

3.6 Appareils de flottation

Les principaux appareils ou machines de flottation utilisés dans la pratique industrielle sont classés selon deux principales catégories. La première est celle des machines munies d'un mécanisme d'agitation mécanique. La seconde rassemble toutes les autres machines, elle comprend les colonnes, les machines Davcr et les séparateurs par écume.

3.6.1 Appareils munis d'un agitateur mécanique

Les appareils munis d'un agitateur mécanique peuvent agiter mécaniquement la pulpe et sont nommés cellules de flottation ou cellules. Actuellement, ce sont les appareils les plus utilisés en flottation industrielle pour la grande majorité des minerais. La figure 5 « a » montre la constitution des cellules, de façon simplifiée ; on voit une cellule unique en forme de cuve avec son mécanisme d'agitation, son mode de soutirage de concentré en mousse ainsi que l'alimentation de ces principaux ingrédients. Les cellules sont rarement utilisées en mode unique, la figure « b » montre un agencement de deux cellules. La première produisant un concentré qui peut ou non être combiné avec celui de la cellule avoisinante. Le rejet de la première cellule, par ailleurs constitue l'alimentation de la seconde cellule.

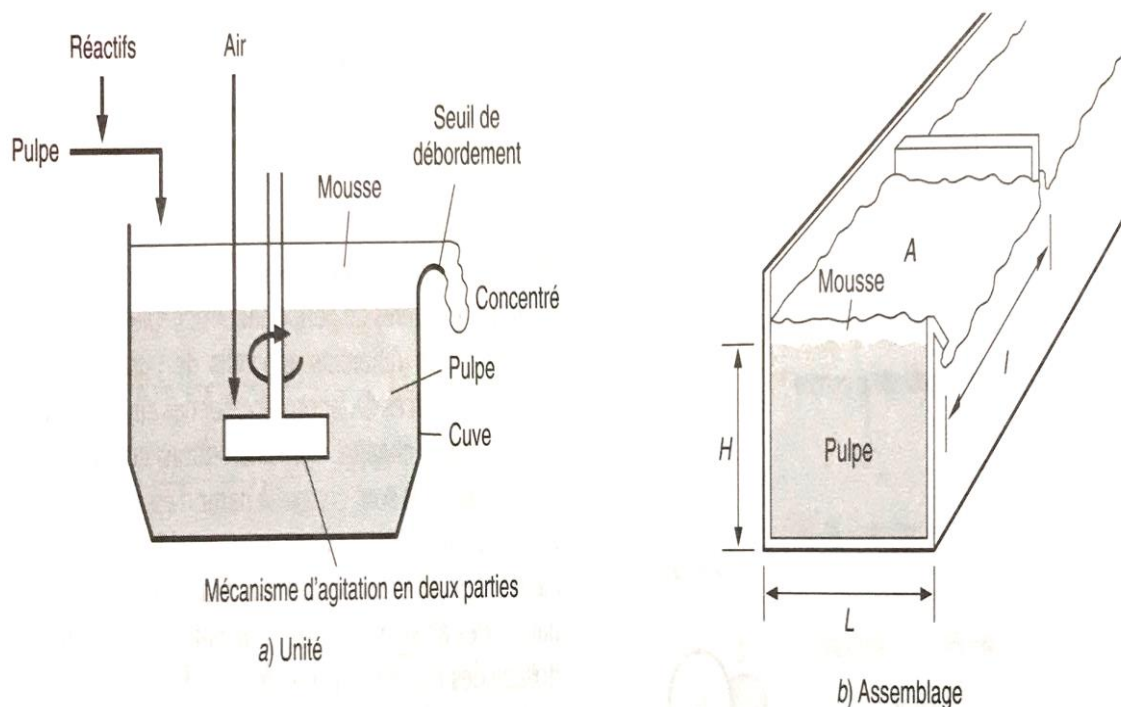


Figure 5. Cellule de flottation simplifiée

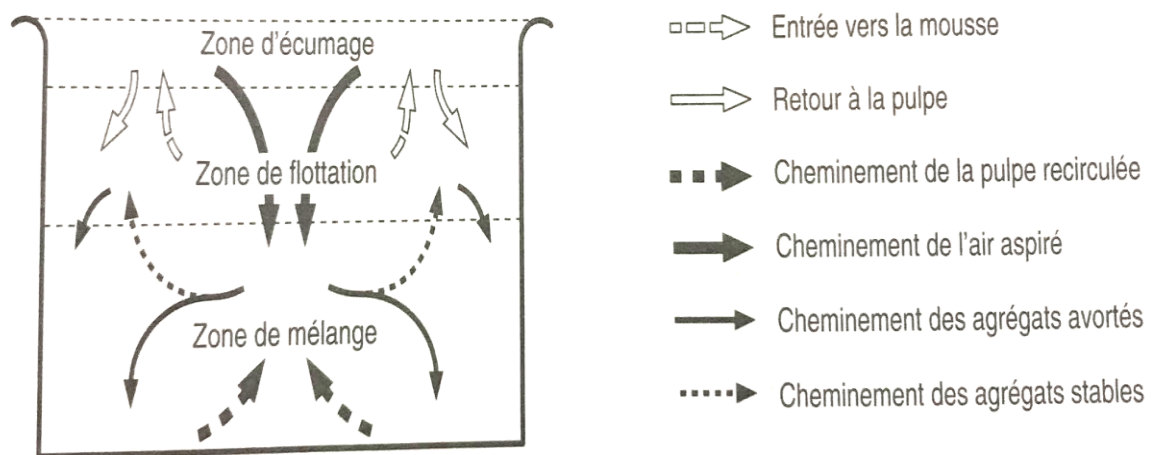
3.6.1.2 Parties constituantes

Une cellule de flottation est une cuve qui comporte trois entités principales. La première est un système à trois phases qui sont la solution aqueuse, le solide et l'air, ce système porte le nom de pulpe aérée. La deuxième entité est la mousse qui contient ; en flottation directe des particules de minéral utile. La troisième entité est le mécanisme d'agitation, ou mécanisme submergé, qu'on appellera dès lors agitateur. L'agitateur sert autant pour l'aération que pour l'agitation proprement dite.

Généralement on discerne trois zones dans une cellule de flottation : la zone de mélange (mixing), la zone de flottation proprement dite et la zone d'écumage. La figure 6 montre ces zones pour une cellule de type Wemco. Dans la zone de mélange, l'air aspiré dans la cellule est mis en contact avec le solide de la pulpe, à proximité du mécanisme d'agitation. Le mélange obtenu (la pulpe aérée) est refoulée vers les parois latérales de la cuve ; les agrégats stables qui se sont formés se dirigent vers la zone de flottation, tandis que les agrégats instables, ainsi que les solides hydrophobes qui n'ont pas formés d'agrégats, sont recirculés et subissent d'autres mises en contact dans le mécanisme d'agitation.

Quant à la zone de flottation, elle est le siège de la séparation, c'est-à-dire que la lévitation des agrégats s'y produit, ce qui les amène dans la zone d'écumage qui est une zone relativement calme.

Enfin la zone d'écumage correspond à une colonne de mousse d'une certaine épaisseur, dont la portion supérieure est évacuée de la cellule pour donner ce qu'on appelle, en flottation directe, le concentré.



a) Zones dans la cellule

Figure 6 a. Zones d'une cellule de type Wemco

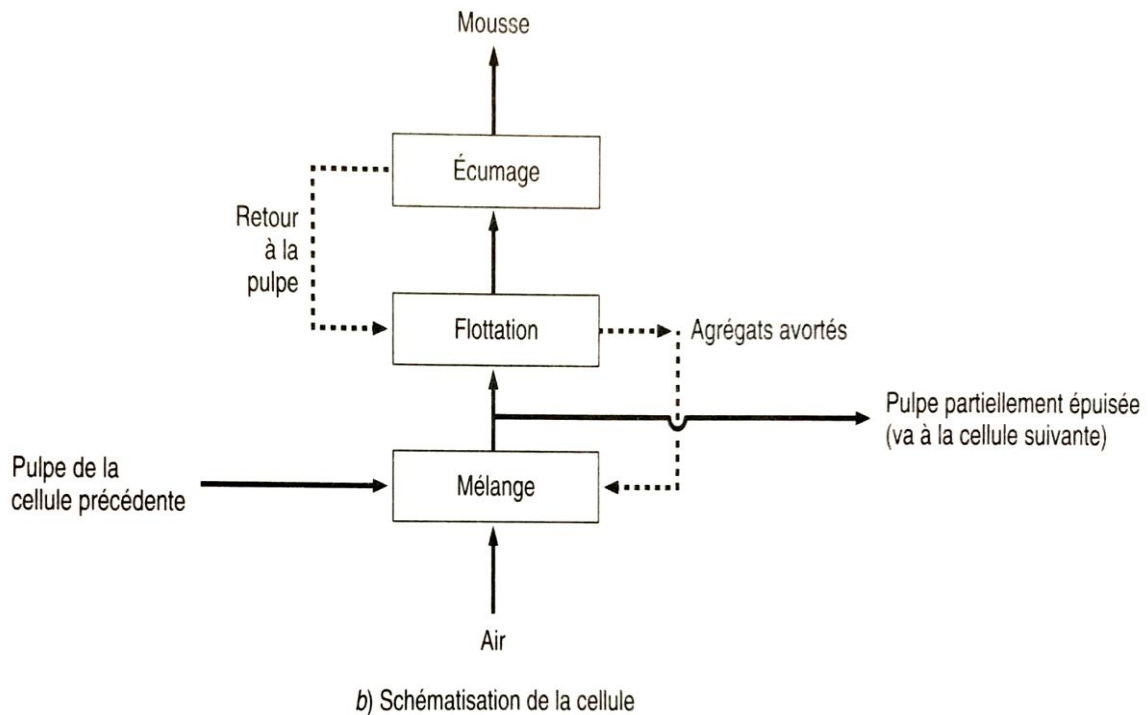


Figure 6 b. Zones d'une cellule de type Wemco

3.6.2 Appareils sans agitateur mécanique

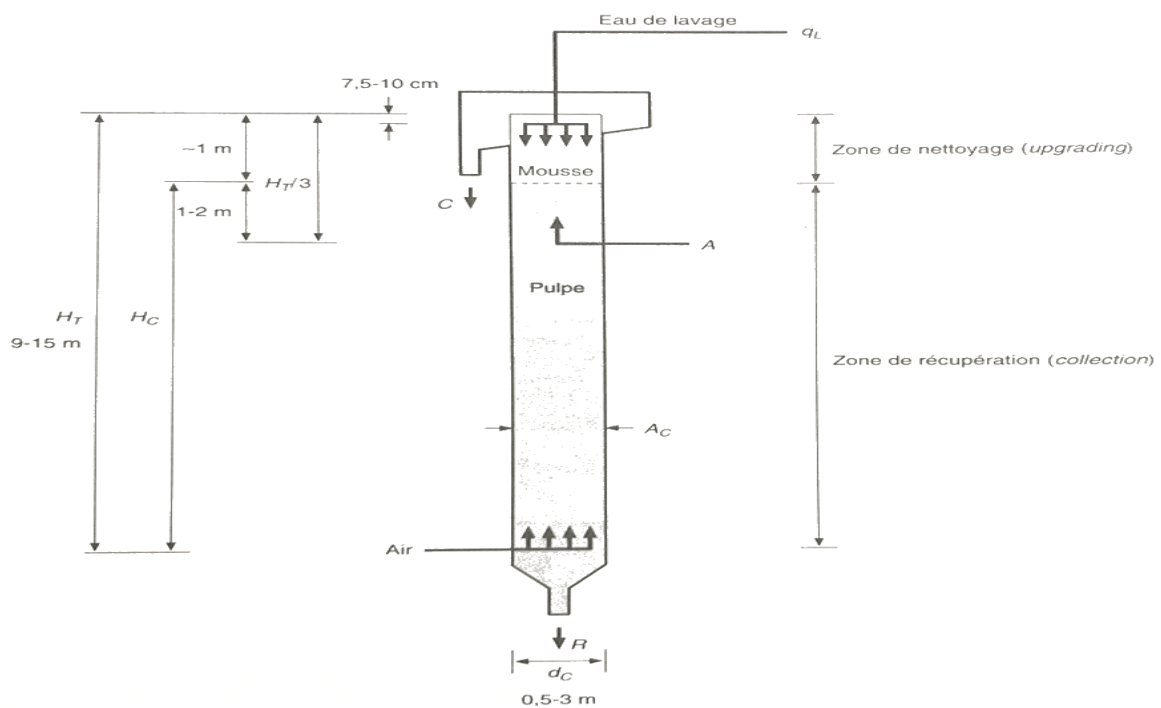
3.6.2.1 Colonne traditionnelle

La colonne de flottation traditionnelle est une invention canadienne qui date des années 60.

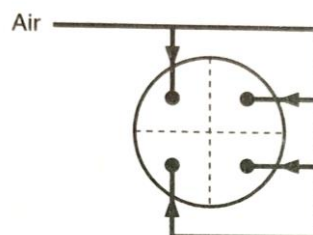
Elle est devenue très utile pour le nettoyage des concentrés de plusieurs minéraux, dont ceux de cuivre, de plomb, de zinc et d'étain. Par suite, son utilisation ne s'est pas limitée aux minéraux métalliques, la colonne devenant un appareil presque idéal pour la concentration du charbon, du graphite et des phosphates.

La colonne traditionnelle est un appareil de fabrication relativement très simple. Comme le montre la figure 7, elle est constituée d'un récipient de forme prismatique dont la hauteur est beaucoup plus importante que la largeur; la section peut être circulaire ou carré. La hauteur varie de 9 à 15 m, pour des diamètres situés respectivement entre 0,5 et 3 m. Dans les colonnes, la pulpe préalablement conditionnée est alimentée latéralement, le rejet est soutiré par le fond du récipient et le concentré est récupéré en mousse dans le haut de l'appareil, par suite de son débordement dans un dalot de forme circulaire.

Le principe de fonctionnement est le suivant. Une fois la pulpe arrive dans le corps de l'appareil, les particules sédimentent lentement dans la direction du soutirage du rejet ; mais, pendant leur descente, elles rencontrent les bulles d'air qui sont produites et alimentées par le bas de l'appareil à l'aide d'un distributeur (sparger) et sont en ascension. Les particules et les bulles d'air ont donc un mouvement à contre-courant, ce mouvement est caractéristique de des colonnes, et les collisions qui en résultent permettent les adhésions bulles-particules et la formation des agrégats. Dans les colonnes, le mécanisme de formation des agrégats suit la théorie de la « coursing bubble ». Quant aux agrégats formés, ils s'accumulent sous forme de mousse dans la partie supérieure de l'appareil, où agissent des jets d'eau pulvérisée, l'eau de lavage, avant de déborder dans un dalot.



a) Coupe verticale



b) Coupe horizontale avec cloisons

Figure 7. Colonne traditionnelle

3.6.2.2 Autres appareils

Parmi les appareils utilisés à l'échelle industrielle, ce sont la colonne Diester Flotaire, la cellule Jameson, la cellule Davcra et les séparateurs par écumes.

La colonne Diester Flotaire

Elle est utilisée pour la flottation des phosphates en Floride dans les Etats-Unis. Cette colonne est semblable à la colonne traditionnelle pour ce qui est du soutirage du rejet et du concentré (voir Figure 8). La façon d'alimenter la pulpe conditionnée diffère cependant, se faisant par une ouverture centrale (feed well).

Mais c'est par la technique de distribution de l'air que la différence est plus marquée, le mélange de l'eau et de l'air se faisant à l'extérieur. L'air est aspiré par siphonnage, c'est-à-dire que l'eau, dans laquelle le moussant a été dissout au préalable est alimenté sous pression (240 – 310 kPa), ce qui entraîne l'air dans le conduit d'alimentation. Une partie de l'eau aérée est alimentée dans l'ouverture centrale et le reste, dans le bas de la colonne, sous les plaques trouées (constriction plates). La colonne Flotaire est aussi plus courte que la colonne traditionnelle (environ 4,5 m de hauteur), et la hauteur de mousse est supérieure (2 m). On n'emploie pas d'eau de lavage.

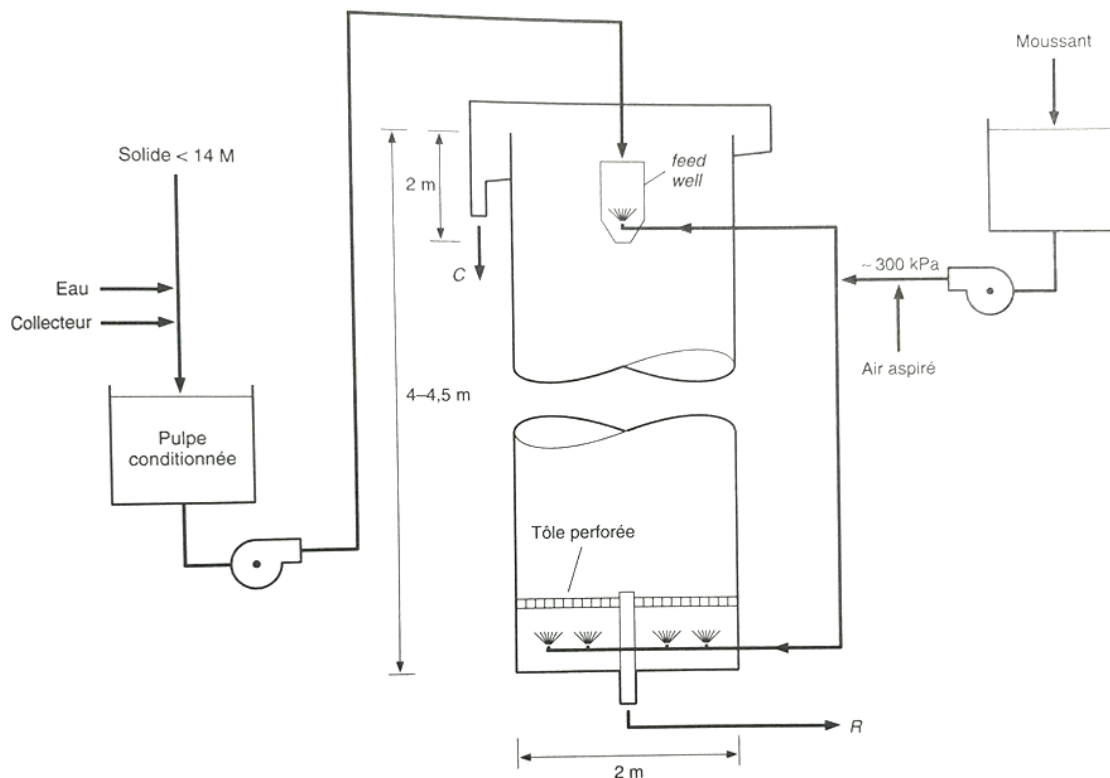


Figure 8. La colonne Diester Flotaire

La cellule Jameson

Elle a été mise au point en Australie dans les années 90. Son principe est le même que celui de la colonne traditionnelle, mais sa hauteur est grandement réduite (voir figure 9). Une conséquence de la réduction de la hauteur de la zone de récupération est la diminution du temps de séjour des particules, ce qui serait un avantage dans le cas où l'oxydation des surfaces du mineral utile, constitue une entrave à l'action du collecteur. Le degré d'oxydation est proportionnel à la durée d'exposition des surfaces à l'air contenu dans la pulpe, donc au temps de séjour des particules.

Le diamètre des cellules Jameson est semblable à celui des colonnes traditionnelles, variant de 1,3 à 1,9 m pour les cellules cylindriques et 1,5 à 3,0 m pour celles rectangulaires.

Une caractéristique particulière de cette cellule est la façon d'alimenter l'air et la pulpe. On utilise le principe de la distribution externe ; la pulpe conditionnée avec tous les réactifs (moussant y compris), est pompée sous pression dans un conduit vertical (down comer). L'air est aspiré en grande quantité dans le même conduit, ce qui produit une aération supérieure à celle des autres systèmes. La pulpe aérée est ensuite alimentée sous le niveau de la mousse.

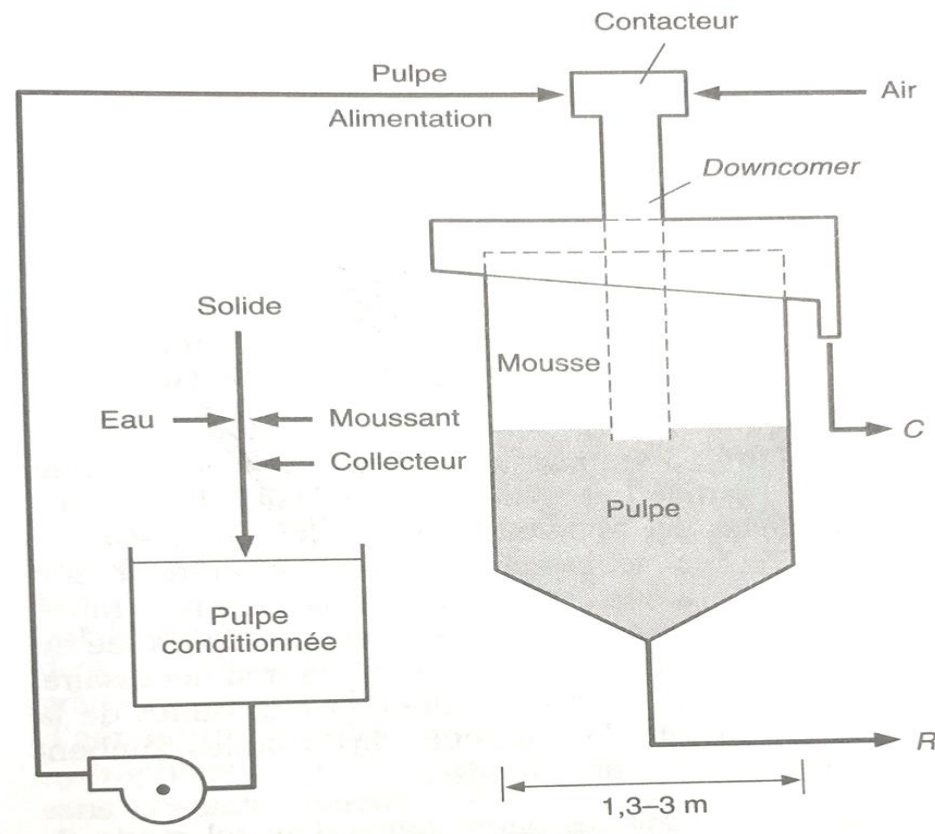


Figure 9. Cellule Jameson

La cellule Davcra

La pulpe aérée est alimentée dans le bas de la cellule, à une de ses extrémités. Le flot de pulpe entre en collision avec une cloison transversale, d'où un changement de direction majeur de l'écoulement de la pulpe. Il en résulte une baisse de vitesse de l'écoulement, mais les turbulences engendrées pendant la collision empêche les particules de sédimer, sans qu'on ait besoin d'un agitateur mécanique. Le flot de pulpe se sépare alors en deux : les agrégats qui lèvent vers la zone de mousse, dont l'épaisseur est supérieure à celle qu'on rencontre avec les cellules traditionnelles, et la pulpe appauvrie qui s'achemine vers le tuyau de décharge.

Une caractéristique particulière de la cellule Davcra est la façon dont s'effectue le mélange de la pulpe et de l'air. On utilise un contacteur en forme de tuyère cylindroconique, par laquelle la pulpe conditionnée avec tous les réactifs (moussant compris), est pompée tangentiellement. Quant à l'air comprimé, il est alimenté selon l'axe de la tuyère, d'où une prise de contact assez violente entre les bulles et les particules individuelles, et une aération poussée de la pulpe. Une cellule Davcra peut remplacer une petite batterie de cellules munies d'un agitateur mécanique.

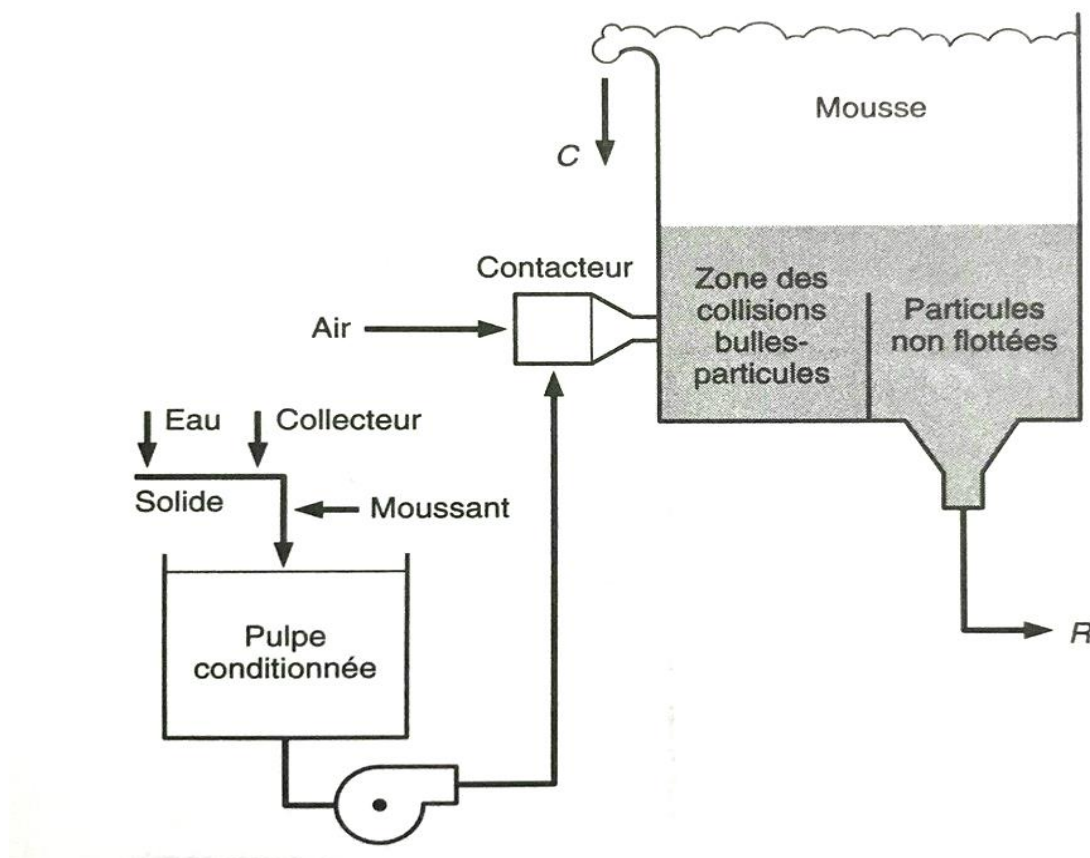


Figure 10. Cellule Davcra

Le séparateur par écume

Un appareil de flottation complètement différent appelé séparateur par écume a été inventé en Union soviétique (voir figure 11), en voici le principe de fonctionnement. La pulpe conditionnée au collecteur arrive par une embouchure supérieure. Elle descend le long de plusieurs plans inclinés, dont l'objectif est de maintenir la meilleure homogénéisation possible. Une fois arrivé dans une tranchée circulaire, la pulpe y subit une première aération importante, pour ensuite passer par-dessus un seuil, d'où elle alimente verticalement le dessus de la mousse. Cette mousse est maintenue active grâce à un grand nombre de tuyaux perforés qui servent d'aérateurs secondaires. Tandis que les particules hydrophiles traversent l'entière épaisseur de mousse sans obstacle majeur, celles qui sont hydrophobes y sont retenues jusqu'à ce qu'elles atteignent le seuil de débordement de la mousse, d'où elles tombent pour constituer le concentré, aidées par des racloirs.

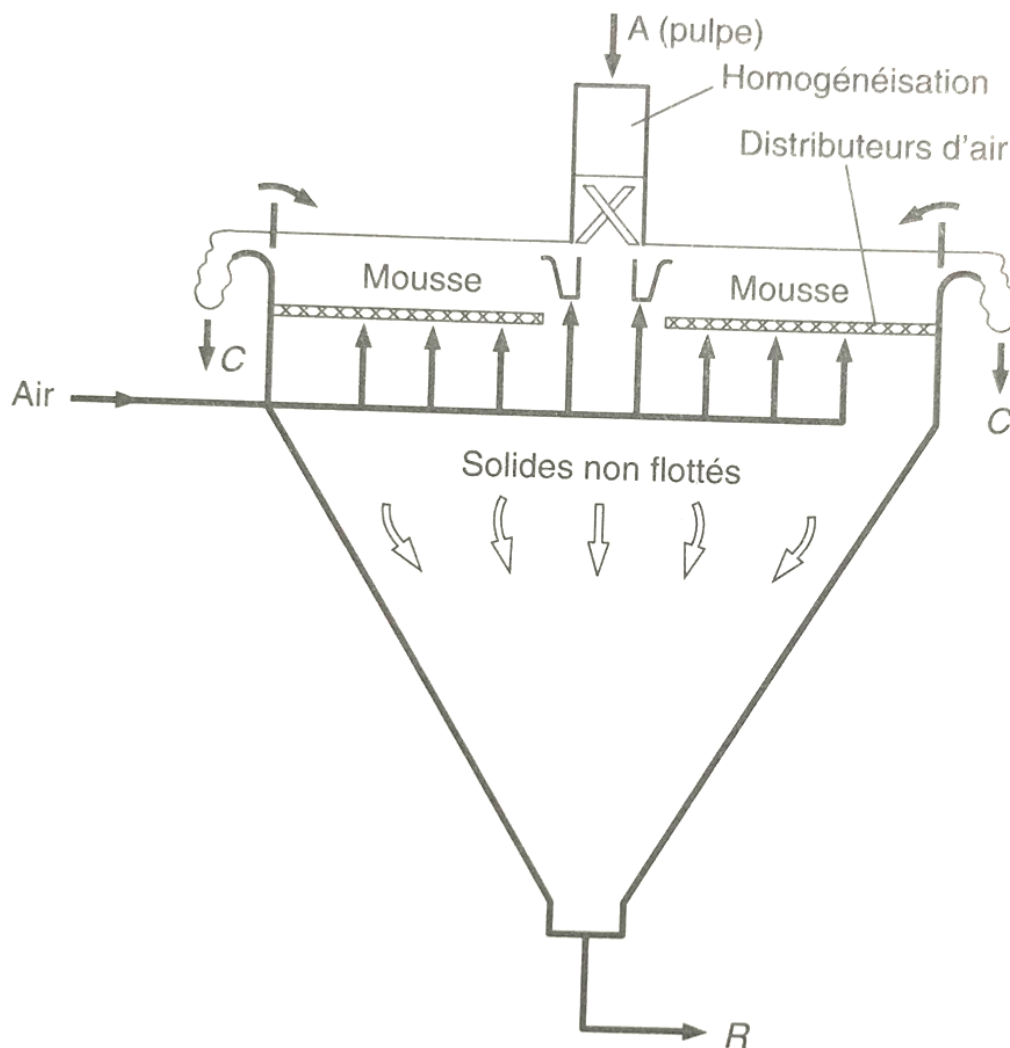


Figure 11. Séparateur par écume