

## CHAPITRE III. LES DIFFERENTS PROCEDES PROBABLES

### Introduction

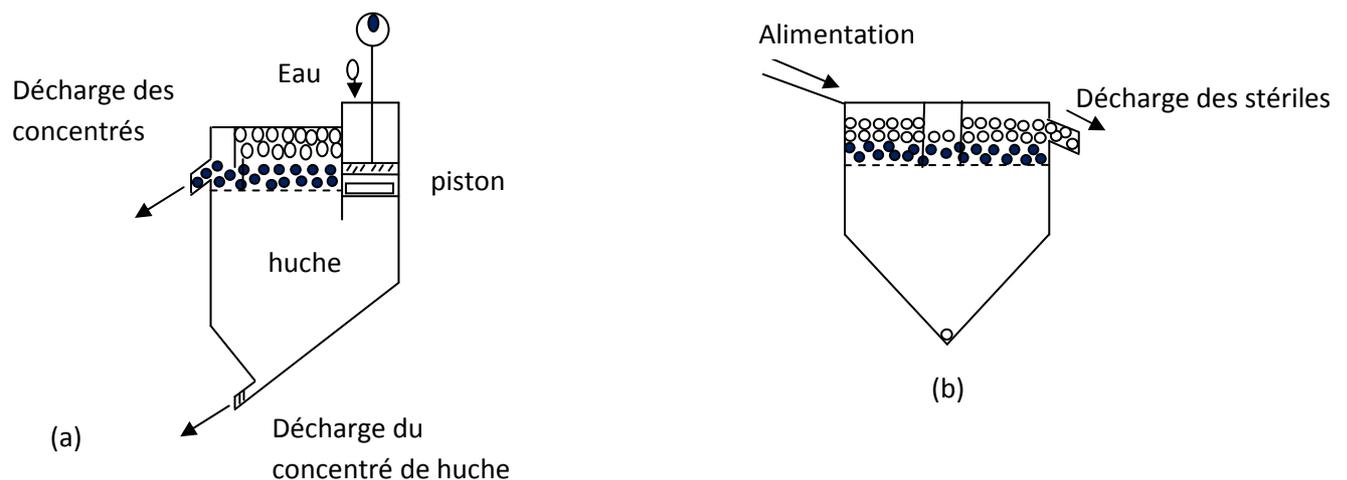
Le principal objectif est de réduire la silice par essais de flottation. Mais pour pouvoir mener ce but, l'étude des différents procédés est aussi très importante en vu du choix du procédé le plus accessible dans les conditions actuels de la société et le plus performant.

### III.1. SEPARATION GRAVIMETRIQUE [13]

Les procédés de concentration par gravité utilisent l'effet combiné de la masse, du volume et de forme des particules pour obtenir des trajectoires de particules différentes dans un milieu liquide, statique ou en mouvement. Trois méthodes ont été mises au point industriellement :

- Méthode de la nappe pelliculaire fluante : il s'agit d'une nappe d'eau de faible épaisseur (quelques millimètres à quelques centimètres) s'écoulant sur un plan incliné. Les particules, suivant leur vitesse de chute et leur résistance au mouvement, se répartissent en plusieurs catégories densimétriques.

- Méthode de l'accélération différentielle (le jiggage): les particules sont soumises à des oscillations impossibles à un liquide. Le mouvement périodique du fluide de sédimentation provoque une sédimentation différentielle entre les particules lourdes et légères.



(a) : Coupe transversale ; (b) : coupe longitudinale

**Figure N°07: Jig Harz**



- Méthodes des milieux denses : les blocs et les particules de minerai sont plongés dans un mélange d'eau et de fines particules denses se comportant comme une pseudo-solution appelé milieu denses. Les éléments légers surnagent à la surface, alors que les éléments lourds plongent. Le milieu dense peut être statique ou dynamique.

### **Cas particulier :**

*Les tables à secousses* sont des appareils constitués par une surface plane légèrement inclinée par rapport à l'horizontale, pourvue de riffles. Un mécanisme imprime des secousses asymétriques et longitudinales. Elles font intervenir des phénomènes de sédimentation gravimétrique.

La table est alimentée, à sa partie supérieure par une boîte d'alimentation. De l'eau de lavage est distribuée sur toute sa longueur fournissant une nappe qui s'écoule suivant la pente transversale. Les réglettes ou riffles forment autant de barrages et de pièges aux grains lourds, alors que les grains légers ont tendance à sauter chaque obstacle. Les grains lourds disposés entre les riffles avancent latéralement par suite des secousses asymétriques imprimées au plateau. On trouve donc, en commençant par la partie extérieure au riffle, plusieurs zones :

- La zone I est la zone des concentrés où se trouvent les fines particules denses ;
- La zone II appartient encore à la zone des concentrés : on y trouve des particules denses grossières et quelques particules mixtes ;
- La zone III est la zone des particules mixtes mélangées à des particules légères ;
- La zone IV est la zone des particules légères

## **III.2. LES METHODES BASEES SUR LE MAGNETISME [13]**

Les techniques de séparation magnétique consistent à soumettre des grains de minerais à des forces magnétiques et mécaniques développés par un séparateur. Suivant leurs propriétés magnétiques, les différentes catégories minéralogiques possèdent des trajectoires caractéristiques de leur nature. Ces trajectoires résultent avant tout de l'interaction des forces mécaniques et des forces magnétiques. D'une manière générale, il faut que, pour une fraction minéralogique du minerai à extraire, les forces magnétiques soient nettement supérieures aux forces.

On distingue quatre types d'appareils suivant qu'ils fonctionnent en basse intensité ou en haute intensité et suivant qu'ils travaillent sur un matériau sec ou humide.

Le séparateur magnétique à basse intensité ne concerne que les matériaux ferromagnétiques. Le dispositif classique est réalisé par un tambour non magnétique à

l'intérieur duquel se trouve une série d'aimants fixes de signe opposé. Les intensités de champs développés sont de l'ordre de 1000 à 1200  $\text{\AA}$ ersted.

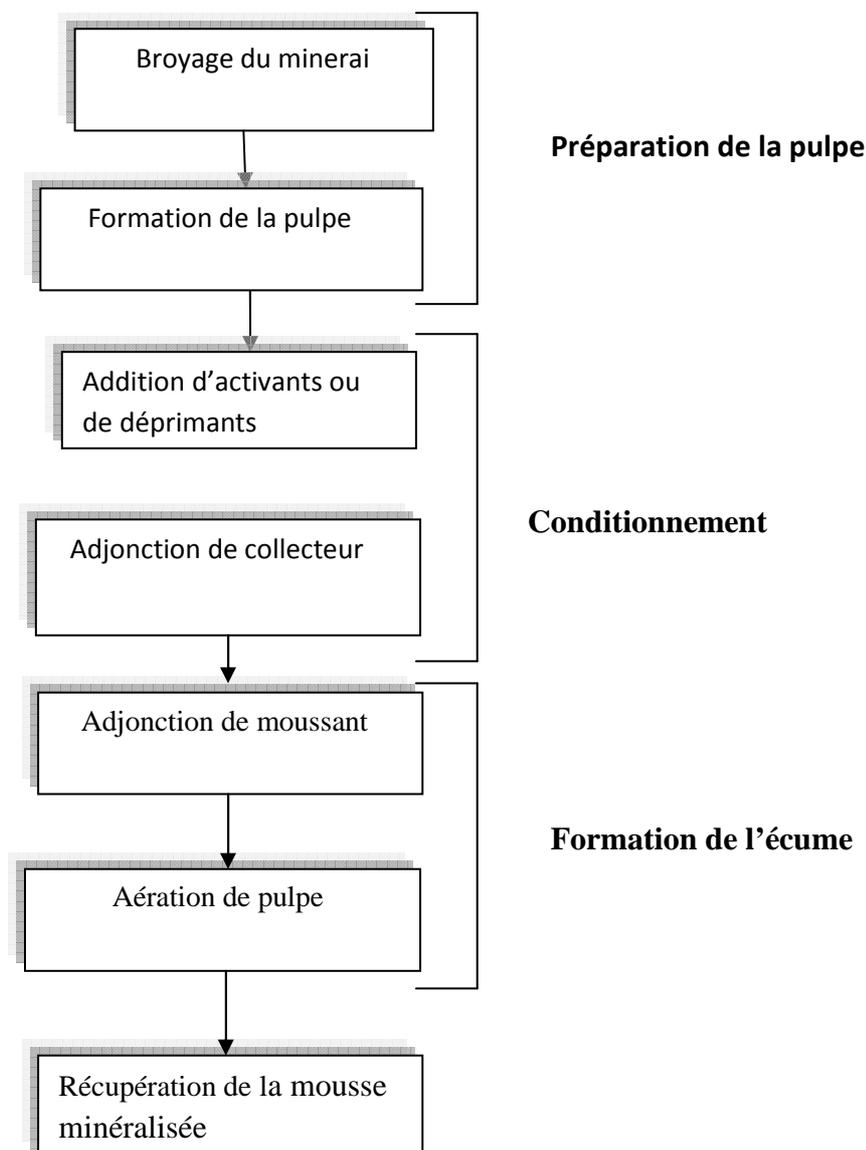
### III.3. FLOTTATION

#### III.3.1. Définition

C'est une méthode de séparation des substances utiles de la gangue dans un minerai tout-venant, fondée sur leur différence d'aptitude à se laisser mouiller par l'eau ou à s'accrocher à des bulles d'air.

#### III.3.2. Processus de la flottation [2]

Les différentes étapes qui conduisent à la flottation d'un minerai se résument par la figure suivante :



**Figure N°08: Processus de la flottation**

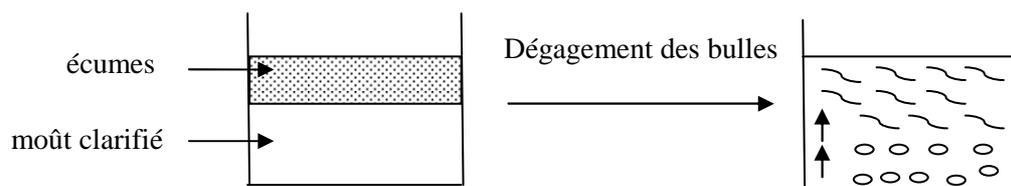
**III.3.3. Principe de la flottation [1], [20]**

Les solides sont préalablement broyés à une granulométrie fine d'une taille généralement entre  $5\mu\text{m}$  et  $212\mu\text{m}$  si nécessaire pour libérer chaque composé puis mis en suspension dans l'eau.

Le principe du procédé est de rendre hydrophobes (non mouillables par l'eau) les particules à séparer au moyen des réactifs spécifiques (collecteurs, activants et déprimants) dans une cellule de flottation.

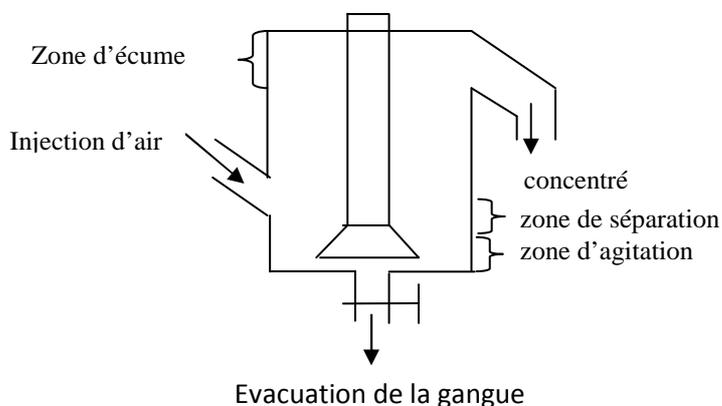
Le mélange de particules et les substances appropriés seront agités par rotation d'un agitateur ou par des bulles d'air.

Par addition simultanée d'un moussant et une injection d'air dans la cellule sous forme de fines bulles, certaines particules les plus hydrophobes des minéraux s'accrochent aux bulles d'air et flottent à la surface sous forme de mousse. Puis, la mousse forme une écume.



**Figure N°09: Principe de flottation**

De cette façon, les minéraux sont concentrés et séparés des gangues. Ces concentrés sous forme des écumes sont enlevés de la cellule tandis que les gangues tombent au fond.



**Figure N°10: Cellule de flottation**



Notons que, l'emploi de ce procédé revêt une grande importance pour les substances qui ne possèdent pas la propriété de flottabilité naturelle.

#### **III.4. ETUDE COMPARATIVE DE CES DIFFERENTS PROCEDES**

Après avoir présenté les différents procédés de séparations possibles, nous allons essayer d'analyser leurs caractéristiques afin de dégager leurs points faibles et leurs points forts en vue de la désiliciation.

**Etude comparative de ces différents procédés**

| <b>Procédés</b>          | <b>Points forts</b>   | <b>Points faibles</b>  |
|--------------------------|---|--|
| Flottation               | <ul style="list-style-type: none"><li>- la seule à utiliser pour la séparation des fines particules d'espèces chimiques différentes</li><li>- intervient avantageusement dans les cas où le triage gravimétrique est difficile : corps de masses volumiques voisines ou dimensions petites</li><li>- traitement des fines particules techniquement réussi et semble intéressant</li><li>- exécution relativement facile</li><li>- obtention de fractions riches en produits de valeur par séparation de la gangue</li></ul> | <p>Réactifs difficile à chercher pour les autres minerais</p>  |
| Séparation Gravimétrique | <ul style="list-style-type: none"><li>- peu onéreuse, pour l'élimination, sans grands frais, des stériles avec production de mixte plus ou moins enrichie</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>- le triage gravimétrique est difficile pour les corps de masses volumiques voisines ou des dimensions petites</li><li>- diamètre de particules traitées varie de 10 mm à 20 mm</li><li>- Les procédés de concentration par gravité deviennent inefficaces lorsque les forces de friction dues à la viscosité du liquide ou aux frottements entre particules deviennent prépondérantes vis-à-vis des forces de gravité (cas des particules de dimension égal ou inférieure à 70<math>\mu</math>m).</li></ul> |
| Séparation magnétique    | <ul style="list-style-type: none"><li>- séparation possible (avec la chromite en particulier) mais nécessite d'autre méthode de séparation en amont ou en aval de cette méthode</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>- dépense d'énergie très élevée lors de séchage des minerais (procédé à sec)</li><li>- dépend de susceptibilité de masse des minerais</li><li>- nécessaire de faire une bonne séparation de criblage avant la séparation</li><li>- La séparation en haute intensité humide se trouve limitée par la viscosité du liquide par l'emploi du champ à haute intensité (difficulté d'étanchéité du rotor) et surtout par le traitement de fines granulométries.</li></ul>  |



Pour le cas particulier de séparateur magnétique, la Kraoma dispose de résultat de ceux effectués au laboratoire étranger. Pour montrer la qualité de séparation, nous présentons ce résultat dans le tableau N°05 suivant :

**Tableau N°05. Résultat de l'essai avec un séparateur magnétique**

| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | SiO <sub>2</sub> (%) |
|------------------------------------|----------------------|
| 48,70                              | 3,41                 |

Notre étude de ce résultat aboutit à la constatation de l'inefficacité de séparation magnétique en vue de la désiliciation jusqu'à moins de 1% des concentrés de chromite Malgache.

### ***Conclusion***

Différents procédés sont possibles pour la désiliciation. Parmi ces méthodes d'enrichissement, selon l'étude comparative, la flottation est la plus avantageuse et la plus facile à cause de la possibilité de séparation des fines particules d'espèces chimiques différentes.

## CHAPITRE IV. GENERALITES SUR LA FLOTTATION

### Introduction

La flottation est la méthode la plus utilisée dans une industrie. Elle nécessite plusieurs paramètres à respecter et l'utilisation des réactifs appropriés.

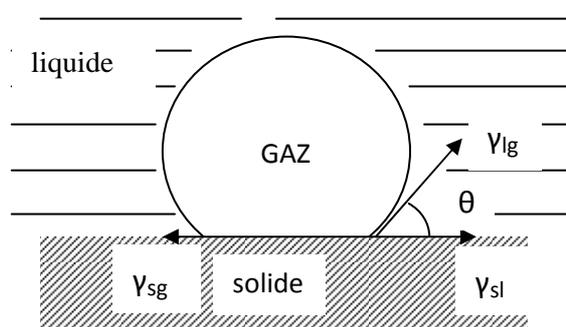
#### IV.1. NOTION THEORIQUE [1], [13], [20]

➤ *Notion de la tension superficielle et d'hydrophobicité :*

La tension superficielle est définie comme étant une force opposée à une force que provoque la rupture de surface. Chaque fluide a sa tension superficielle propre et elle est constante.

Dans le cas où un solide se trouve en présence d'un liquide et d'un gaz (ou air), les phénomènes superficiels sont régis par la détermination des valeurs relatives des diverses tensions superficielles entre les surfaces de séparation solide-gaz, solide-liquide, liquide-gaz et des angles des vecteurs qui représentent ces forces. L'un de ces angles, celui formé par le solide et le plan tangent à la surface du liquide en un point de contact du liquide, du solide et du gaz, a un intérêt particulier dans l'étude de ces phénomènes. Il est appelé « angle de contact » ou « angle de raccordement  $\theta$  ».

D'autre part, la notion d'hydrophobicité de surface a une importance majeure dans la compréhension du phénomène de la flottation, qui est le contact entre une bulle d'air et la surface d'un solide dans un liquide, elle peut être conçue relativement de manière simple lorsqu'on s'attache au modèle de la figure ci après :



**Figure N°11: Interface liquide-solide-gaz**

Avec :

-  $\gamma_{sg}$  : tension superficielle solide-gaz

- $\gamma_{lg}$  : tension superficielle liquide-gaz
- $\gamma_{sl}$  : tension superficielle solide-liquide

A cause de l'attraction moléculaire, il existe une tendance interfaciale entre le liquide et le solide que nous appellerons  $\gamma_{sl}$ , une autre entre le liquide et le gaz soit  $\gamma_{lg}$  et enfin entre le solide et le gaz  $\gamma_{sg}$ .

Les conditions d'équilibres sont données par l'égalité suivant :

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \cos \theta \quad (1)$$

D'où l'équation de l'Young :

$$\cos \theta = \frac{(\gamma_{sg} - \gamma_{sl})}{\gamma_{lg}} \quad (2)$$

Les phénomènes ont lieu lorsque les bulles d'air approchent une surface hydrophobe : on observe une rupture de la couche d'eau, qui devient instable et la rapidité de l'hydrophobicité dépend de l'angle de contact.

Donc, pour avoir une bonne flottabilité, il est nécessaire que la fixation d'une particule solide à une bulle d'air soit bonne, c'est-à-dire que  $\theta$  le plus grand possible.

- Si  $\theta = 0^\circ$ , les particules solides sont mouillables, donc non flottables
- Si  $0^\circ < \theta < 90^\circ$ , les particules solides sont plus ou moins mouillables
- Si  $\theta > 90^\circ$ , les particules solides sont hydrophobes ou non mouillables, on a donc une bonne flottabilité.

L'angle de contact caractérise donc la tendance qu'à un solide de se de laisser mouiller par un liquide.

La flottation n'est possible que pour les substances non mouillées par l'eau et celles rendues hydrophobes.

En effet, les particules non mouillées par l'eau s'accrochent aux bulles d'air et sont ramenées en surface sous forme d'écume minéralisée.

➤ *Mouvement ascendant :*

Nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds  $Re$  est une quantité caractérisant la nature d'écoulement du fluide. D'où la formule est la suivante :

$$Re = \frac{(\rho_f \cdot u \cdot D_p)}{\mu_f} \quad (3)$$

Avec :

$\rho_f$  : masse volumique du fluide en  $[kg / m^3 \text{ ou } g / cm^3]$

$u$ : vitesse de la particule solide supposée en [m / s ou cm / s]

$D_p$ : diamètre de la particule solide supposée sphérique en [m ou cm]

$\mu_f$ : viscosité du fluide en poiseuille [Ps]

Le régime d'écoulement varie suivant la valeur de  $Re$  :

- $Re \leq 2$ , correspond à un écoulement laminaire ou régime de Stokes
- $2 < Re < 500$ , correspond à un écoulement intermédiaire ou régime d'Allen
- $Re \geq 500$ , correspond à un écoulement intermédiaire ou régime de Newton

Dans le mouvement ascendant, les valeurs de  $Re$  convenables pour une flottation correspondent à un écoulement laminaire, c'est-à-dire  $Re \leq 2$

#### IV.2. LES REACTIFS DE FLOTTATION [13], [20]

Comme on l'a décrit, les valeurs des tensions superficielles et de l'angle de contact qui conditionnent le phénomène de flottation, varient avec la nature physique et chimique de la surface du solide et la composition de la solution aqueuse. C'est ainsi qu'il faut améliorer les propriétés hydrophobes et hydrophiles des constituants au moyen de réactifs chimiques. Ces réactifs chimiques additifs qu'on utilise sont :

➤ **Les moussants**, ce sont des substances qui stabilisent l'écume de surface contenant les matières hydrophobes, afin d'en faciliter la collecte.

De plus, ce sont des réactifs ayant pour rôle de favoriser la formation et la stabilité des bulles.

Les principaux moussants utilisés en flottation de la silice sont les suivants :

- huiles de pin
- huile d'eucalyptus
- huile essentielle de niaouli

➤ **Les collecteurs** ce sont des agents qui augmentent spécifiquement le caractère hydrophobe des particules à flotter. Toutefois, les collecteurs sont introduits dans la pulpe pendant la phase de conditionnement pour qu'ils soient efficaces.

On peut faire l'essai de la flottation de la silice avec les collecteurs suivants :

- Acide oléique  $C_{17}H_{33}COOH$
- Gas-oil

➤ **Les dépresseurs**, à l'inverse des précédents, augmentent la mouillabilité des particules pour empêcher leur flottation. Ces réactifs sont également utilisés à des doses allant de quelques dizaines de gramme à quelques kilos par tonne de minerai, comme pour les activants

Pour la flottation de la silice, on peut employer comme dépressant le silicate de sodium  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$

➤ **Les activateurs**, ce sont des réactifs chimiques permettant la sélectivité de l'hydrophobisation entre les différentes phases minérales du minerai. Ainsi, ces réactifs neutralisent l'action d'un dépressant dans le cas de flottation successive.

Dans le cas de la silice, on peut essayer encore les deux cas suivants :

- Avec activateur (exemple : barytine ou  $\text{BaSO}_4$ )
- Sans activateur

#### IV.2.1. Paramètres de flottation

##### IV.2.1.1. Pulpe

Une pulpe est une solution aqueuse formée du mélange d'eau et du minerai. La concentration normalement admise dans toutes opérations de flottation est de 15 à 20% de matières solides.

##### IV.2.1.2. Vitesse des bulles d'air

D'après l'équation de Stokes, l'équation de la vitesse ascensionnelle d'une bulle de gaz seulement en régime laminaire dans la zone de séparation est donnée par :

$$v = \frac{\rho_g d^2}{18 (\rho_l - \rho_g)} \quad (4)$$

Avec :

$\rho_l$  : masse volumique du liquide

$\rho_g$  : masse volumique du gaz

d : diamètre de la bulle

Le volume minimal de gaz pour assurer la flottation d'une particule est

$$\frac{V_g}{M_s} = \frac{(\rho_s - \rho_g)}{(\rho_l - \rho_g) \rho_g} \quad (5)$$

D'où :

$V_g$  : volume minimal de gaz

$M_s$  : masse de la particule

$\rho_l$  : masse volumique du liquide

$\rho_g$  : masse volumique du gaz

$\rho_s$  : masse volumique de la particule

#### ***IV.2.1.3. Nature et quantités des réactifs :***

La pratique de la flottation montre selon la bibliographie l'efficacité d'un nombre réduit des réactifs et cela selon la catégorie des minéraux à flotter (oxydes, sulfures, etc....). La dose pratiquée de ces réactifs influence dans certaines mesures sur le rendement et l'efficacité de séparation par flottation.

#### ***IV.2.1.4. Intensité d'agitation :***

L'agitation est nécessaire lors de la mise en œuvre de la flottation d'abord pour l'homogénéisation de la pulpe, ensuite sur l'aération provoquant la formation des bulles. L'intensité de cette agitation doit être bien choisie pour éviter la formation des bulles non stables et pour assurer le maximum de chance de l'adsorption de collecteur et de bulles pour la surface des grains à flotter.

#### ***IV.2.1.5. Temps de flottation :***

Selon les diverses sources bibliographiques, le temps de flottation joue un rôle très important dans la réalisation dans la meilleure condition de phénomène de flottation. En effet, le temps de flottation comporte :

- temps de conditionnement
- temps de moussage, de collection, d'activation et de dépression résumé comme temps de flottation proprement dite

Granulométrie : Comme il s'agit de séparer dans un même minerais, des parties minéralogiquement différents les uns des autres. La granulométrie est un facteur non négligeable pouvant assurer la réussite de la flottation voulue. La notion de diamètre de libération est importante et utile à savoir en flottation.

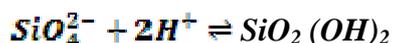
### **IV.3. PHENOMENES REAGISSANT LA FLOTTATION**

#### **IV.3.1. Critère de choix des réactifs**

Le choix des réactifs et des procédés mise en flottation sont fonction des différents facteurs qui doivent être pris en compte, notamment :

- La nature de la substance qui doit être concentrée par flottation ;
- Les réactions chimiques mises en jeu ;
- La minéralogie de la substance considérée [20] ;

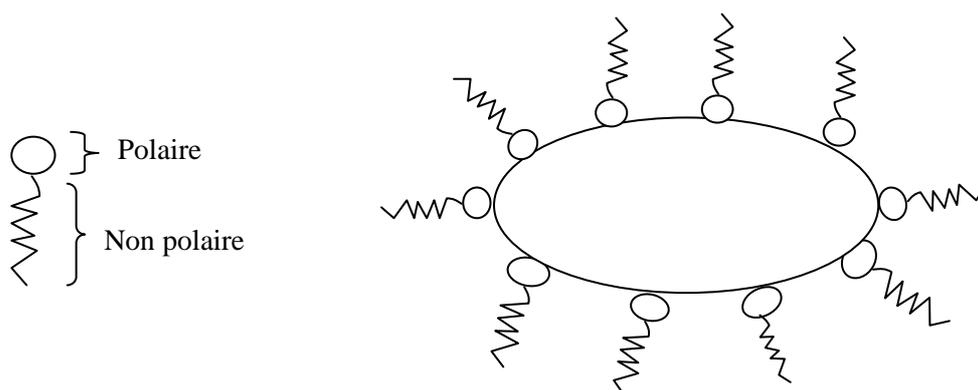
La silice est classée dans les groupes des oxydes qui ne dissolvent pas dans l'eau. Mais sa surface n'est pas thermodynamiquement stable : l'eau est chimisorbée à la surface de l'oxyde pour donner des groupements très stables  $\text{SiO}_2(\text{OH})_2$  selon la réaction :



#### IV.3.2. Les collecteurs [13], [20]

##### ➤ *Propriétés physiques*

Les collecteurs sont généralement des composées hétéropolaires. Comme il est possible de le constater à la figure [N°11] ci-après, la partie polaire est adsorbée à la surface de la particule tandis que la partie non-polaire est orientée vers l'extérieur afin d'exposer une surface hydrophobe.



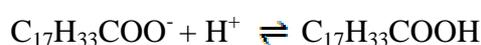
**Figure N°12: Mode d'action d'un collecteur**

L'activité des collecteurs varie grandement en fonction du pH. Celui-ci doit être ajusté par l'ajout d'une base d'un acide. La valeur optimale de pH dépend de la nature du minéral qui doit être concentré par flottation ainsi que du collecteur utilisé.

##### ➤ *Propriétés chimiques*

En pratique, les collecteurs utilisés sont des molécules organiques possédant une partie polaire, facilement ionisante et une chaîne hydrocarbonée de produit naturel. Ces collecteurs sont hydrolisables.

Exemple : l'acide oléique de type de carboxylate :  $\text{RCOOH}$  et de vraie formule  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$  a comme réaction d'hydrolyse.

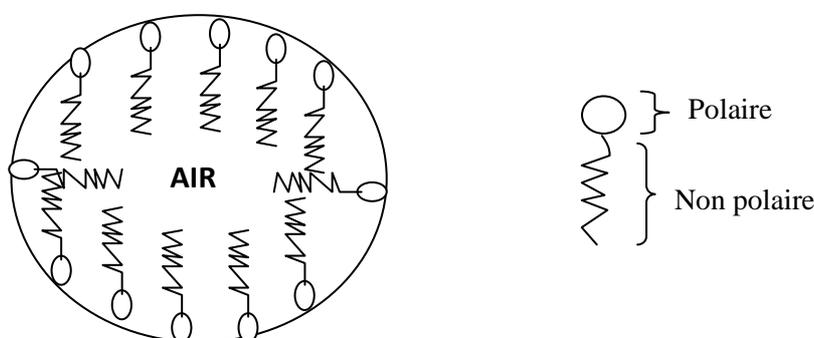


### IV.3.3. Moussant [20]

Durant la flottation, les moussants interviennent dans le contact entre les bulles et les minéraux rendus hydrophobes et dans la séparation de la phase bulle-particule de la phase liquide-particule.

#### ➤ *Propriétés physiques*

Les moussants sont hétéropolaires de nature organique qui sont absorbés aux interfaces air-eau (bulle). Les molécules des moussants comportent une tête polaire orientée vers l'eau et une queue non-polaire orientée vers l'air. Le mode d'action d'un moussant est présenté à la figure [N°12] suivante :



**Figure N°13: Mode d'action d'un moussant**

Les deux principales fonctions des moussants sont :

- Assurer une dispersion des bulles fines dans la pulpe
- Maximiser une stabilité adéquate de la mousse qui flotte à la surface de la pulpe. En effet, la mousse doit être suffisamment stable dans le but d'éviter relargage des particules hydrophobes dans la pulpe.

#### ➤ *Propriétés chimiques*

Les propriétés moussantes dépendent des propriétés chimiques c'est-à-dire la présence des groupes polaires extrêmement variés qui peuvent être des groupes :

- Hydroxyle -OH
- Carbonyle =  $\text{C} = \text{O}$
- Carboxyle -  $\begin{array}{c} \text{C} = \text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$
- Amine -  $\text{NH}_2$

- Sulfates -  $\text{OSO}_2\text{OH}$

Il existe une liaison très nette entre le pouvoir moussant et la longueur de la chaîne carbonée pour qu'un agent tensio-actif ait une action effective, il faut que sa chaîne hydrocarbonée présente au moins six atomes de carbone.

#### IV .3.4 Mécanisme d'adsorption des collecteurs

L'adsorption a été définie comme l'adhérence d'une molécule d'un ion à des corps solides. Un solide en présence d'un gaz pourra donner lieu à des phénomènes d'adsorption. Le mécanisme d'adsorption évolue en fonction de la concentration en collecteur :

- Pour des très faibles concentrations, les ions du collecteur jouent un rôle semblable à celui des contre ions (interactions électrostatiques entre l'adsorbant et l'adsorbât)
- Pour la concentration voisine à des centièmes de la c.m.c. (concentration micellaire critique), la concentration au voisinage de la surface est telle que les ions des collecteurs voient naître des interactions entre leurs chaînes hydrocarbonées.

En général, la concentration du collecteur doit être suffisamment basse pour éviter de former des micelles de surface. Pour le cas de la chromite (de nature oxyde) la surface est susceptible d'absorber les collecteurs ayant de charge de signe opposé sur la partie polaire.

#### IV.3.5 Données bibliographiques sur les quantités des réactifs pratiquées en flottation des oxydes [2], [13]

**Remarque :** D'après l'étude bibliographique qu'on a vue, on peut flotter le quartz avec les réactifs indiqués dans le tableau N°06 suivant

**Tableau N°06. Réactifs en flottation de quartz**

| Minerai | Activant | Collecteur    |
|---------|----------|---------------|
| Quartz  | Barytine | Acide oléique |

Selon d'autre source bibliographique [20] aussi d'autres réactifs peuvent être utilisés

- les collecteurs : le gas-oil, etc.... environ 1ml pour l'échantillon de 2,5Kg)
- les moussants : les huiles essentielles de Niaouli, de pin, d'eucalyptus de quantité environ 70ml.

#### IV.4. MISE EN ŒUVRE DE LA FLOTTATION

##### IV.4.1 Condition essentielle : diamètre de libération

Avant toute séparation, il est nécessaire de faire :

- une étude sur lames minces (ou genèse de la silice) afin de connaître le diamètre de libération
- une bonne opération de criblage et de broyage afin que les grains du minerai aient une granulométrie plus homogène.

##### Notion sur la libération de l'espèce valorisable :

Un minerai est constitué par aux moins deux espèces minérales plus ou moins intimement associées. Supposons que le minéral, symbolisé par le carré ABCD, soit fragmenté en 100 parties égales. La silice est symbolisée par un carré dont la surface est seize fois inférieure à la surface totale.

**Tableau N°07. Libération de la silice**

A B

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20  |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30  |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40  |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50  |
| 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60  |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70  |
| 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80  |
| 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90  |
| 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |

C D

Source : Pierre Blazy [13]

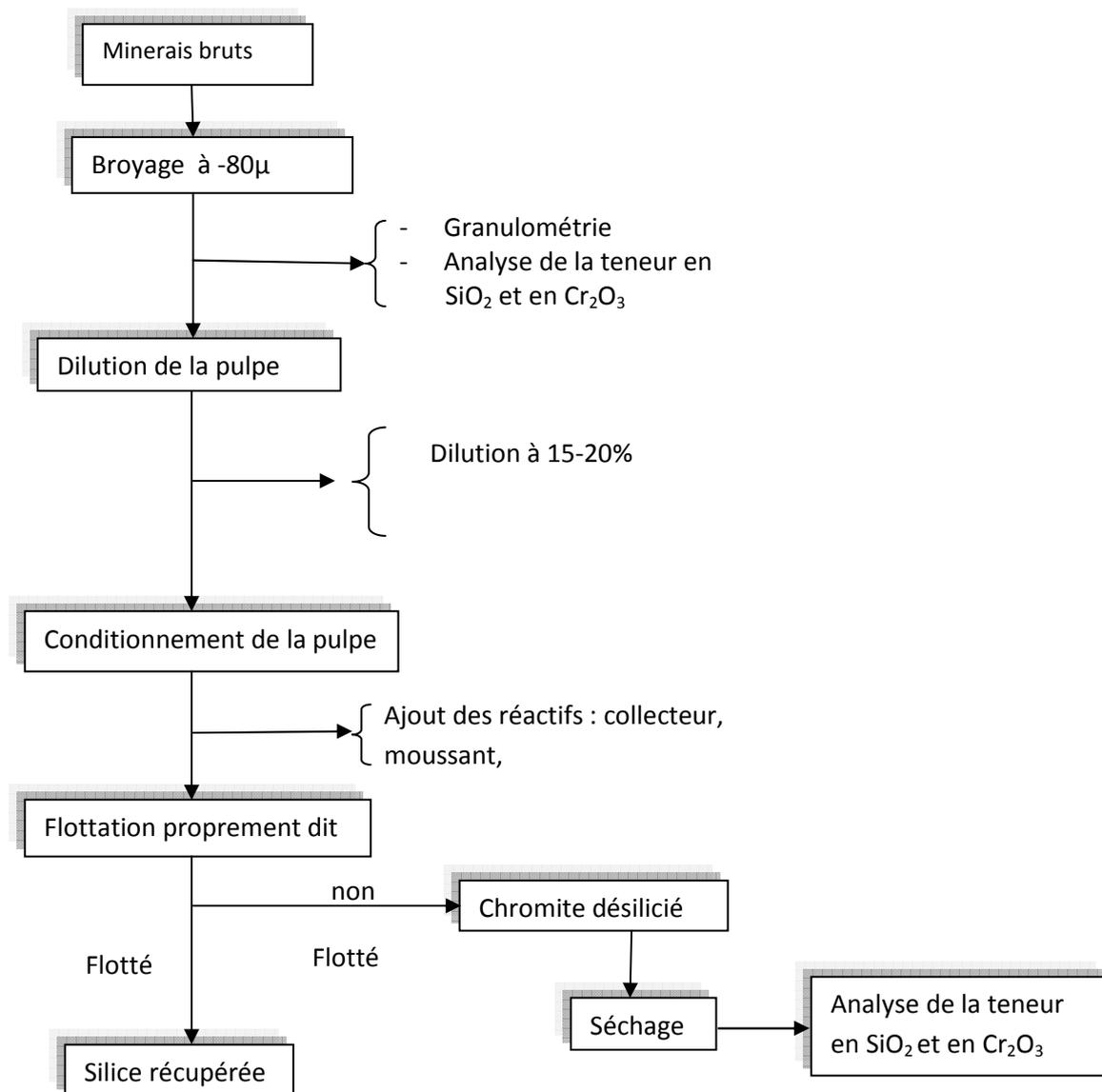


Les morceaux symbolisés par les carrés 33 et 43 sont constitués essentiellement par la silice. Les morceaux symbolisés par les carrés 23, 24, 32, 34, 35, 42, 44 et 54 sont des mixtes minéralogiques constitués par la silice et la chromite. Ainsi bien qu'une réduction amenant à des fragments seize fois plus petits ait été appliquée au matériau originel ABCD, seuls deux fragments sont constitués par la silice pure. Il faudrait pousser à l'extrême la fragmentation de l'espèce minérale pour atteindre la libération totale. Par conséquent, la « maille de libération totale » qui est le diamètre de libération ou la dimension à laquelle toutes les espèces valorisables sont libérées de leur gangue n'est qu'une vue idéale du problème. Cette libération économique correspond à une maille de fragmentation appelée « maille de broyage ». Et pour résoudre ce problème, il faut faire une étude sur lames minces.

En effet, une fois connu ce diamètre de libération, l'analyse granulométrie s'avère nécessaire pour le repérer et pour connaître la teneur en masse de matière ayant ce diamètre de libération.

#### ***IV.4.2 Processus des opérations à mettre en œuvre***

Les étapes conduisant à la flottation de la silice se résument de la façon suivante :



**Figure N°14: Processus de flottation de la silice**

#### IV.5. MACHINES DE FLOTTATION [18], [20]

Une machine de flottation assure les fonctions suivantes :

- Traitement des produits (alimentation de la cellule, décharge des produits et évacuation des mousses)
- Aération de la pulpe
- Dispersion homogène des solides dans la pulpe : l'intensité de cette agitation influe sur la flottabilité des minéraux traités :
  - L'agitation peut provoquer une oxydation plus ou moins intense des surfaces sulfurées par l'oxygène dissous.



- Une trop forte agitation peut provoquer la quantité d'ultrafines, nuisibles à la flottation (particules  $< 10 \mu\text{m}$ ) par attrition des minéraux présents dans la cellule

### ***Description de l'appareil de flottation :***

Pour réussir la flottation, la cellule de flottation industrielle doit comporter un moteur de puissance entre 0,1 à 1 kw et de vitesse de rotation entre 1800 et 2850 tours / minute et pouvant traiter un débit entre 50 et 500 kg/h.

Plusieurs modèles de cette machine de flottation sont proposés et décrits à l'annexe.

### ***Conclusion***

L'application de cette technique d'enrichissement exige l'emploi des réactifs qui servent globalement à la transformation ou à la modification des états de surface des particules pour que ces particules présentent une hydrophobie marquée. La flottation peut être appliquée aux préconcentrés afin d'obtenir une augmentation de teneur en matière utile et une différenciation entre les minéraux préalablement enrichis.



## CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Au terme de ce rappel bibliographique, nous comprenons bien les notions essentielles sur la silice et sur la chromite d'Andriamena. Ensuite, nous dégageons et faisons une étude comparative procédés probables de désiliciation. Et parmi ces méthodes, la flottation est la plus indiquée car elle est la plus avantageuse et la plus efficace à cause de la possibilité de la séparation des fines particules d'espèces chimiques différentes.