectuée (en raison de la disponibilité des tamis), à l'aide:

-a/ série de tamis type " A.S.T.M E.11 " d'ouvertures carrées variant entre 37,5 et 6,3 mm.

-b/série de tamis type "AFNOR3 NFX II-501 ", d'ouvertures carrées variant entre 3,15 et 0,1mm

Le refus de chaque tranche a été pesé. le calcul de pourcentage de chaque classe porte le nom de rendement ou refus(%), ce qui nous a conduit à calculer le refus cumulé (%) et le passant cumulé (%).

L'analyse chimique par « Aurospéctrométrie » des différentes fractions granulométriques consiste à connaître la répartition en or (Au).

Le tableau 05 : illustre la répartition granulo-chimique.

Les résultats sont présentés comme suit:

Fig 25 : la répartition granulométrique du minerai concassé à 40mm.

Fig 26 : L'histogramme de la répartition (récupération) de l'or dans les fractions granulométriques.

TABLEAU 05 : ANALYSE GRANULO-CHIMIQUE
- minerai concassé à 40 mm -

Classe (mm)	Rend. ponderal (g)	Refus (%)	Refus cumulé (%)	Passant cumulé (%)	AU (g / t)	Unités métal	Répart. part. (%)
+37.5	7043	6.79	6.79	93.21	5	33.94	5.82
-37.5 +32	13056	12.58	19.37	80.63	5	62.92	10.78
-32 +25	20252	19.52	38.89	61.11	5	97.60	16.73
-25 +19	21876	21.08	59.98	40.02	5	105.42	18.07
-19 +12.5	16038	15.46	75.43	24.57	10	154.58	26.50
-12.5 +9.5	6244	6.02	81.45	18.55	5	30.09	5.16
-9.5 +6.3	6180	5.96	87.41	12.59	5	29.78	5.10
-6.3 +3.15	5677	5.47	92.88	7.12	5	27.36	4.69
-3.15 +2.5	1193.39	1.15	94.03	5.97	3	3.45	0.59
-2.5 +2	759.52	0.73	94.76	5.24	5	3.66	0.63
-2 +1.25	1429.75	1.38	96.14	3.86	10	13.78	2.36
-1.25 +0.63	1607.3	1.55	97.69	2.31	6	9.29	1.59
-0.63 +0.25	1131.85	1.09	98.78	1.22	5	5.45	0.93
-0.25 +0.16	594.82	0.57	99.35	0.65	3	1.72	0.29
-0.16 +0.1	285.32	0.27	99.63	0.37	5	1.37	0.24
-0.1 +0	385.91	0.37	100.00	0.00	8	2.98	0.51
Total	103753.86				5.834	583.40	100.00

Fig.25 : REPARTITION GRANULOMETRIQUE
 - minerai concassé à 40 mm -

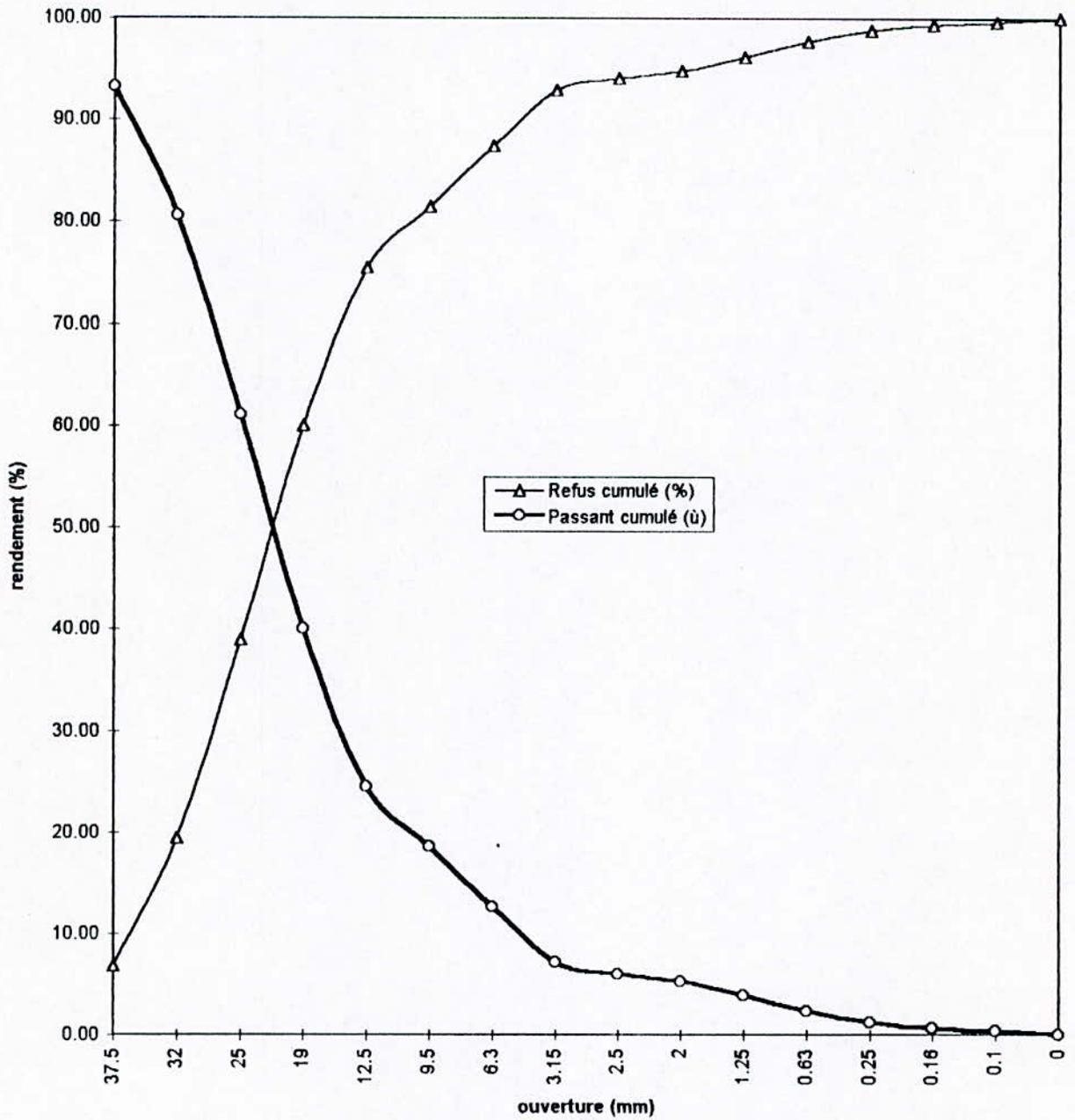
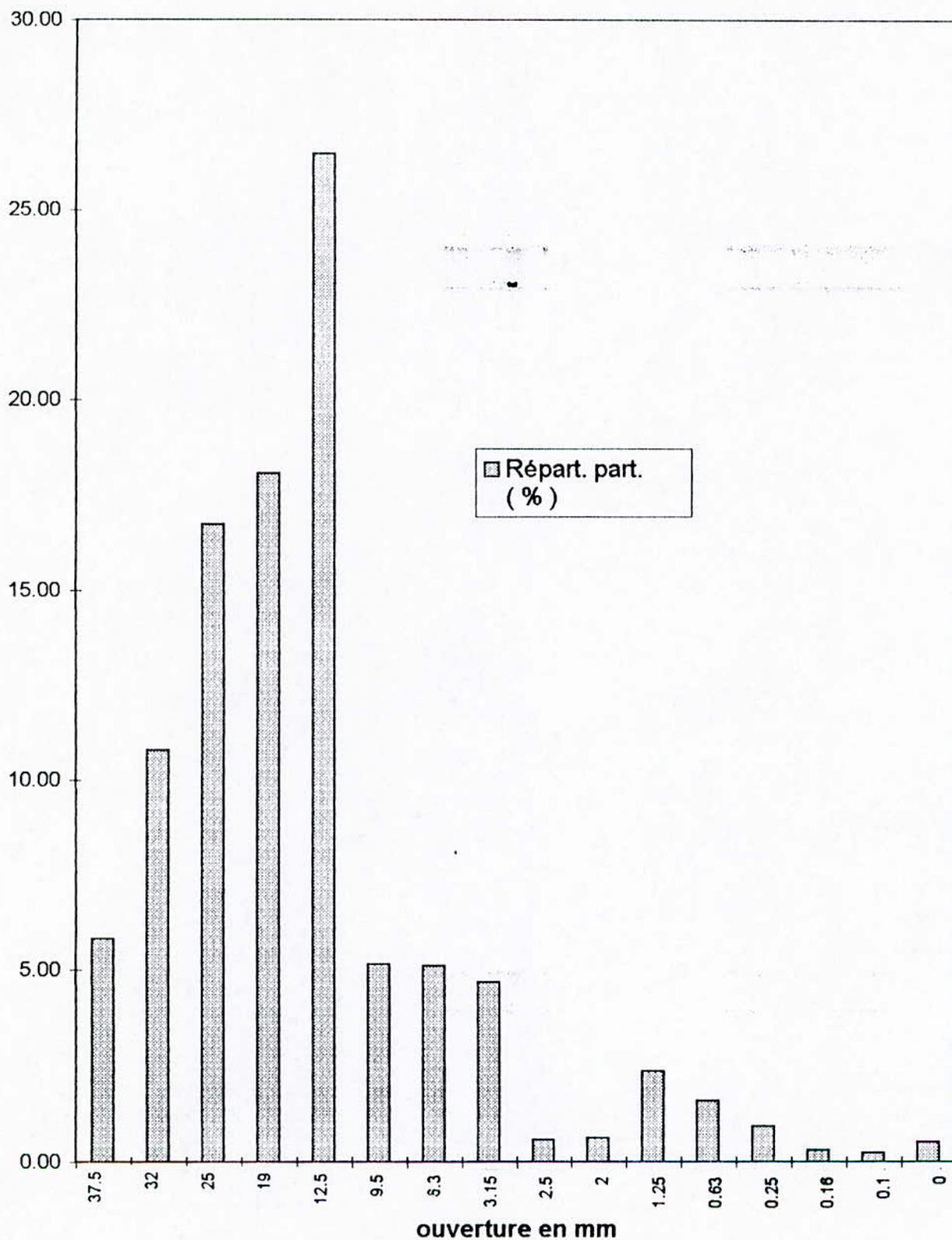


Fig.26 : Répartition part. de l'or dans les fractions granulométriques.



EVALUATION DES RESULTATS:

L'analyse granulo-chimique des fractions granulométriques a montré que : La répartition granulométrique de minerai est hétérogène. Cela indique aussi que la résistance mécanique des différents composants minéralogiques de l'échantillon est très variable, car le coefficient d'uniformité de « HAZEN » étant égal à :

$$U = d_{60} / d_{10} = 4,34 > 2 \quad [16]$$

- finesse de concassage = 37,5mm

- La courbe du refus cumulé représente une forme convexe ce qui indique qu'il y a une prédominance des grosses tranches dans l'échantillon à tamiser, ce qui permet de déduire que le minerai est dur.

- Toutes les tranches granulométriques sont riches en « Au » .

- la teneur moyenne de l'échantillon prélevé = 5.83 g/t .

- Les teneurs sont égales (5g/t) jusqu'à la classe (-25+19)mm. Les teneurs augmentent dans la classe (-19+12,5)mm pour atteindre la valeur (10g/t), puis elles diminuent de nouveau dans les autres classes .

- A partir des résultats concernant la granulométrie et les teneurs en « Au », on peut estimer que la maille optimale de libération de l'or se trouve dans la tranche granulométrique (-12,5+0) mm , évidemment (-12+0) mm.

- Il faudra concasser ce minerai de telle sorte que 95 % au moins en poids passent à travers le tamis (crible) de 12 mm.

3-4 CALCUL DE L'ERREUR D'ECHANTILLONNAGE [31,19]

Le calcul effectué sur un minerai pauvre (minerai d'or filonien et dans le cas où le minéral d'or non libéré) .

a/Echantillonnage primaire:

La variance de L'erreur relative commise sur la teneur lors de l'échantillonnage s'écrit d'après la formule de « P.GY »:

$$\delta^2 = (1/m - 1/M) \times f \times g \times l \times c \times d^3 \dots\dots(1)$$

avec :

m: La masse de l'échantillon = 527kg = 527000g

M: La masse du lot à échantillonner = 3490kg = 3490000g

f: Paramètre caractéristique de la forme des grains (=0,5 pour les minéraux usuels (quartz) [sans dimension]

g: Paramètre caractéristique de la composition granulométrique du lot = 0,25 (sans dimension)

l : Paramètre caractéristique de la libération des constituants

$$l = (\hat{a} - a) d_2/d_1 \dots\dots (2)$$

Tel que :

\hat{a} : La teneur en or des fragments les plus riches de la classe granulométrique = 10g/t = $10 \times 10^{-4} = 10 \times 10^{-6}$ (tableau 05)

a: Teneur moyenne en or du lot a échantillonner = 5,6g/t = $5,6 \times 10^{-6}$

d_2 : la masse volumique de la gangue = 2,6 g/cm³ (quartz)

d_1 : la masse volumique de métal (or) = 19g/cm³

D'après (2), on trouve :

$$l = 6,11 \times 10^{-7}$$

c : paramètre caractéristique de la constitution minéralogique du lot :

$$c = [(1-a) / a] [(1-a)d_1 + a d_2]$$

$c = d_1 / a$ (car l'or est finement disséminé dans la gangue)

donc :

$$c = 19 / (5,6 \times 10^{-6}) = 3,4 \times 10^{+6} \text{ g/cm}^3$$

c a la dimension d'une masse volumique mais non la signification physique.

d = en cm diamètre de plus gros fragment du lot (ou bien l'ouverture de tamis qui retiendrait 5 à 10% de la masse du lot) = 37,5 mm = 3,75cm (tableau05) .

Il résulte d'après la formule (1):

$$\delta_1^2 = (1/527000 - 1/3490000) \times 0,5 \times 0,25 \times 6,11 \times 10^{-7} \times 3,4 \times 10^{+6} (3,75)^3$$

$$\delta_1^2 = 2,2 \times 10^{-5}$$

d'où l'on extrait

$$\delta_1 = 4,7 \times 10^{-3}$$

b/ Echantillonnage secondaire:

Le calcul s'effectue ici de la même manière que le calcul précédent pour l'échantillonnage primaire:

avec:

$$m = 103,8\text{kg} = 103800\text{g}$$

$$M = 527\text{kg} = 527000\text{g}$$

$$f = 0,5 ;$$

$$l = 3,4 \times 10^{+6} ;$$

$$c = 6,11 \times 10^{-7}, d = 3,75\text{cm}$$

donc :

$$\delta_2^2 = (1/103800 - 1/527000) \times 0,5 \times 0,25 \times 3,4 \times 10^6 \times 6,11 \times 10^{-7} \times (3,75)^3$$

$$\delta_2^2 = 1,06 \times 10^{-4}$$

$$\delta_2 = 1,02 \times 10^{-2}$$

L'erreur relative s s'écrit :

$$s = (a_e - a) / a$$

avec :

a_e : teneur moyenne de l'échantillon prélevée (5.83 g / t) ;

a : teneur du lot à échantillonner (5.6 g / t) ;

On trouve :

$$s = 4.1 \times 10^{-2} \dots\dots\dots(3)$$

On a aussi :

$$\delta_1 + \delta_2 = 14.9 \times 10^{-3} \dots\dots\dots(4)$$

de (3) et (4), on distingue que :

$$s = 3 (\delta_1 + \delta_2)$$

D'après la loi de la distribution normale [3 H] :

On a 99.7 % de chance d'observer un écart inférieur à 3 écarts types ou à $3 (\delta_1 + \delta_2)$.

Remarque :

on aurait pu se fixer la variance de l'erreur relative à ne pas dépasser et la dimension d , et calculer la masse de l'échantillon à prélever ; ou encore se fixer la variance et la masse m , et calculer la dimension d à laquelle il ya lieu de concasser le lot entier avant l'échantillonnage pour satisfaire aux conditions requises [3H].

4- CRIBLAGE ET CONCASSAGE SECONDAIRE:

4-1/Criblage à 20 mm :

D'après l'analyse granulométrique (tableau05) il y a 43 % des grains qui ont la dimension inférieure à 20 mm, c'est pourquoi, on prévoit un crible avant le concassage secondaire.

On a choisi un crible vibrant, car il est destiné pour le criblage moyen et fin (0,3 à 120 mm).

caractéristiques du crible:

- Type : crible vibrant VSL
- Largeur 500mm , longueur 2100mm
- Capacité maximale 12 t/h normalement 0-6t/h
- Garniture criblante: tôle perforée
- inclinaison :8° .
- poids de l'alimentation : 2960kg
- Poids du tamisat = 1170 kg = 37,0% (alimentation.
- Poids du refus = 1782 kg = 63% de l'alimentation.

Efficacité du criblage (voir partie de criblage chap III)

$$E = 1170 / (2960 \times 43) = 0.92$$

4-2/Concassage à 20 mm :

-Tout venant (-40 + 20) mm .
Poids 1762 kg..

-On a choisit le concasseur à mâchoires (en raison de sa disponibilité) ,
mais il aurait fallu choisir de préférence choisir le concasseur à cône à tête
standard.

On a exclu le concasseur à cylindres (calibre à l'entrée 25mm).

Les caractéristiques principales du concasseur à mâchoires sont les
mêmes caractéristiques du concasseur primaire .

Degré de concassage : $R_2 = 40 / 20 = 2$

5- CRIBLAGE (A 9 Et 12 mm) :

On a employé un crible à 2 étages, et on a installé une surface tamisante
de côté de maille de 12mm au-dessus d'une surface tamisante de côté de maille
9mm.

caractéristiques du crible vibrant:

- Type : VLS
- Largeur : 500mm, longueur = 2100mm
- Capacité environ 12t/h , normalement environ =2t/h
- Garniture criblante: tôle perforée.
- Inclinaison 8°
- Poids de l'alimentation - 2960kg

Répartition des grains après le criblage:

Classe (mm)	Poids (kg)	Rendement (%)
+12	2125	72
-12+9	322	11
-9+0	496	17

Remarque on a utilisé le criblage à 2 étages 9 et 12 mm en vue de préparer trois
classes granulométriques:

- * +12 mm : destinée au concassage tertiaire à 12mm
- * (12+9) et (-9+0) mm : destinées au stockage .

6/CONCASSAGE TERTIAIRE A 12mm:

Le choix a été fixé au concasseur à cône tête courte ayant les caractéristiques principales suivantes:

- Concasseur finisseur conique pour rendement élevé calibrator type 700/80b
- Cône de concassage: diamètre 700mm
- Granulométrie d'alimentation 50-0mm
- Grain final 20-0
- Débit environ : 10 t / h .

Remarque :

ce concasseur travail en circuit fermé avec le crible vibrant à 2 étages 9 et 12 mm (criblage de contrôle).

On obtiendra à la fin du concassage 2 classes granulométriques (-12+9) mm et (-9+0) mm.. On pratique une homogénéisation de ces deux classes.

pourquoi les 2 classes (-12+9) mm et (-9+0) mm et non pas directement une seule classe (-12+0) mm ?

Parce qu'on a voulu obtenir à la fin du concassage, un produit concassé à 12mm, et de plus, on a voulu que les gros fragments soit bien répartis dans ce produit .

Rapport de réduction $R_3 = 20 / 12 = 1,66$ ($>1,18$ à $1,20$) [12] .

Ce rapport est relativement faible pour un concasseur à cône .

Répartition des grains après concassage tertiaire

Classe (mm)	Poids (kg) .	Rendement (%)
+12	52	1,77
-12+9	363	12,32
-9+0	2531	85,91

La fraction +12 mm représente 1,77 % de l'alimentation (tout-venant), c'est-à-dire que 98,23%(>95%) de la masse passent à travers la maille de côté 12mm. On peut dire qu'on a obtenu la granulométrie désirée .

7- HOMOGENEISATION:

L'homogénéisation s'effectue de la manière suivante:

on a 2 chariots(1) et (2)

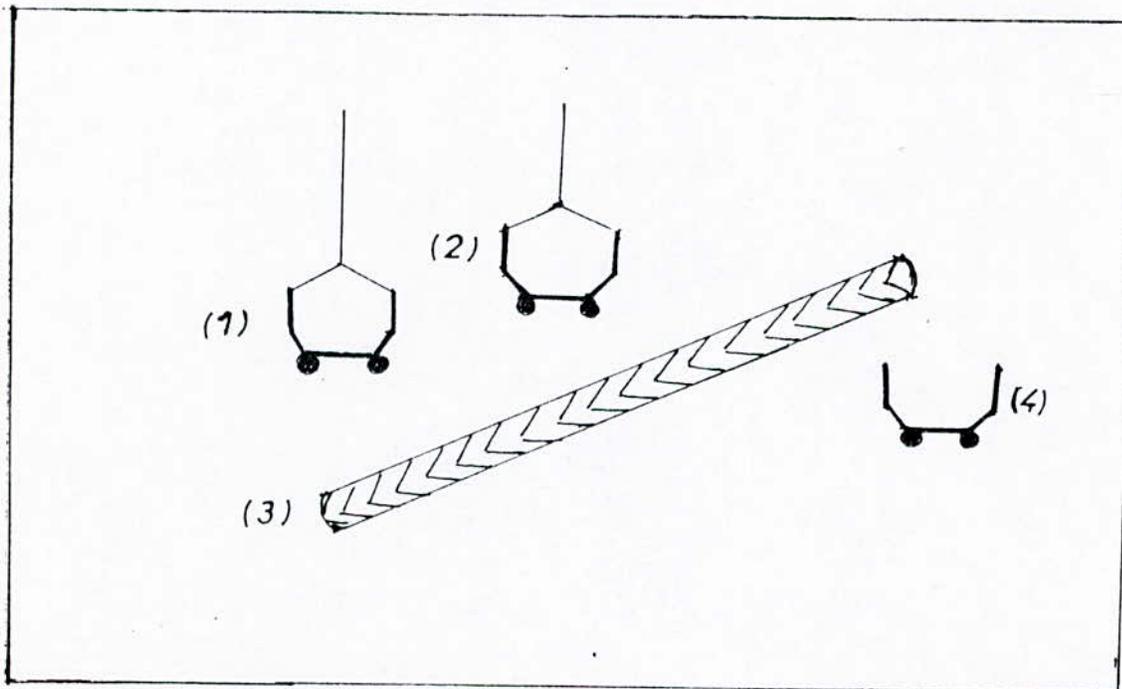
chariot (1) : on trouve la classe granulométrique $(-12+9)$ mm

chariot (2): on trouve la classe granulométrique $(-9+0)$ mm

On soulève le chariot (1) à l'aide d'un palan électrique, et le chariot (2) à l'aide d'un autre palan électrique.

On verse leurs contenus dans la sauterelle (3), le minerai homogénéisé arrive au chariot (4) (voir fig.27).

Fig. 27 : Schéma d'homogénéisation du minerai concassé:



8- ECHANTILLONNAGE TERTIAIRE:

L' échantillonnage tertiaire et quaternaire s'effectuent de la même manière décrite antérieurement pour l'échantillonnage primaire et secondaire.

Le Tableau : 06 illustre les résultats de l'analyse granulométrique du minerai homogénéisé et concassé à 12 mm .

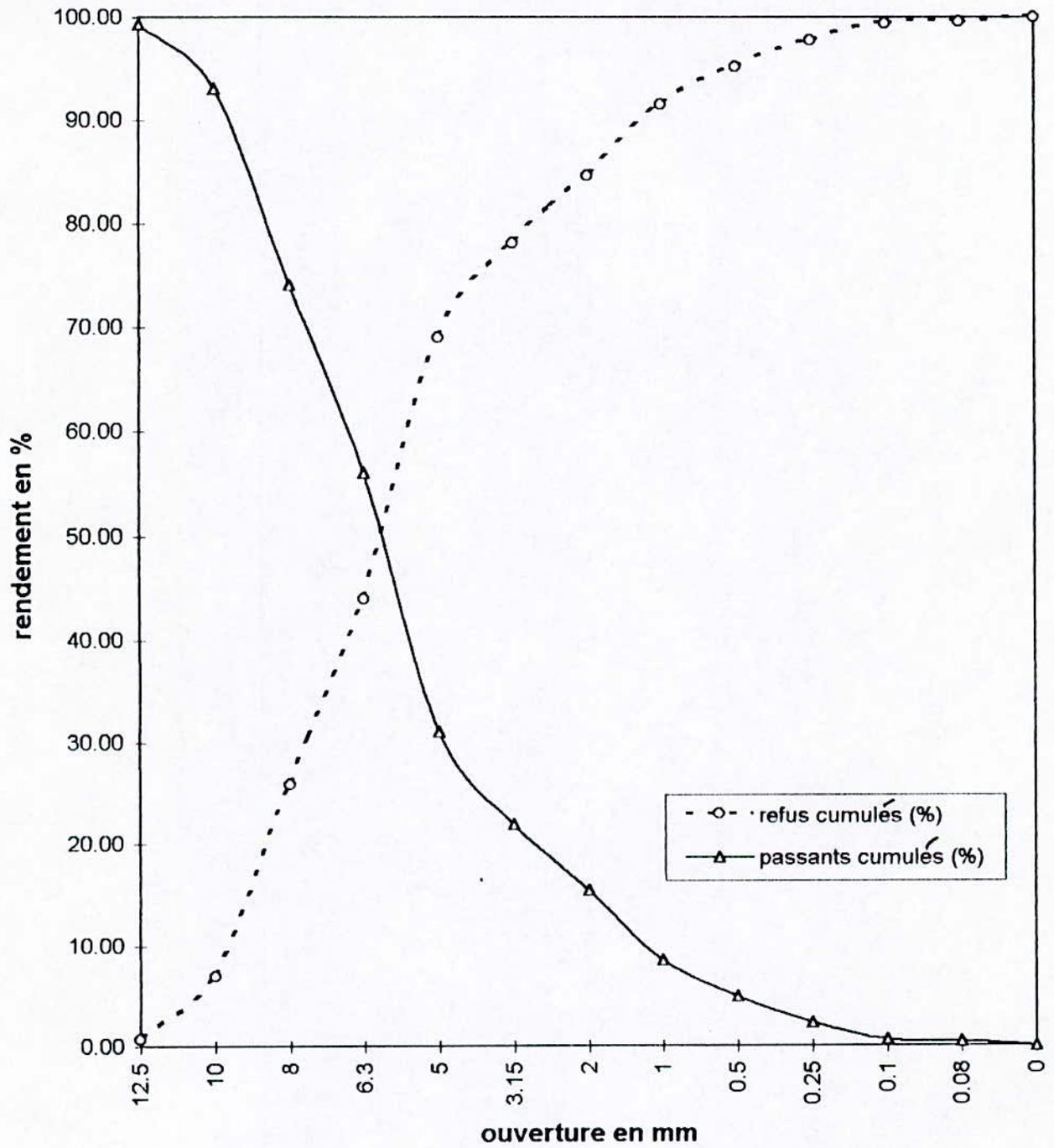
les résultats sont représentés comme suit :

Fig.28: Analyse granulométrique du minerai homogénéisé et concassé à 12mm.

TABLEAU 06 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE
- minerais concassés à 12 mm -

Classe en mm	Rendement pondéral (g)	Refus (%)	Refus cumulé (%)	Passant cumulé (%)
+12,5	153.8	0.73	0.73	99.27
-12,5 +10	1315.8	6.22	6.95	93.05
-10 +8	4006.9	18.95	25.90	74.10
-8 +6,3	3825.8	18.09	43.99	56.01
-6,3 +5	5284.4	24.99	68.99	31.01
-5 +3,15	1916.6	9.06	78.05	21.95
-3,15 +2	1383.1	6.54	84.59	15.41
-2 +1	1459.6	6.90	91.49	8.51
-1 +0,5	763.5	3.61	95.11	4.89
-0,5 +0,25	556.1	2.63	97.74	2.26
-0,25 +0,1	355.7	1.68	99.42	0.58
-0,1 +0,08	27.3	0.13	99.55	0.45
-0,08 +0	95.8	0.45	100.00	0.00
Total	21144.4	100.00		

Fig.28 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE
- minerais concassé à 12 mm -



9/ INTERPRETATION DES RESULTATS:

On a concassé le minerai du quartz aurifère de telle sorte qu'on a obtenu 98,33% en poids, passant au travers du tamis de 12,0 mm.

On peut dire que le concassage est sélectif.

On se retrouve en présence d'un peu de grains fins (2,3% de poussière entre 0 à 250 μ).

Ce qui conforte notre choix , en indiquant que le concassage a été bien adapté et que le choix du matériel a été judicieux .

Le schéma proposé présente les aptitudes d'un des schémas optimaux de concassage convenant à ce type de minerai aurifère.

CONCLUSION

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La concentration (l'enrichissement) d'un minerai suppose un conditionnement préalable :-la préparation mécanique - par concassage, broyage et classement dimensionnel, afin de libérer les minéraux utiles.

En pratique, il ne faut broyer qu'à une finesse compatible avec l'un des procédés de concentration, évitant ainsi le gaspillage d'énergie et la production de fines peu ou pas traitables.

La lixiviation - cyanuration - est demandée pour l'enrichissement des minerais de métaux précieux (Au, Ag), mais elle a l'inconvénient d'être effectuée dans une grande période, allant de quelques semaines à quelques mois, parfois à quelques années (cas d'un minerai non broyé).

A l'usine pilote, on a fixé comme résultat tangible un concassage du quartz aurifère à la maille de 12 mm, destinée aux essais de la cyanuration en colonne.

Seul l'étude technico-économique effectuée sur le concentré permet le choix de la maille de libération optimale, parmi les mailles de 12, 9, 6 et 3 mm.

En annexe 03, on a supposé que la maille de libération optimale était de 12 mm, permettant de dimensionner un atelier de concassage.

En annexe 04, on a exposé quelques méthodes d'estimation des coûts d'investissement et de fonctionnement d'un atelier de concassage - broyage.

ANNEXES

ANNEXE : 01

ASPECT CRISTALLOGRAPHIQUE , PHYSIQUE ET CHIMIQUE DE L'Or :[17]

- Nom venant du latin « aurum »; anglais: gold. On distingue sous le nom d'électrum : les variétés très riche en Ag (> 15%)
- Système : cubique
- Couleur : jaune intense
- Eclat : métallique .
- Forme : cristaux assez rares, octaèdres, parfois dodécaèdres, cubes trapézoèdres, généralement massif, en pépites, en lamelles, en paillettes,etc.
- Dureté : 2 à 3
- Densité : 15.6 à 19.3 ; 12.5 à 15.6 (électrum) .
- Attaquable par l'eau régale (3 volume : Hcl +1 volume : HNO₃)
- Fusion facile pour l'électrum.
- Inaltérable.
- Minéraux associés : mispickel, stibine, cobaltine, tous les tellurures.

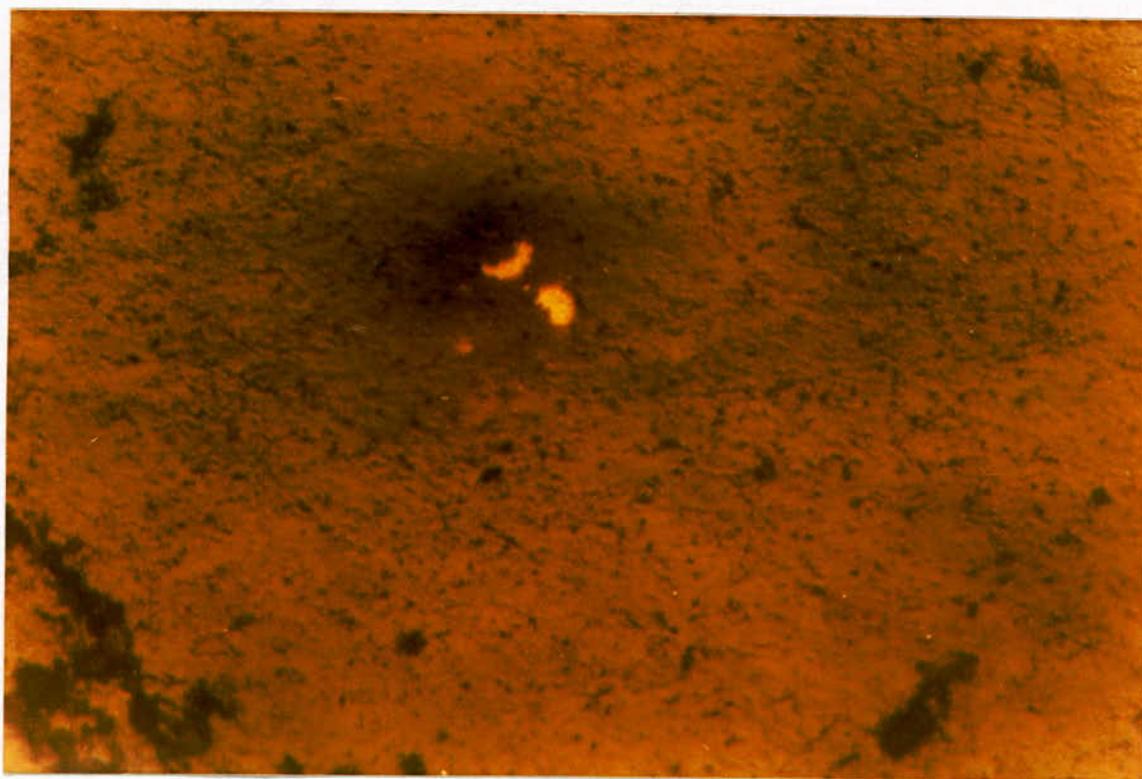


Fig.1: Section pôle. Or natif (Jaune) dans quartz
Forme: Xénomorphe avec des limites droites

40 μ

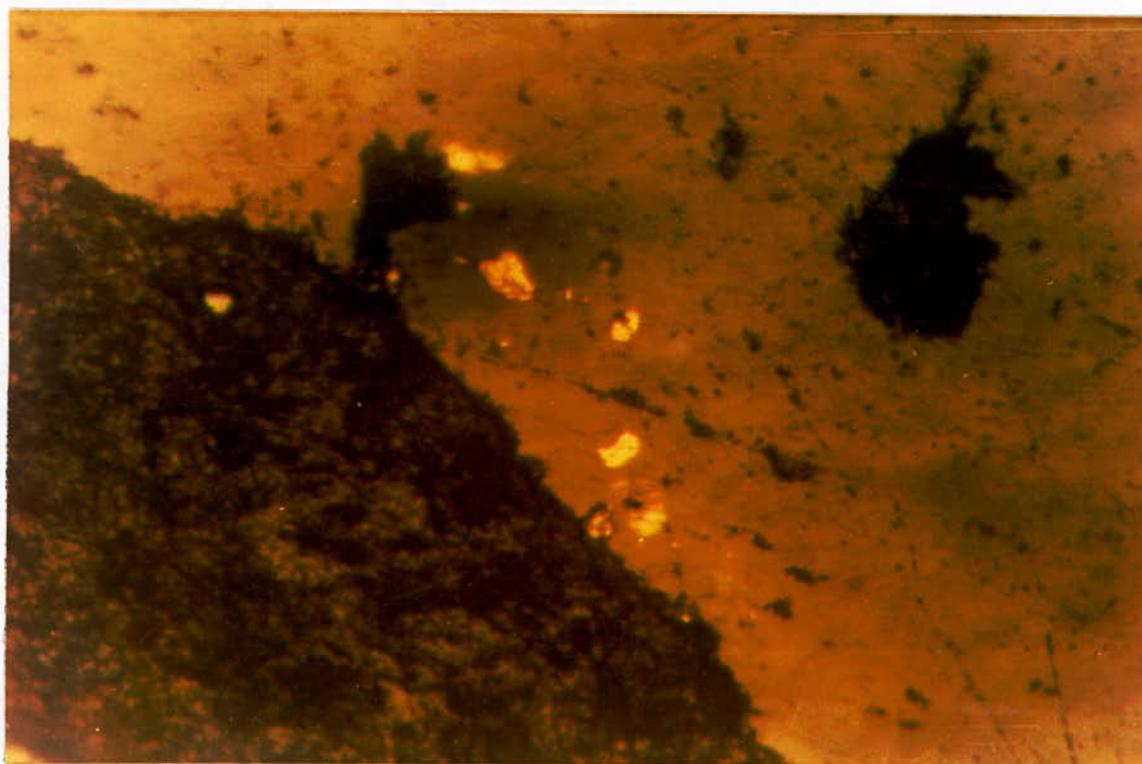


Fig.2: Section polie. Or localisé dans les zones de microfissurété

40 μ

ANNEXE:03

CALCUL DE CIRCUIT DE

CONCASSAGE

ET

CONCEPTION D'UN

ATELIER DE

CONCASSAGE

1/ CALCUL DE CIRCUIT DE CONCASSAGE (CALCUL DU TONNAGE):

Conditions:

- 1-Débit de l'usine =250 t/j
- 2-Dimension des blocs comprise entre 120 et 50 mm
- 3-Mineral dur
- 4-Le minerai doit-être concassé à 12 mm (au moins 95% en masse de produits de dimension inférieure à 12 mm)
- La variante choisie (fig.29)

solution:

Les débits horaires pour chaque partie :

On a la capacité d'unité:

$Q_j = 250 \text{ t/j}$ pour un fonctionnement de 8 h/j

$$Q_h = Q_j / 8$$

$$Q_h = 31.25 \text{ t/h}$$

nombre de poste: 1

D'après le schéma de la fig.29 :

$$Q_1 = Q_2 = Q_6 = Q_8 = (Q_{11} + Q_{12}) = 31.25 \text{ t/h}$$

$$Q_2 = Q_3 + Q_4$$

$$Q_4 = Q_5$$

$$Q_7 = Q_6 + Q_{10} = Q_1 + Q_{10}$$

$$Q_9 = Q_{10}$$

D'après les essais effectués antérieurement de criblage, on a:

$$\begin{array}{l} 1^\circ \left. \begin{array}{l} Q_3 = 0.4 \times Q_2 \\ Q_4 = 0.6 \times Q_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} Q_3 = 12.5 \text{ t/h} \\ Q_4 = 18.75 \text{ t/h} \end{array} \end{array}$$

$$2^\circ Q_6 = 31.25 \text{ t/h}$$

$$Q_9 = 0.72 \times Q_6 = 22.75 \text{ t/h} \quad (\text{charge circulante})$$

Donc :

$$Q_7 = 53.82 \text{ t/h}$$

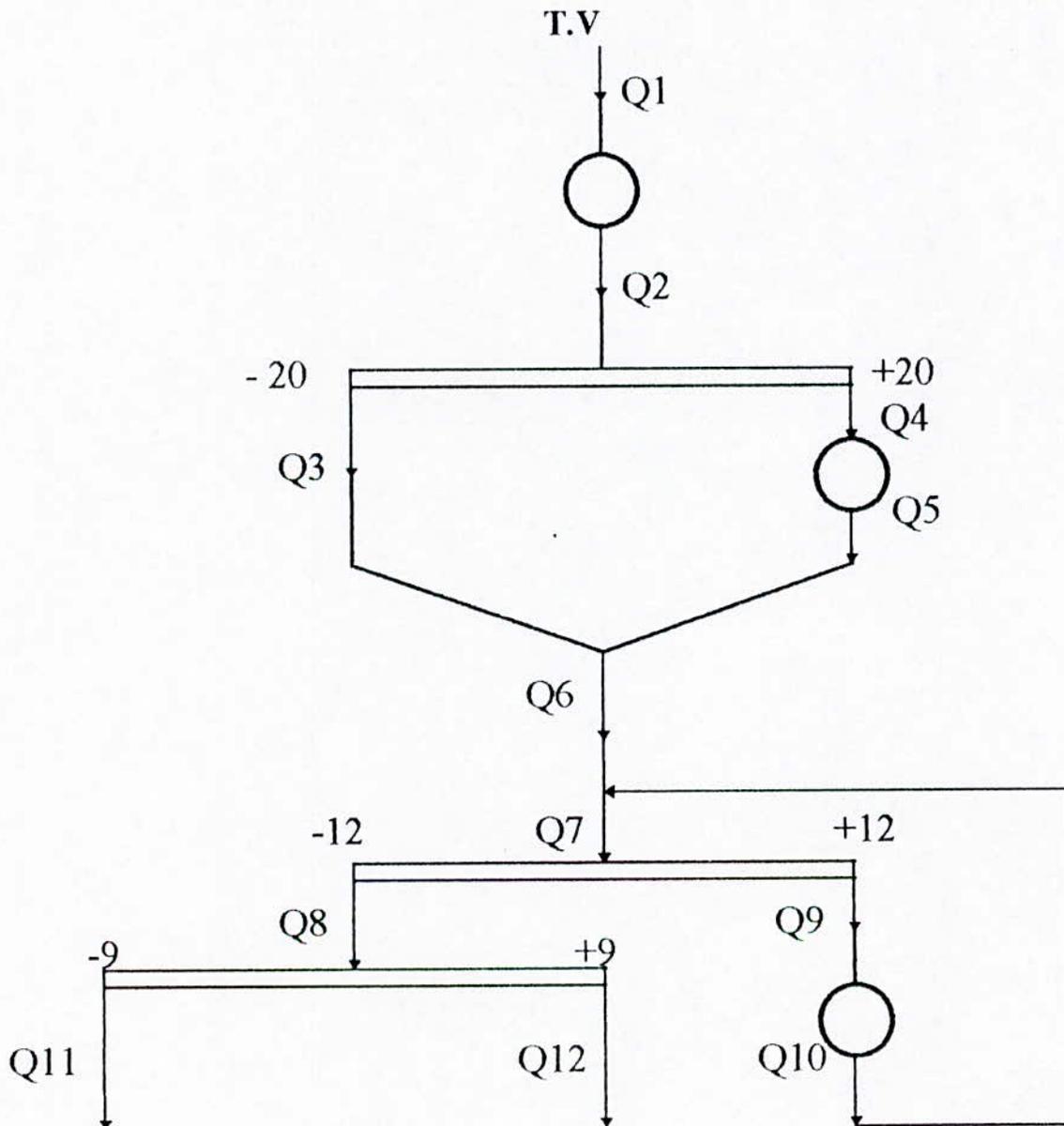
$$3^\circ Q_{11} = 0.85 \times Q_8 \Rightarrow Q_{11} = 26.85 \text{ et } Q_{12} \approx 4.4 \text{ t/h}$$

Remarque:

1° étant donnée que le débit de l'alimentation (tout -venant) égale ~~48 t/h~~ $31,25 \text{ t/h}$, il faut que l'alimentation du concasseur primaire soit automatique

2° Il faut choisir des appareils, dont les débits sont toujours supérieurs au débit à traiter .

Fig .29: La variante choisie pour le calcul des tonnages:



2- EMBLACEMENT DES APPAREILS DANS L'ATELIER :

a/ Concasseur à mâchoires primaire :

- Concasseur à mâchoire à simple effet : [2]

ouverture entrée (mm)	vitesse poulie tr/mn)	force motrice (ch)	poids (t)	réglage (ouverture de déchargement) (mm)	Production horaire (1) (t/h)
650×250	400	45	7.6	min. 20 max. 100	20 100

(1) Production en t/h pour minerai de densité = 2.6 environ.

- Calcul du débit horaire [13] :

$$Q = q \times k \quad (1)$$

_ q: Débit de catalogue ramené à la largeur de la fente de sortie S (40mm). (en t/h)

$$q = Q_{\max} - \frac{(Q_{\max} - Q_{\min})(S_{\max} - S)}{(S_{\max} - S_{\min})}$$

$$\text{A.N : } q = 100 - \frac{(100-20)(100-40)}{(100-20)}$$

$$q = 40 \text{ t/h}$$

k : coefficient tenant compte de la dureté et la grosseur du minerai

- k = 1.0 lors du cycle ouvert

- k = 1.4 lors du cycle fermé

Etant k = 1 \Rightarrow Q = 40 t/h

rendement :

$$\frac{31.25 \times 100}{40} = 78.13\%$$

b/ Criblage à 20 mm [14]:

La capacité du criblage est donnée par la formule :

$$\text{Log T} = 0.6 \text{ Log a} + \text{Log d} - \text{Log p} + 0.146 \quad (\text{t/h/m}^2 \text{ de surface})$$

avec :

d : la densité du produit = 2.64

a : largeur de la maille du tamis en mm = 20 mm

p : % de grains de l'alimentation dont la taille est comprise entre 0.5a et 1.5a (entre 10 et 30 mm) \approx 60% (refus cum. à 30 mm \approx 20% et refus cum. à 10 mm \approx 80%)

d'où :

$$\text{Log T} = 0.6 \text{ Log } 20 + \text{Log } 2.64 - \text{Log } 0.60 + 0.146 = 1.57$$

$$\Rightarrow T = 37.16 \text{ t/h/m}^2$$

Le crible possède 4 claies de dimension :(0.5 × 1.2), (0.6 × 1.4) , (0.7 × 1.6) et (0.8 × 1.8) m².

La capacité pour chacune des claies :

$$1) 37.16 \times (0.5 \times 1.2) = 22.30 \text{ t/h}$$

$$2) 37.16 \times (0.6 \times 1.4) = 31.21 \text{ t/h}$$

$$3) 37.16 \times (0.7 \times 1.6) = 41.62 \text{ t/h}$$

$$4) 37.16 \times (0.8 \times 1.8) = 53.51 \text{ t/h}$$

Seule la claie (3) est nécessaire .

Rendement :

$$\frac{31.25}{41.62} \times 100 = 75\%$$

$$41.62$$

Efficacité = 92%

C/ Concasseur secondaire [2] :

On emploie un concasseur à mâchoires de même type que le concasseur primaire.

-- Débit horaire = 20 t/h

-- Rendement :

$$\frac{18.75 \times 100}{20} = 93.75\%$$

* Il est préférable de choisir un concasseur à cône type tête standard, en raison du poids et de la force motrice (voir tableau ci-dessous)

ouverture d'admission (mm)	vitesse de poulie (tr/mn)	poids (t)	force motrice (ch)	réglage fente de sortie (mm)	Production en t/h (densité d ≈2.6)
57 × 82	575	4.5	30	min 6.3 max 38	21 90

-- Débit horaire d'après la formule (1) = 50.82 t/h

-- Rendement :

$$\frac{18.75 \times 100}{20} = 37\%$$

On travaille avec 37 % seulement de la capacité de ce concasseur

d- Concasseur tertiaire (cycle fermé) [2]:

Concasseur à cône tête ~~standard~~ Courtes :

ouverture d'admission (m:m)	vitesse de rotation (tr/mn)	force motrice (ch)	poids (t)	réglage fente de sortie (mm)	Production t/h [d ≈ 2.64]
35-50	575	30	4.7	min 3.1 max 12.7	8 30

- D'après la formule (1) le débit horaire = 28.4×1.4
= 39.76 t/h

ANNEXE : 03

Rendement :

$$\frac{22.57 \times 100}{39.76} = 57\%$$

e- Capacité du crible à 2 étages [9 mm et 12 mm]

On ne peut pas calculer le débit dans ce cas, car on n'a pas effectué une analyse granulométrique de l'alimentation du criblage, mais il faut prévoir un crible, dont la capacité soit supérieure à 54 t/h

3 -BILAN DES FORCES MOTRICES INSTALLEES :

Dans le criblage « la force motrice installée varie de 0.03 kwh par tonne traitée dans le cas du criblage grossier à 0.02 kwh par tonne traitée dans le cas du criblage difficile et fin » [3F]

- Le tableau 6 : illustre les valeurs des puissances installées dans le concassage et criblage.

Tableau 06 : puissance installée dans la section du concassage :

concassage	criblage
$p = 45 + 45 + 30 = 120 \text{ ch}$	a/ crible avec un plateau de 20 mm : $p = 31.25 \times 0.2 = 6.25 \text{ kw} = 8.5 \text{ ch}$ b/ crible vibrant à 2 étages : - plateau 12 mm: $p = 53.82 \times 0.2 = 10.76 \text{ kw} = 14.7 \text{ ch}$ - plateau 9 mm : $p = 31.25 \times 0.2 = 6.25 \text{ kw} = 8.5 \text{ ch}$ total crible vibrant = 23.7 ch total criblage = 31.7 ch

4- INSTALLATION DE CONCASSAGE EN ATELIER :

a)Recommandation :

1°/ Le fait que l'opération de concassage se déroule sur un seul poste de travail, on prévoit des trémies d'emmagasinage avant et après le concassage correspondant à 1 jour de marche . [3b]

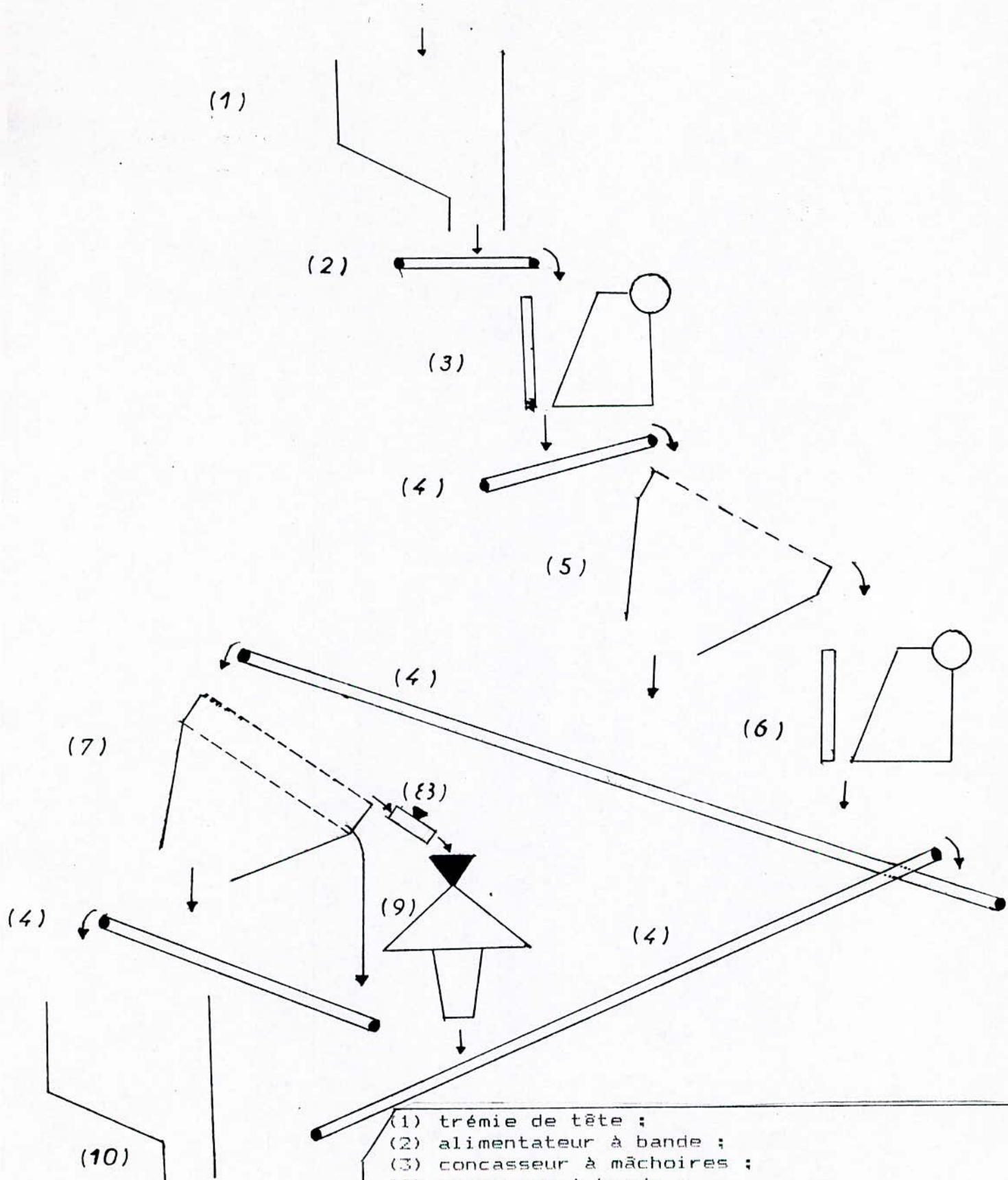
2°/ On utilise un alimentateur automatique (à bande) après la trémie de tête pour régler d'une manière constante l'arrivée du minerai aux appareils de concassage . [15]

3°/ On prévoit un tambour magnétique avant le concasseur à cône pour arrêter les morceaux d'acier (bouts de fleurets) qui pourraient produire des dégâts dans l'appareil. .[15]

4°/ Il est bon de prévoir au dessus des appareils des hottes d'aspiration munies de ventilateur et de cyclone de récupération des poussières, afin de protéger la santé des ouvriers et aussi l'appareil contre toute usure prématurée.[15]
(voir fig 30)

5°/ Le concasseur à mâchoires installé au concassage secondaire (fig 30) peut être remplacé de préférence par un concasseur à cône tête standard.

Fig.30: Installation de concassage en atelier



- (1) trémie de tête ;
- (2) alimentateur à bande ;
- (3) concasseur à mâchoires ;
- (4) convoyeur à bande ;
- (5) crible vibrant avec un plateau de 20 mm ;
- (6) concasseur à mâchoires ;
- (7) crible vibrant avec deux plateaux :
(haut : 12 mm , bas : 9 mm) ;
- (8) tambour magnétique ;
- (9) concasseur à cône tête courte ;
- (10) trémie d'emménagement (minéral homogénéisé
et concassé à 12 mm) .

Estimation des coûts d'investissement et de fonctionnement : [3b]

1/ Coûts d'investissement :

Il existe deux méthodes :

a/ méthode analytique : (très applicable)

cette méthode fait intervenir tous les coûts relatifs aux divers équipements.
Le coût d'investissement C est donnée par la relation :

$$c = \sum_{i=1}^{i=p} f_i \times c_i$$

avec :

C_i : coût de l'équipement ;

p : nombre d'équipement ;

f_i : facteur dont la valeur moyenne varie de l'ordre 3.2 pour les ateliers de concassage et de broyage .

1-b/ Méthode comparative globale

Cette méthode est basée sur le coût d'un atelier existant de capacité connue.

Si C_1 est l'investissement connu d'un atelier 1 de capacité Q_1 .

Le coût d'investissement inconnu C_2 du nouvel atelier 2 de capacité Q_2 est donné par la relation :

$$C_2 = (Q_2 / Q_1)^n \times C_1$$

avec n : Facteur d'échelle

La valeur de n est comprise entre 0.6 et 0.7 (usuellement 2/3)

Cette méthode n'est applicable que pour des circuits de concassage - broyage types, similaire ou très voisins.

2-/ Coût de fonctionnement :

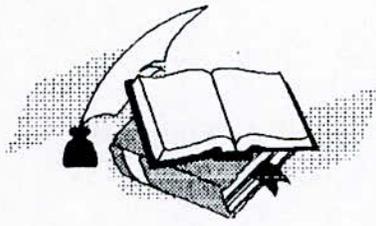
En faisant intervenir les coûts directs, les coûts indirects et les coûts fixes
Il est nécessaire de citer quelque points dans l'évaluation des coûts directs

-Pour le traitement des minerais , des coûts additionnels doivent-être pris en considération pour le transport des matériaux lors des reprises des stocks entre les machines.

- Pour les dépenses énergétiques, lorsque l'on ne peut obtenir des évaluations exactes, il est bon de prendre 70% de la puissance installée .

-Pour les coûts de la maintenance, on peut les évaluer annuellement entre 10 et 15% du prix de l'équipement.

-Pour les coûts des lubrifiants et de la protection, on prend 15% du coût de la maintenance.



BIBLIOGRAPHIE

[1] **Blazy:** *La valorisation des minerais*
Presses universitaires, France 1970

[2] **J. Brougère:** *Cours de minéralurgie*
Ecole nationale technique des mines d'Alès

[3] *Revue technique de l'ingénieur*

P. Blazy, J. Yvon, El Aid Jdide 1992

[a] *Fragmentation: Généralités. Theories*

[b] *Fragmentation: Applications*

Edmond Blanc:

[c] *Fragmentation: Généralités. Theories*

[d] *Fragmentation: Technologie*

[e] *Fragmentation: Applications*

[f] *Criblage*

Pierre Gy

[h] *Echantillonnage*

P. Michel

[i] *Separation - Mélange* Mai 1982

[4] **Zakhvatkine .V:** *Minéralurgie*
Annaba, 1985

[5] **J. Sandier:** *Mise en valeur des gisements métallifères*
Masson, 1962

[6] **A. Ould Hamou:** *Cours de minéralurgie*
E.N.P, 1995

[7] **R. Title:** *Etude énergétique de broyage*
Rev. Ind minérale, Juin 1965

- [8] *J. Coursier: Métallurgie extractive*
Masson, 86
- [9] *P. Gy: Echantillonnage des minerais en vrac, Tome 2*
B.R.G.M, 67
- [10] *M. Bellal: Rapport sur les recherches systematique et levee geologique dans les limites de la feuille de "TIN-FELKI"*
E.R.E.M 1991
- [11] *V. Makhove: Rapport sur la recherche de l'Or executée en 1971-1972 par la base de TIN-FELKI*
- [12] *A. Saada: Choix de schema de concassage*
E.N.P, 92
- [13] *V. Ovetcharov: Minéralurgie*
Annaba, 1983
- [14] *Mostefai: Flottation des minerais plomb-zinc*
E.N.P, 68
- [15] *H. Havre: Préparation mécanique et concentration des minerais par flottation*
Librairie polytechniques Paris, 52
- [16] *Y. Boulkrouche: Enrichissement d'un minerai polymétallique*
E.N.P, 1994
- [17] *C. Pomérol : Les minéraux en grains*
Masson, 1970
- [18] *P. Goossens : Economie minière*
Université de Llège, 1983
- [19] *A. Broussaud : Minéralurgie à l'échelle pilote au B. R..G. M.*