

Aspects pratiques des recherches du Cerchar sur le traitement des schlamms par flottation

par P. BELUGOU,

Ingénieur en Chef au CERCHAR.

A. — INTRODUCTION

Je dois avouer que j'ai été bien embarrassé en préparant cette conférence car j'aurais aimé vous présenter des résultats définitifs, et je me suis aperçu qu'en l'état actuel de nos recherches je ne peux guère vous donner que des résultats provisoires, vous indiquer des tendances, vous faire part de nos espoirs.

Nous n'avons au Cerchar abordé l'étude de la flottation qu'il y a relativement peu de temps, deux ans environ ; il n'était en effet pas évident qu'il restât de grands progrès à faire en flottation.

Si on installe un circuit de cellules généreusement dimensionné, assurant 1/4 d'heure ou plus de temps de séjour, si on prévoit le relavage des mousses primaires dans les cas difficiles, si on met très peu de réactif en l'ajoutant prudemment en plusieurs points du circuit, on est finalement certain d'obtenir un bon résultat.

N'était-il pas utopique de chercher à améliorer ce résultat quand on sait que, depuis cinquante ans, le procédé de la flottation a été étudié par des milliers de personnes et appliqué dans le monde entier à très grande échelle ?

Il convient de faire ici une remarque : c'est surtout la flottation des minerais métalliques qui a été étudiée et développée. Or, entre une pulpe de minerai métallique et une pulpe de schlamms de charbon, il existe une différence fondamentale : dans la première, le minerai a été en principe libéré de sa gangue par le broyage préalable, et les grains sont composés soit de minerai, soit de stérile ; dans le cas du charbon, au contraire, il existe des grains mixtes en grande quantité, et les grains charbonneux eux-mêmes se présentent sous plusieurs formes pétrographiques. Il existe donc des problèmes spéciaux à la flottation du charbon et leur étude n'est pas à priori vouée à l'insuccès, soit qu'on arrive à obtenir mieux que le circuit classique évoqué précédemment, soit qu'on obtienne le même résultat à moins de frais. C'est pourquoi nous avons entrepris l'étude de la flottation du charbon.

Nous l'avons entreprise, d'une part, sur le plan purement scientifique et, d'autre part, sur le plan pratique.

Je ne parlerai pas ici de nos recherches scientifiques, liées à l'étude des états de surface, et me limiterai aux essais ayant une application pratique plus immédiate.

Après avoir donné quelques indications sur la constitution des schlamms, je parlerai de leur courbe de flottabilité et des moyens que l'on peut mettre en œuvre pour l'améliorer ; je terminerai en donnant quelques exemples d'applications industrielles.

B. — CONSTITUTION DES SCHLAMMS INDUSTRIELS

Nous avons eu l'occasion de faire des essais plus ou moins poussés sur une cinquantaine de schlamms de provenances très diverses. Il nous est apparu que les schlamms sont bien différents sous les trois aspects suivants :

- composition granulométrique ;
- composition densimétrique ;
- répartition des teneurs en cendres suivant la granulométrie.

Nous ne parlerons pas de la constitution pétrographique que nous n'avons pas encore eu le temps d'étudier systématiquement.

a) Composition granulométrique.

La figure 1 donne quelques exemples de courbes de granulométrie que nous avons rencontrés industriellement.

La limite supérieure de la granulométrie d'un schlamm dépend évidemment du procédé employé pour faire la séparation dans le lavoir entre la gravimétrie et la flottation. Nous avons rencontré par exemple au Bousquet d'Orb des pulpes à 97 % de passant à 0,3 mm ; par contre à La Mure, l'installation expérimentale dont nous parlerons plus loin n'est protégée que par une grille à barreaux de 2 mm. En France, le plus souvent, on cherche à faire la coupure aux environs de 0,5 à

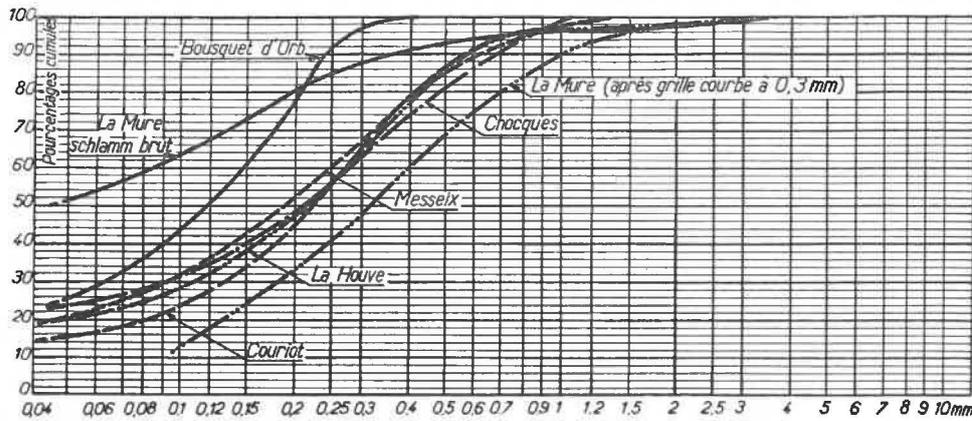


Fig. 1.

0,7 mm, les procédés gravimétriques modernes donnant de bons résultats au dessus de cette maille.

Du côté des faibles granulométries, la proportion des extra-fins est bien moins variable qu'on ne pourrait le supposer a priori.

De la figure 1, on peut extraire les chiffres donnés au tableau I.

TABLEAU I.

Schlamm	< 0,05		
	< 0,05	< 0,3	< 0,3
La Mure	51	88	0,58
Chocques	24	65	0,37
Messeix (brut)	22	68	0,32
La Houve	20	64	0,31
Bousquet d'Orb	26	97	0,27
Couriot	15	65	0,23

Nous avons été surpris de voir — le cas très particulier de La Mure mis à part — combien peu varie le rapport :

$$\frac{\% \text{ de } < 50 \mu}{\% \text{ de } < 300 \mu}, \text{ le rapport } \frac{\% \text{ de } < 50 \mu}{\text{alimentation}} \text{ qui}$$

dépend de la maille supérieure variant naturellement dans de plus grandes limites. Il serait intéressant de faire une étude systématique de toutes les pulpes de flottation afin de vérifier dans quelle mesure cette observation est générale.

b) Composition densimétrique.

Les courbes de lavabilité des schlamms présentent, comme celles des catégories plus grosses, de grandes différences. Rappelons que nous employons, pour déterminer ces courbes, une méthode suffisamment rapide et précise qui consiste

essentiellement à sécher *n* échantillons identiques de 10 grammes, à les introduire dans *n* fois 500 cm³ de liqueur de *n* densités échelonnées (*n* = 5 le plus souvent), à agiter les fioles pendant 45 minutes pour assurer une bonne dispersion — c'est là le « secret » de la méthode — et à laisser reposer une nuit ou plus.

La figure 2 donne quelques exemples de courbes de lavabilité en densité que nous avons eu l'occasion d'établir. Nous donnons ces courbes suivant les coordonnées du Docteur Meyer (M Kurve), système tout spécialement avantageux, comme on

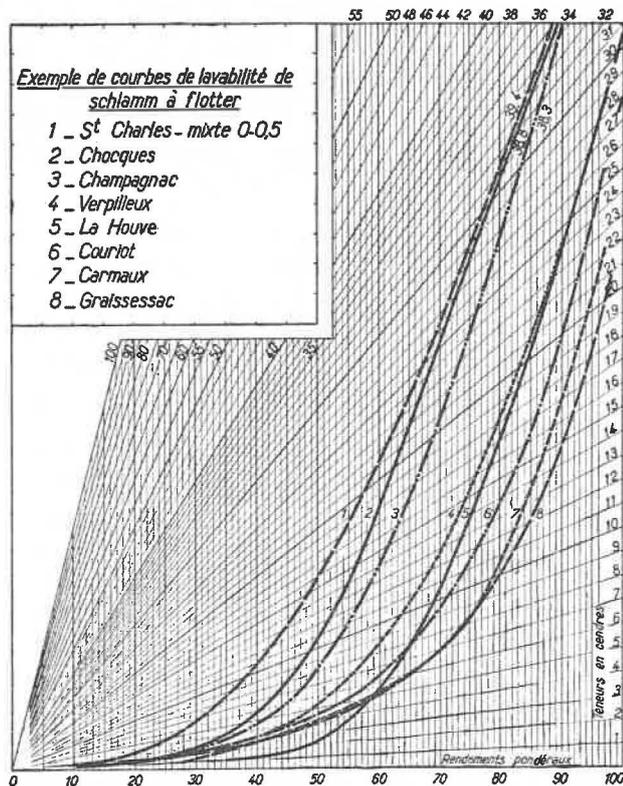


Fig. 2.

le vérifiera plus loin, dans le cas des études de flottation (1).

De tous les schlamms que nous avons examinés, celui qui présente la courbe de lavabilité la moins favorable provient du circuit des mixtes du lavoir Saint-Charles ; même à la maille de la flottation, la plupart des particules sont restées mixteuses : il est évidemment inutile de traiter un tel schlamm. Par contre, la courbe la plus favorable est celle de La Houve : on voit qu'on peut théoriquement extraire de ce schlamm 50 % à 2 % de cendres.

Nous verrons malheureusement plus loin que, du côté des faibles teneurs en cendres, les résultats pratiques s'éloignent beaucoup des résultats théoriques.

c) Répartition des cendres suivant la granulométrie.

On constate que, le plus souvent, la teneur en cendres s'accroît avec la finesse. Mais l'allure de la courbe qui donne la teneur en cendres en fonction de la granulométrie peut avoir des allures

La figure 4 donne deux exemples extrêmes de répartition des cendres.

En A, figurent les courbes de lavabilité des différentes fractions granulométriques d'un schlamm de Pigeot : les courbes sont bien voisines.

Sur la figure B, relative à un schlamm de La Houve, on voit par contre combien les différentes fractions peuvent être dissemblables.

La faible valeur de la teneur en cendres des grenus s'explique par le fait assez fréquent que la séparation entre fines et schlamms a été obtenue, par exemple, par un bassin de reprise qui effectue une séparation par équivalence.

On ne sait malheureusement pas faire industriellement des coupures granulométriques parfaites à faible maille. Si on fait une coupure par équivalence ou une coupure granulométrique imparfaite, le résultat est évidemment moins bon puisque des charbons plus gros passent dans la fraction fine et sale et des schistes plus fins dans la fraction grenue et propre. Ce fait est bien mis en évidence sur la figure 5 qui donne les résultats comparés d'une séparation à 0,2 mm d'un schlamm

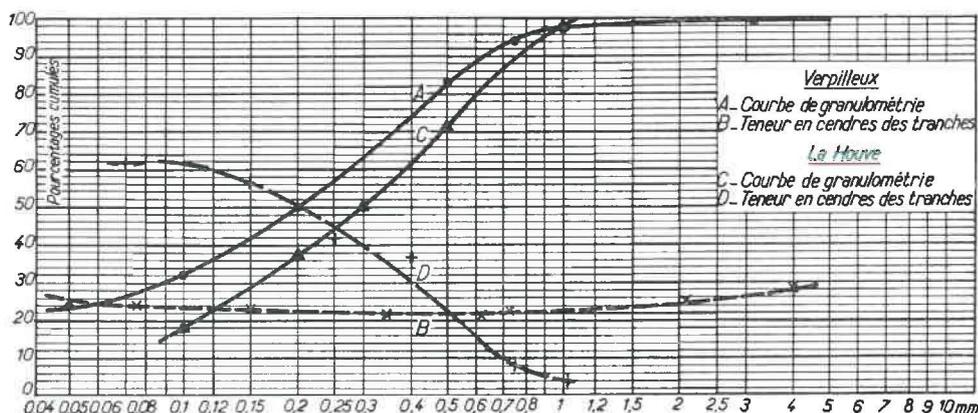


Fig. 3.

bien différentes. Nous allons en donner deux exemples extrêmes (fig. 3).

Les courbes relatives au schlamm du lavoir de Verpillieux montrent combien peut être constante la valeur en cendres de chacune des tranches.

Le schlamm de La Houve, exceptionnellement argileux, correspond à une répartition bien différente. On voit que la fraction $< 0,15$ mm a une teneur en cendres de 60 %.

La représentation précédente ne donne que la teneur en cendres globales de chaque tranche, mais dans chacune des tranches la répartition densimétrique est différente : pour faire une représentation complète, il faudrait un diagramme à trois dimensions.

(1) Voir à ce sujet notre Communication B14 au Congrès de la Préparation du Charbon, à Essen, en 1954.

de Carmaux par tamisage, d'une part, et par élutriation, d'autre part.

Signalons que nous avons eu l'occasion de faire, à La Houve, des coupures granulométriques à l'échelle semi-industrielle, soit à 0,35 mm par cyclone, soit à 0,15 mm par grille courbe hollandaise. Les teneurs en cendres obtenues ont été les suivantes :

Coupure à 0,35 mm :

Par tamisage au laboratoire . . . passant : 54,0 % de cendres
 . . . refus : 18,9 % de cendres

Par cyclone . . . débordement : 29,5 % de cendres
 . . . pointe : 28,5 % de cendres

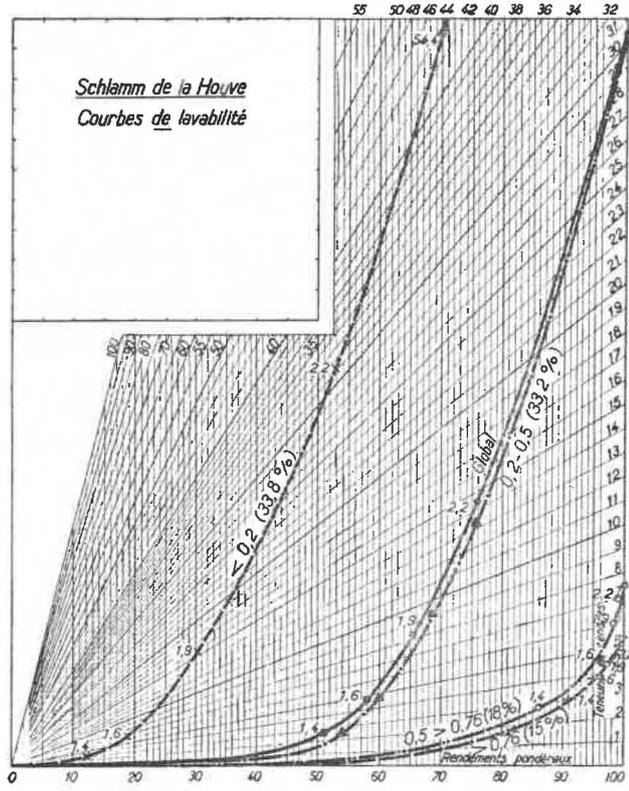
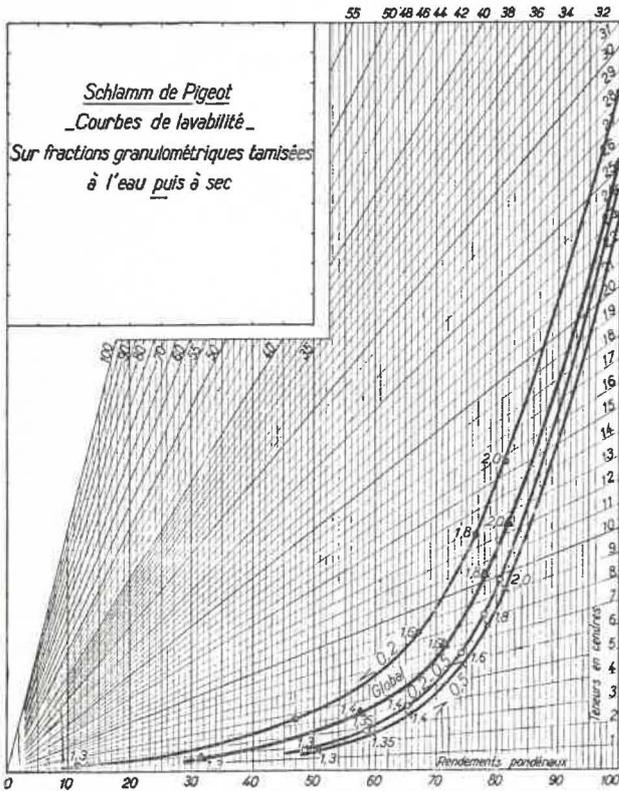


Fig. 4.

Coupure à 0,15 mm :

Par tamisage au passant : 59,8 % de cendres
laboratoire . . . refus : 27,9 % de cendres

Par grille courbe (écartement 0,3 mm) passant : 46,0 % de cendres
refus : 31,0 % de cendres

Dans un cas comme dans l'autre, la séparation pratique s'est révélée sans intérêt, la fraction fine n'étant pas assez sale pour pouvoir être rejetée.

C. — FLOTTABILITE DES SCHLAMMS

Courbe de flottabilité.

On obtient la courbe de flottabilité pratique des schlamms, soit en discontinu, au laboratoire, en recueillant séparément les mousses par exemple de minute en minute, soit en continu, sur une installation industrielle, en recueillant les mousses des différentes cellules (mais, en ce cas, il est souvent difficile d'évaluer le tonnage de ces mousses).

Il faut faire remarquer que, pour un schlamm donné, il n'existe pas une seule, mais une infinité de courbes de flottabilité, correspondant chacune à un processus opératoire déterminé, dépendant de nombreux paramètres : les principaux sont la concentration de la pulpe, la nature et le débit du

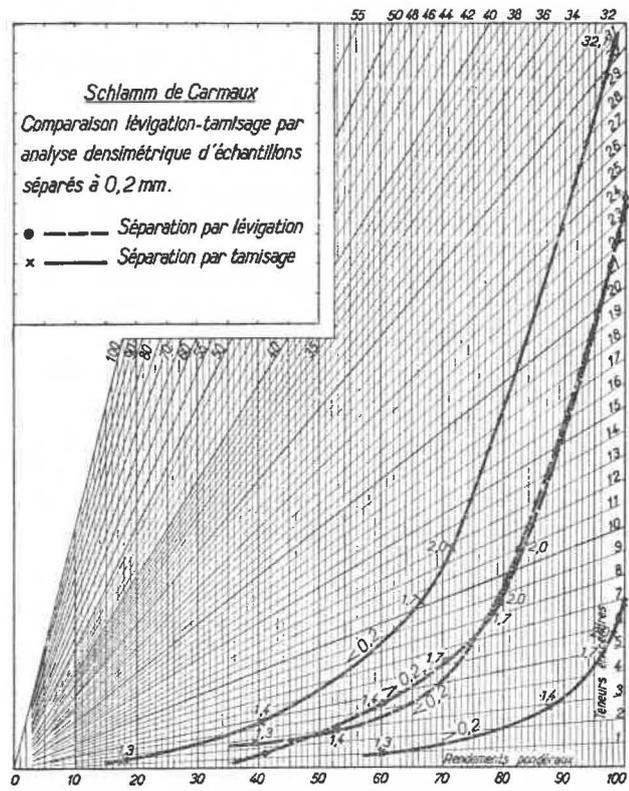


Fig. 5.

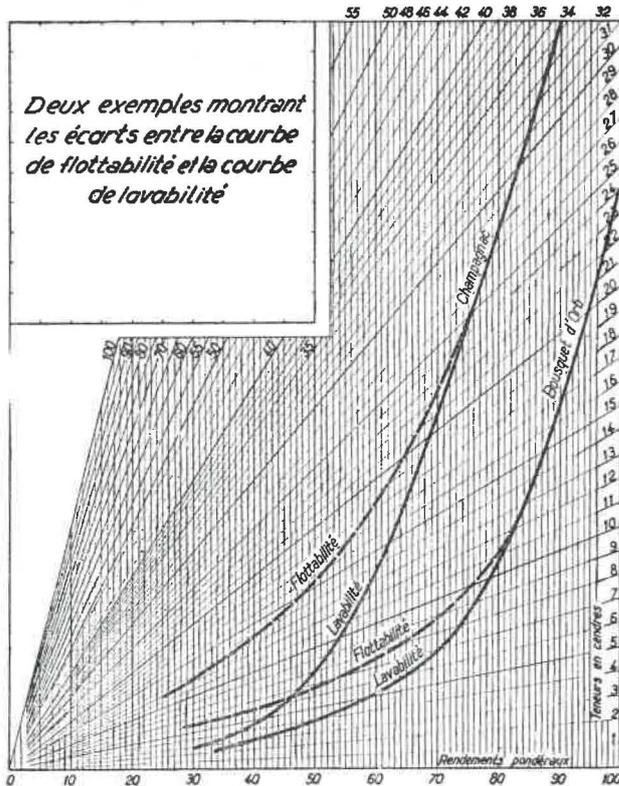


Fig. 6.

réactif ; on peut également relaver les mousses, suivant des schémas bien différents.

A la limite, par un processus de relavages compliqué (méthode que les anglo-saxons appellent « release analysis »), on peut en laboratoire obtenir des résultats voisins de la courbe de lavabilité théorique.

Dans tout ce qui suit, nous ne parlerons que des courbes relatives à un processus classique, simulant ce qu'on peut raisonnablement effectuer industriellement et, sauf avis contraire, sans relavage des mousses.

Dans ces conditions, nous avons constaté des écarts importants entre la courbe de flottabilité et la courbe de lavabilité.

La figure 6 en donne deux exemples bien différents.

Le rendement organique se détermine aisément: on voit qu'il est nul pour des flottés à 10 % de cendres, dans le cas de Champagnac, et à 6 % de cendres, dans le cas du Bousquet d'Orb ; il croît rapidement pour atteindre pratiquement 100 pour des flottés ayant une teneur en cendres de 25 %, à Champagnac, et de 12 %, au Bousquet d'Orb.

L'allure de ces courbes rappelle celles des courbes de Possibilité de lavage ; comparées à nos courbes classiques, tracées pour une imperfection constante, elles indiquent des résultats moins bons pour les faibles teneurs en cendres ; or, de l'ensemble des courbes de partage que nous avons eu l'occasion d'établir se dégage en effet l'impression

que les séparations par flottation se font à écart probable constant, et non à imperfection constante. Les séparations à basse densité sont donc désavantagées : elles correspondent à des imperfections qui dépassent 0,5 alors qu'à haute densité l'imperfection peut descendre en dessous de 0,25.

Nous allons maintenant essayer de dégager l'influence sur la courbe de flottabilité de quelques paramètres importants.

Influence de la concentration de la pulpe.

Nos essais nous permettent de formuler une règle générale : moins la pulpe est concentrée, meilleure est la courbe de flottabilité.

Ce fait est bien mis en évidence par les figures 7 A et 7 B relatives à la fraction < 0,3 mm d'un schlamm de Chocques. La figure 7 A correspond à des consommations en g/t identiques, la figure 7 B à des additions de réactif identiques.

Cette règle est d'autant plus valable que la granulométrie est plus fine. Les fractions supérieures à 0,3 mm, par exemple, s'accrochent de concentrations atteignant 350 g/litre. Les fractions fines au contraire flottent dans les meilleures conditions à des concentrations bien plus basses que celles que l'on a l'habitude de rencontrer industriellement. Au Bousquet d'Orb, dont la pulpe est plus fine que 0,3 mm, les résultats deviennent moins bons au-dessus de 100 g/litre. A Messeix, les cellules alimentées en produits inférieurs à 0,1 mm

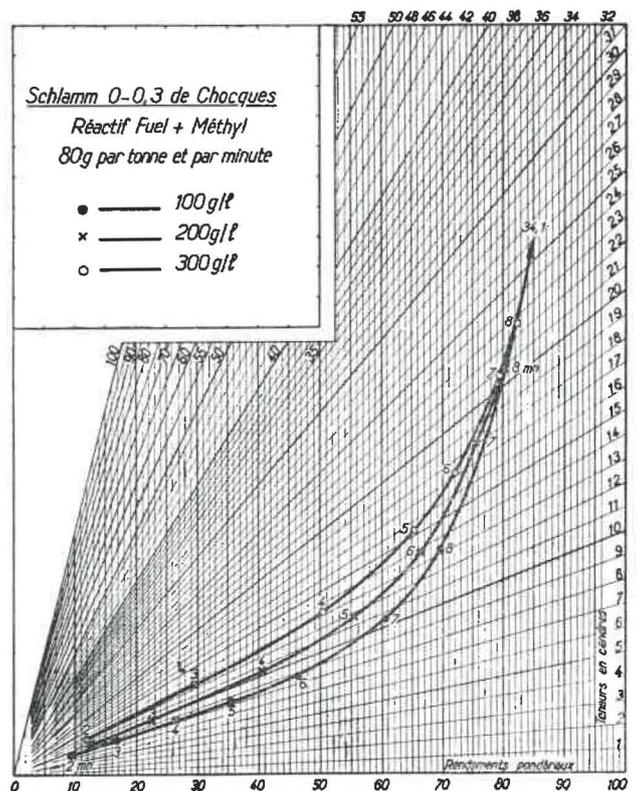


Fig. 7 A.

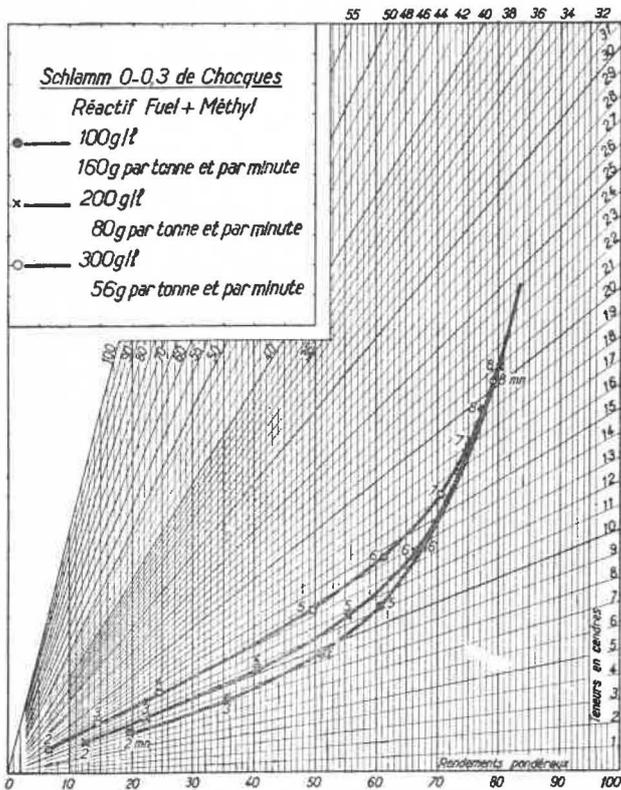


Fig. 7 B.

fonctionnent très bien à une concentration de 40 g/litre ou même moins.

Cette observation est d'ailleurs conforme à la logique si l'on songe que le phénomène qui est à la base du procédé, la capture des particules charbonneuses par une bulle, est liée à la surface totale des particules et non à leur poids.

Nous n'avons pas encore eu le temps d'étudier systématiquement les effets de relavage.

La figure 8 indique les résultats obtenus en relavant des mousses obtenues en épuisant la pulpe à 200 g/litre correspondant à la figure 7 A : on voit que, pour un même rendement pondéral de 60 %, la teneur en cendres du flotté tombe de 12,5 % à 10,5 %. Mais on peut remarquer que c'est précisément la valeur obtenue en traitant le même schlamm à la concentration de 100 g/litre (fig. 7 A). Nous pensons donc que, dans les cas où l'on veut améliorer la courbe de flottabilité, il peut être plus simple d'abaisser la concentration que d'employer un circuit de relavage.

Influence du réactif.

Je regrette d'avouer qu'il m'est actuellement impossible de donner des indications générales. Pendant longtemps, nous avons constaté que le mélange 95 % de fuel + 5 % de méthyl isobutyl carbinol s'avérait supérieur aux autres réactifs : il donne en effet une excellente sélectivité, et les mousses obtenues sont facilement filtrables ; mais deux observations récentes sont venues ébranler notre confiance.

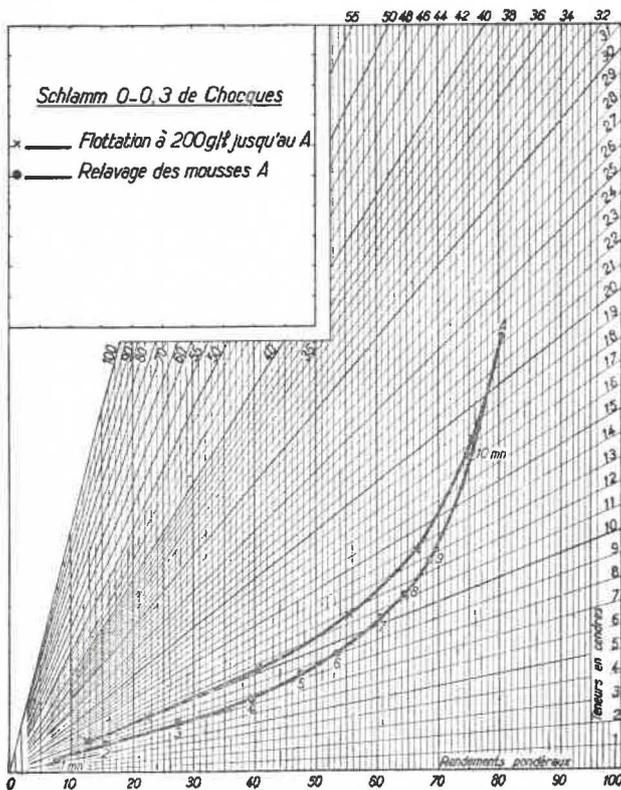


Fig. 8.

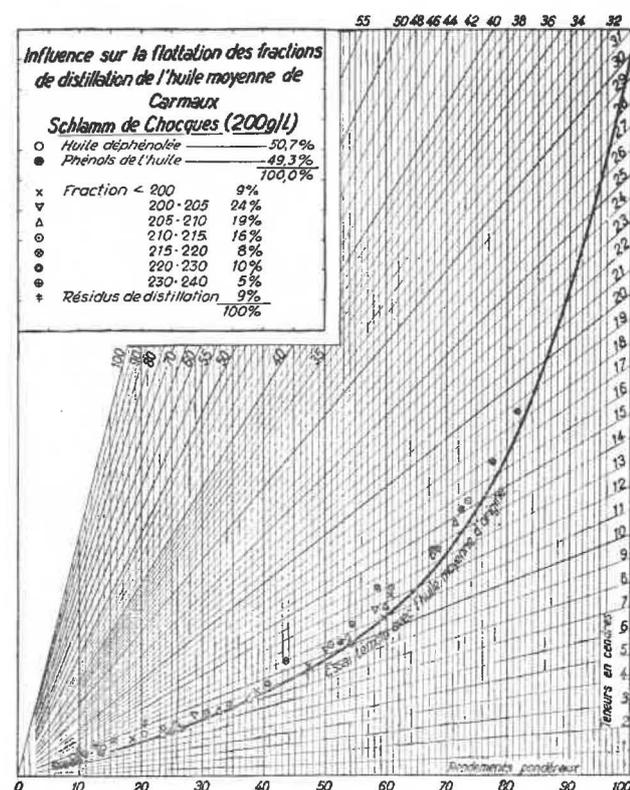


Fig. 9.

— A Chocques, nous avons constaté qu'il fallait ajouter du xylénol en queue du circuit des grenus pour accélérer l'épuisement de la pulpe.

— Au Bousquet d'Orb, nous avons observé la supériorité d'une huile moyenne fournie par la cokerie de Carmaux ; ce réactif n'a d'ailleurs montré aucune vertu particulière pour d'autres schlamms. Une analyse poussée ne nous a permis d'isoler dans cette huile aucun principe actif, le mélange s'avérant meilleur que toutes les fractions que nous avons pu en extraire par voie physique ou chimique.

A titre documentaire, la figure 9 donne la récapitulation de ces essais.

Nous ne nous avouons pas battus et abordons actuellement la question de l'influence du réactif sur un plan scientifique.

Je signale en passant que nous pensons qu'il ne faut attacher aucune valeur absolue au prix du réactif ou à sa consommation en g/t. Seul importe le bilan complet de l'opération, qui tient compte à la fois du rendement organique, des consommations et des immobilisations.

Influence de la vitesse d'addition du réactif et du temps de flottation.

Il est possible d'énoncer qualitativement une règle générale : plus la vitesse d'addition du réactif est lente, plus le temps nécessaire pour que le flotté atteigne la teneur en cendres désirée est

long, meilleure est la courbe de flottabilité, moindre la consommation totale du réactif.

La figure 10 donne des renseignements chiffrés relatifs au schlamm du Bousquet d'Orb, que nous avons eu l'occasion d'étudier à fond au laboratoire et à l'échelle semi-industrielle en continu.

En flottation très ménagée, en cellule de laboratoire, la teneur en cendres de 10 % est obtenue en 8 mn avec une consommation de réactif de 200 g/t ; le rendement pondéral correspondant est de 75 %.

En flottation accélérée, la même teneur en cendres est obtenue au bout de 2mn seulement ; la consommation de réactif s'élève à 250 g/t et le rendement pondéral tombe à 67 % : la perte n'est évidemment pas admissible.

On voit d'autre part qu'en flottation ménagée on ne peut obtenir des flottés à moins de 6 % de cendres. En flottation accélérée, la teneur minimum monte à 7,5 %. Notons que la courbe de lavabilité laissait espérer une teneur de 2 à 3 %.

Influence de la granulométrie.

Nous avons été amenés à attacher une importance toute particulière à l'influence de la granulométrie. Il suffit en effet de regarder les mousses montant dans une cellule de laboratoire pour voir que les fins ont tendance à flotter au début et les grenus à la fin de l'opération. La figure 11 traduit ce fait d'une façon frappante.

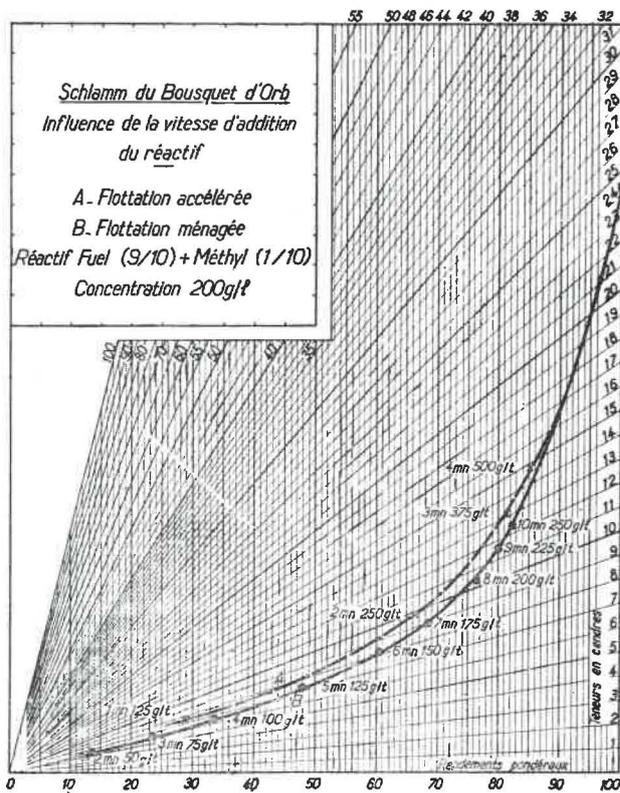


Fig. 10.

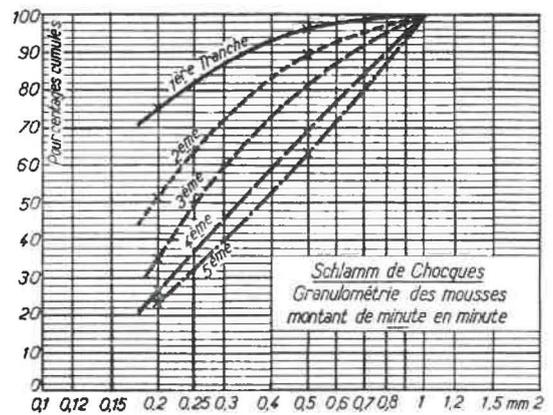


Fig. 11.

Nous allons d'abord exposer avec quelques détails les résultats d'un essai que nous avons analysé en établissant les courbes de partage en densité.

La figure 12 donne les résultats d'un essai de traitement de schlamms du Bousquet d'Orb, à la concentration de 200 g/litre.

La figure 13 donne les courbes de partage relevées lors de cet essai, respectivement pour les fractions < 0,2 mm et > 0,2 mm. On voit qu'au bout de 4 mn, la densité de partage pour la fraction

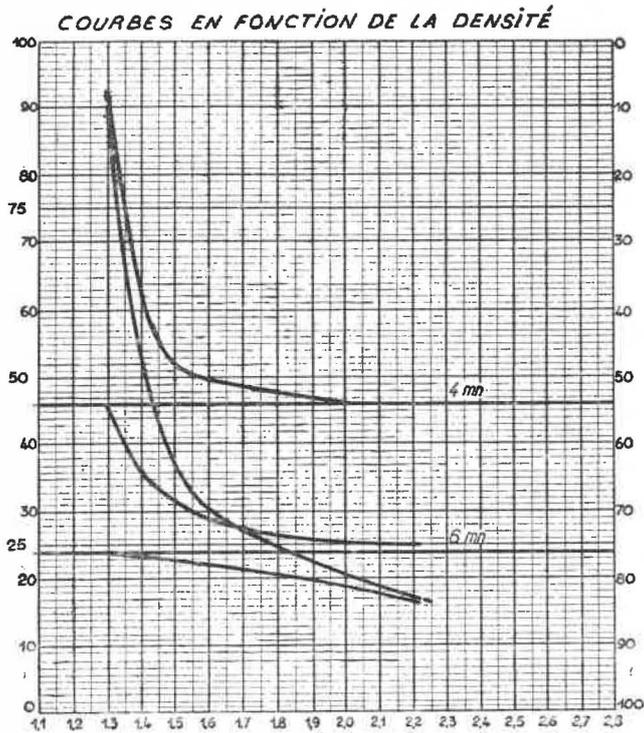


Fig. 12 A.

fine est de 1,6 contre 1,4 pour la fraction grenue. Au bout de 6 mn, la dp pour la fraction fine est de 1,95 contre 1,6 pour la fraction grenue. Or on sait que, pour que le rendement organique d'une séparation soit maximum, il faut que les différentes tranches granulométriques soient séparées à

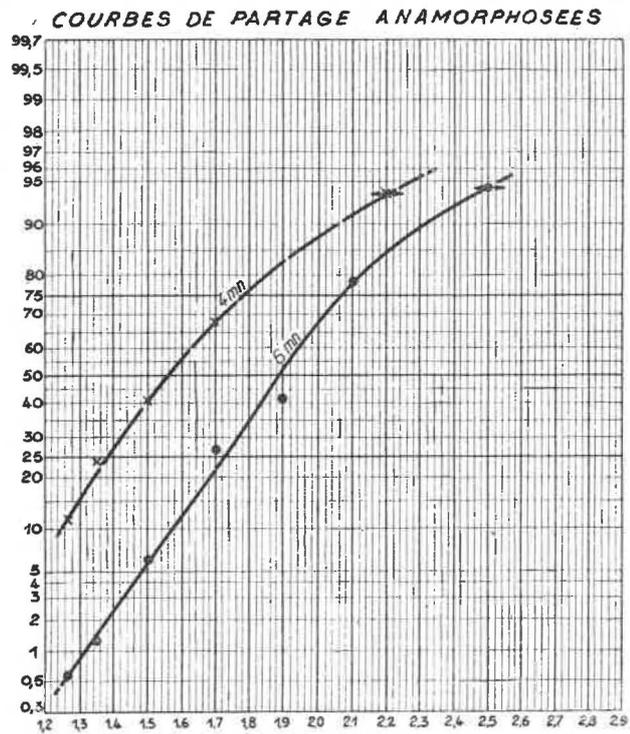


Fig. 12 B.

la même densité de partage (1). On voit donc que la flottation des fins aurait dû être arrêtée avant celle des grenus.

(1) Ou plus exactement à la même densité de partage généralisée : les tangentes aux courbes de flottabilité doivent être parallèles.

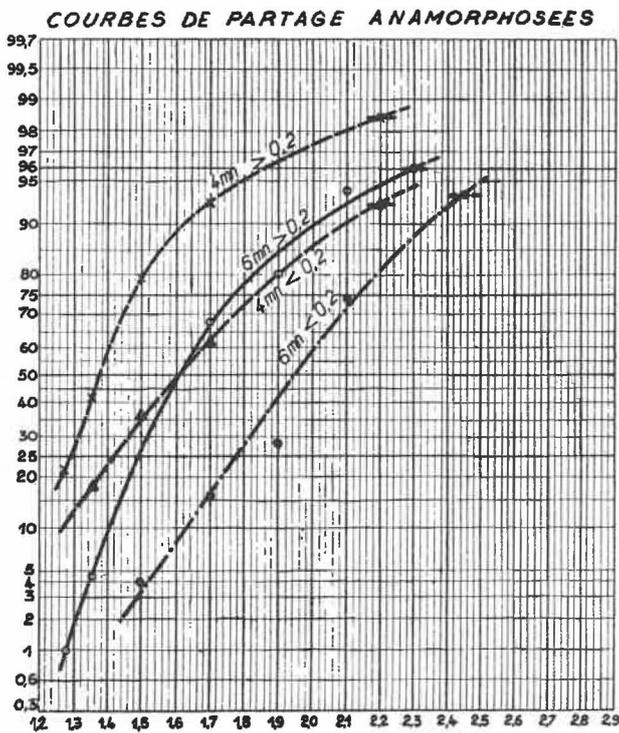


Fig. 13.

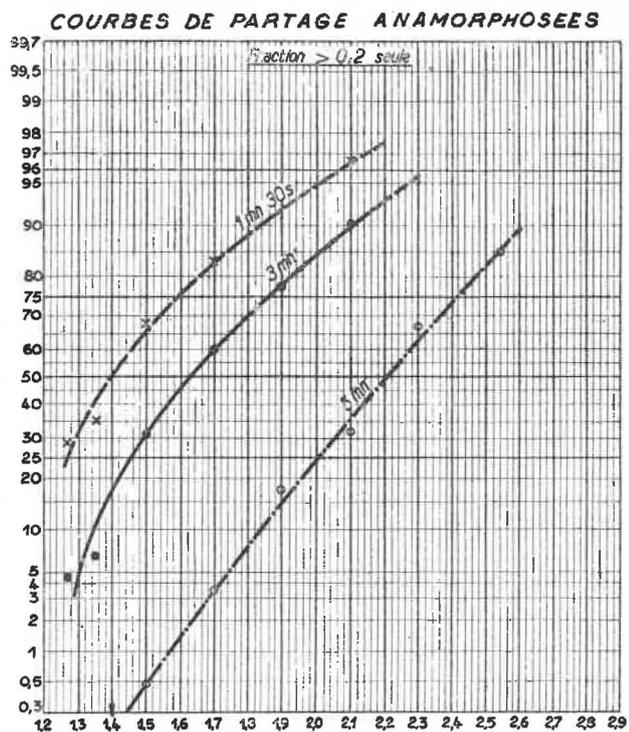


Fig. 14.

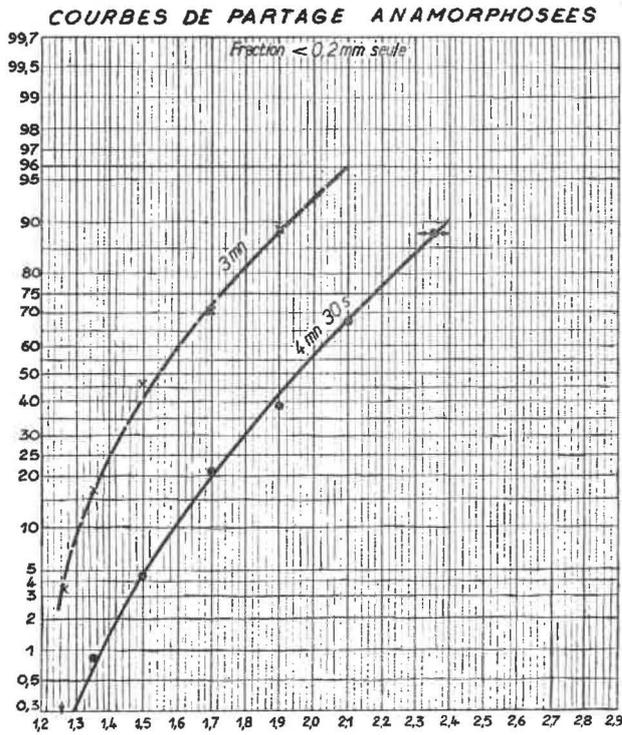


Fig. 15.

La figure 14 montre le résultat de la flottation séparée de la fraction grenue (25 % du brut) à la concentration de 250 g/litre. La densité de partage de 1,6 est obtenue en 3 mn seulement, contre 6 mn précédemment.

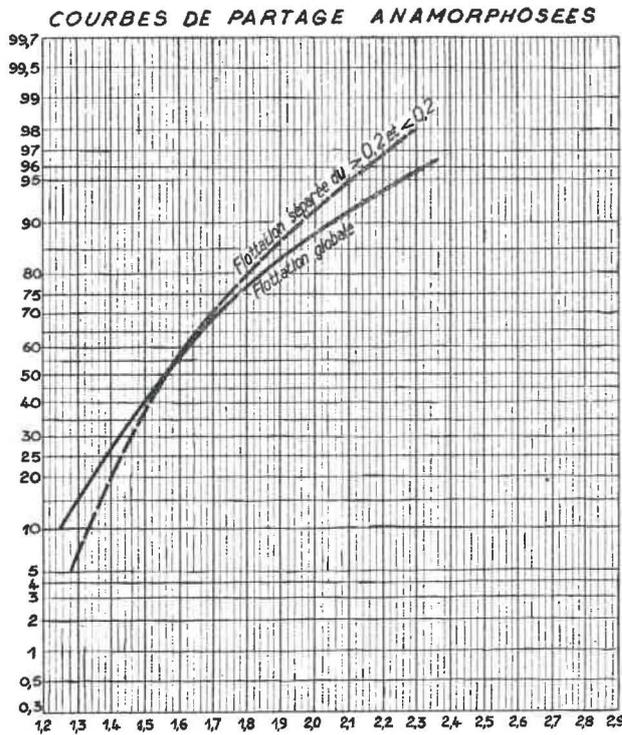


Fig. 16.

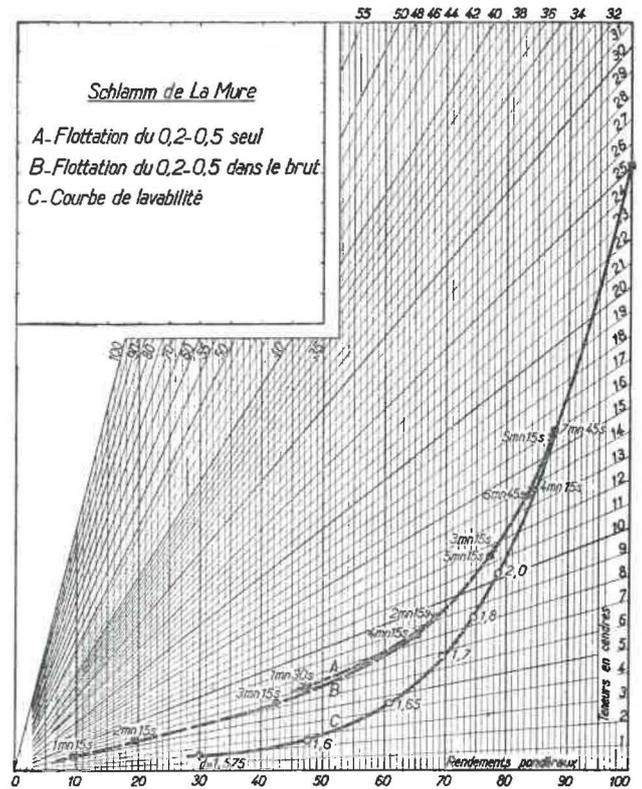


Fig. 17.

La figure 15, relative au < 0,2 mm à la concentration de 100 g/litre, montre que la densité de partage de 1,6 est obtenue en 3 mn contre 4 mn précédemment.

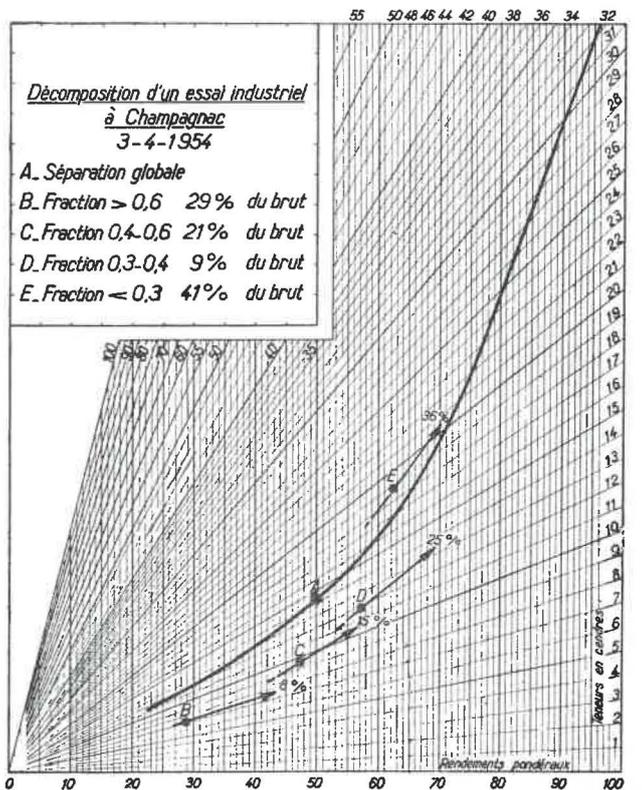


Fig. 18.

La figure 16 donne la courbe de partage résultant de la composition des courbes précédentes de densité de partage 1,6. Son écart probable est de 0,16, alors qu'on avait trouvé 0,20 en flottant le brut global.

On voit sur cet exemple, qui s'applique pourtant à une pulpe très fine (moins de 0,3 mm) qu'en flottant séparément les fractions grenues et fines on peut avoir un meilleur rendement organique que par une flottation globale. Il faut insister sur le fait que cette amélioration est due, non pas à une meilleure séparation de chacune des fractions granulométriques (nous reviendrons plus loin sur ce point), mais à l'égalisation des densités de partage de chacune de ces fractions.

La figure 17 donne les courbes de flottabilité de la fraction 0,2-0,5 mm de La Mure, traitée soit avec le global 0-1 mm, soit séparément. Les courbes sont pratiquement confondues, ce qui montre bien que la précision de la séparation est la même; elle est d'ailleurs médiocre, comme toujours, pour les faibles teneurs en cendres.

La figure 18 indique les résultats de l'analyse d'un essai à Champagne. Le point représentatif correspondant au fonctionnement industriel est en A; le rendement pondéral est de 50 % de flottés à 14,5 % de cendres. Ce flotté a été décomposé en fractions > 0,6 mm; 0,4-0,6 mm; 0,3-0,4 mm et < 0,3 mm dont les points représentatifs B. C. D. E. sont portés sur la figure; leur centre de gravité pondéré est nécessairement en A, d'après les propriétés géométriques de la représentation.

Les essais de laboratoire ont permis de tracer les courbes de flottabilité relatives aux différentes fractions > 0,6 mm; 0,4-0,6 mm; 0,3-0,4 mm; < 0,3 mm et de voir que les tangentes aux courbes (seules portées sur la figure) correspondent respectivement à des teneurs en cendres de 8 % — 15 % — 25 % — 36 % : les dernières mousses sont donc constituées par un mélange de ces différents produits, alors que, pour avoir le rendement organique maximum, ces teneurs en cendres devraient être égales : on voit combien cette condition est loin d'être respectée dans la pratique industrielle.

Nous donnerons plus loin un exemple beaucoup plus complexe relatif au schlamm de Chocques.

Cinématique de la flottation.

Sous le prétexte que nos idées sur la question ne sont pas encore claires, je ne veux pas passer sous silence un aspect important du problème.

Si l'on désire réduire les investissements, il faut chercher à réduire le volume des cellules.

Or, de tout ce qui précède il ressort que, pour obtenir de bons résultats, il faut ajouter le réactif avec précaution, employer des pulpes diluées, flotter séparément les grenus et les fins, au besoin

relaver, toutes mesures qui semblent avoir pour effet d'augmenter le volume des cellules nécessaires. Il faudrait savoir prévoir la relation qui existe entre le rendement organique à teneur en cendres de flottés donnée et le volume des cellules, et pour cela il faudrait avoir étudié sous tous ses aspects le problème de la cinématique de la flottation : nous ne l'avons pas encore fait. Mais, dans les exemples d'applications industrielles donnés plus loin, on verra que les précautions préconisées n'ont pas toujours pour effet d'augmenter le volume des cellules nécessaires, mais parfois de le diminuer.

Signalons que nous avons été amenés à mettre en sommeil l'étude des procédés qui permettent d'augmenter dans une grande mesure la vitesse de flottation, c'est-à-dire du procédé Convertol-Flottation et du procédé que nous avons appelé « à pré-floculation sélective ». La courbe de flottabilité donnée par ces procédés est moins bonne que celle de la flottation classique et nous n'avons pas eu l'occasion d'étudier un cas où la perte de rendement correspondante soit admissible. On verra pourtant plus loin qu'à Messeix nous faisons une légère pré-floculation dans le circuit des extra-fins.

D. — APPLICATIONS INDUSTRIELLES

De l'ensemble des observations précédentes, on peut tirer l'idée suivante : pourquoi chercher à épaissir, à grands frais, les eaux de circulation d'un lavoir et ne pas le traiter directement par flottation, après une simple ponction ? (1).

(1) M. Burton a bien montré, dans sa Communication, combien la teneur des eaux de circulation en produits ultra-fins était peu abaissée par la présence de décanteurs. Seule, une ponction relativement importante permet d'abaisser la proportion de ces produits.

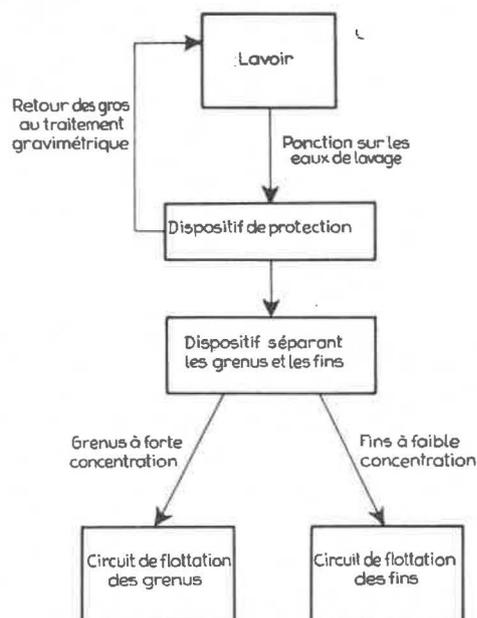


Fig. 19.

Ce système tend à se développer en Grande-Bretagne et nous semble parfaitement logique. Si l'on veut tirer parti de nos observations sur le traitement séparé des fractions fines et des fractions grenues, et de l'influence de la dilution, on en arrive à alimenter une flottation suivant le schéma donné figure 19.

Pour séparer les grenus et les fins, on peut employer, soit un simple cône décanteur, soit mieux un dispositif effectuant une coupure plus nette : cyclone ou grille courbe hollandaise.

Nous avons expérimenté à l'échelle industrielle le premier système à Messeix et le deuxième à Chocques où, à vrai dire, il existait déjà un épaisseur entre le lavoir et la grille courbe.

Dans certains cas, il peut être intéressant de limiter la flottation à la fraction grenue : tel est le cas de La Mure où nous faisons actuellement des essais industriels.

Essais à Messeix.

Le tonnage à flotter est de l'ordre de 11 t/h ; les flottés, destinés à la fabrication de boulets, doivent avoir 10 à 11 % de teneur en cendres ; le lavoir ne comporte pas d'épaisseur, mais de simples cônes de 3 m de diamètre. Or, la nécessité de rincer très soigneusement les produits marchands impose un apport de 100 m³/h d'eau fraîche. Nous n'entrerons pas dans le détail de nos essais et de nos circuits successifs ; la figure 20 donne le schéma final, qui se caractérise par les points suivants :

tration de 250 g/litre sont traités dans deux cellules de 1 m × 1 m, fabriquées par nos soins, dont toute la surface est écumée mécaniquement ; les mousses sont en effet très épaisses, et de simples palettes rotatives seraient insuffisantes. La consommation de fuel est de 4 l/t, celle de méthyl isobutyl de 30 g/t. Les flottés ont 9 à 10 % de cendres et les schistes 65 à 70 % de cendres.

d) Les fins < 0,1 mm sont flottés dans trois cellules Minemet classiques de 1 m ; le débit est de l'ordre de 90 m³/h. Le temps de séjour est donc de 2 mn seulement. Nous avons vérifié qu'il y a intérêt à mettre les réactifs avant la pompe, comme le montrent les chiffres suivants :

— réactif ajouté à l'entrée des cellules	Tc des flottés : 11,0 % Tc des schistes : 50,0 %
— réactif ajouté avant la pompe	Tc des flottés : 11,6 % Tc des schistes : 70,0 %

On voit combien le brassage préalable améliore l'épuisement de la pulpe.

La consommation de réactif est de 3 litres/t de fuel et de 20 g/t de méthyl isobutyl.

La capacité moyenne de l'installation s'établit à la valeur de 2 t/h par m³ de cellule. Vu le grand volume d'eau à traiter, il n'aurait pas été possible d'obtenir ce résultat avec un circuit classique. Le résultat industriel global obtenu est pourtant légèrement meilleur que celui que laissaient prévoir des essais de flottation très ménagée en laboratoire.

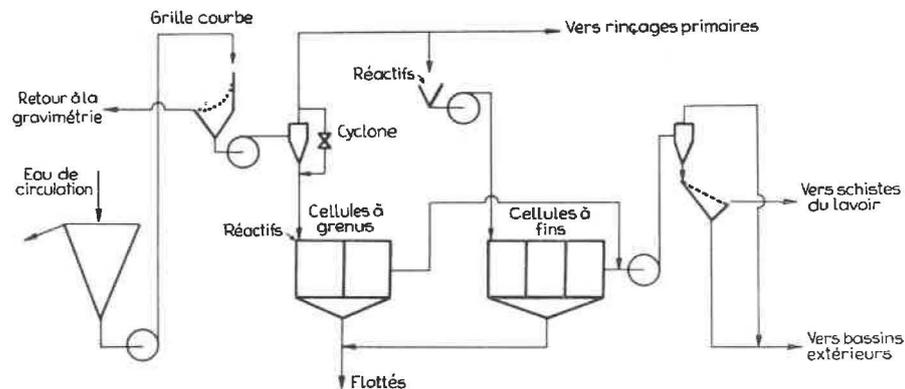


Fig. 20.

a) Le circuit de flottation est protégé par une grille courbe. Un écartement de barreaux de 1,5 mm, assurant une coupure de 0,75 mm, laissait passer trop de grenus difficiles à flotter ; un écartement de 1 mm ne déchargeait pas suffisamment la gravimétrie. Nous nous sommes arrêtés à un écartement de 1,2 mm.

b) La séparation entre les produits grenus et les produits fins est assurée par un cyclone qui effectue une coupure aux environs de 0,1 mm.

c) Les grenus, au débit de 8 t/h et à la concen-

Essais à Chocques.

Le lavoir de Chocques comporte deux installations identiques, constituées chacune par 10 cellules doubles Minemet de 1,25 m, dont 6 sont employées au lavage et 4 au relavage. La capacité d'une installation est de 30 t/h.

Les produits à flotter, constitués par un mélange de schlamm de lavoir et de poussier de dépcouillage, traversent une batterie de cribles de protection qui effectuent une coupure aux environs de 0,7 mm. La pulpe ainsi obtenue est exceptionnel-

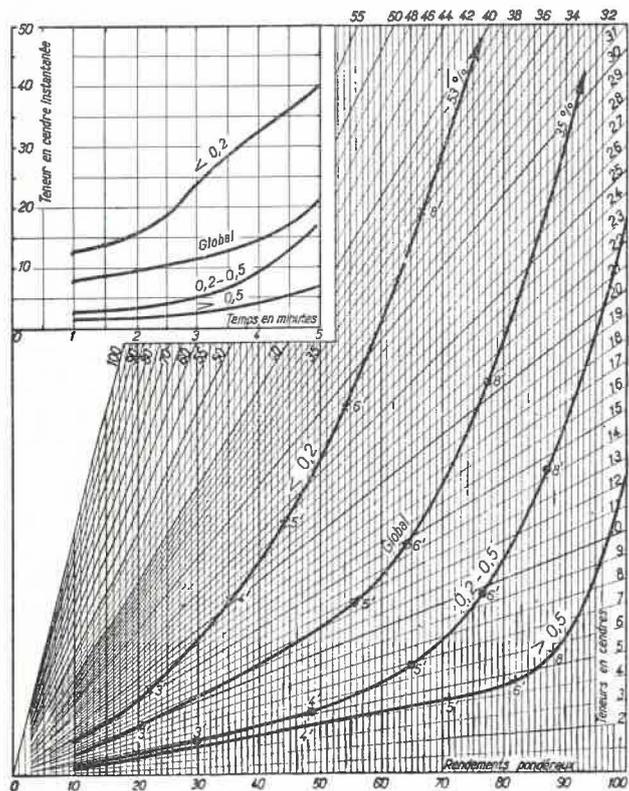


Fig. 21.

lement difficile à flotter, car très mixteuse et très argileuse, comme le montrent les courbes de flottabilité données figure 21.

Les flottés, destinés à la cokéfaction, doivent avoir moins de 10 % de cendres ; aussi est-il indispensable de faire des mixtes. Les mixtes obtenus avec le circuit classique contiennent des fractions grenues propres et des fractions fines sales. Un traitement par granulométrie séparée semblait donc spécialement intéressant.

La figure 22 donne le schéma relativement complexe auquel on s'est finalement arrêté.

La séparation des grenus et des fins est obtenue avec une grille courbe. On a d'abord placé une grille à écartement de 0,3 mm ; puis le souci de mieux équilibrer les lignes a fait porter cet écartement à 0,4 mm.

On voit que, tant sur la fraction grenue que sur la fraction fine, le relavage ne porte que sur une partie des mousses primaires.

Les fractions fines sont flottées avec du fuel seul ; les fractions grenues sont flottées d'abord avec du méthyl isobutyl et du fuel, puis dans les dernières cellules avec du xylénol, réactif qui, comme nous l'avons déjà indiqué, a permis un meilleur épuisement de la fraction grenue.

Le circuit est en service depuis le milieu de 1955, en parallèle avec l'un des anciens circuits ; l'exploitant a constaté que le nouveau circuit donne, à débit d'alimentation égal et à rendement pondéral égal, des flottés ayant 1 point de cendre en moins. Le fonctionnement des filtres qui traitent plus de grenus et moins de fins est nettement amélioré.

Traitement des grenus de La Mure.

Le problème de La Mure est bien particulier en raison de la haute densité de cet anthracite ($d = 1,5$ pour 2 % de cendres) ; cette circonstance défavorise le traitement gravimétrique. Aussi, le brut est-il dépoussiéré à 2,5 mm et déschlamé à 2 mm. Le poussier et le schlamm sont destinés à la Centrale.

On nous a demandé d'extraire par flottation des produits à 10 % de cendres, destinés à l'agglomération, aussi peu humides que possible et moyennant une faible immobilisation.

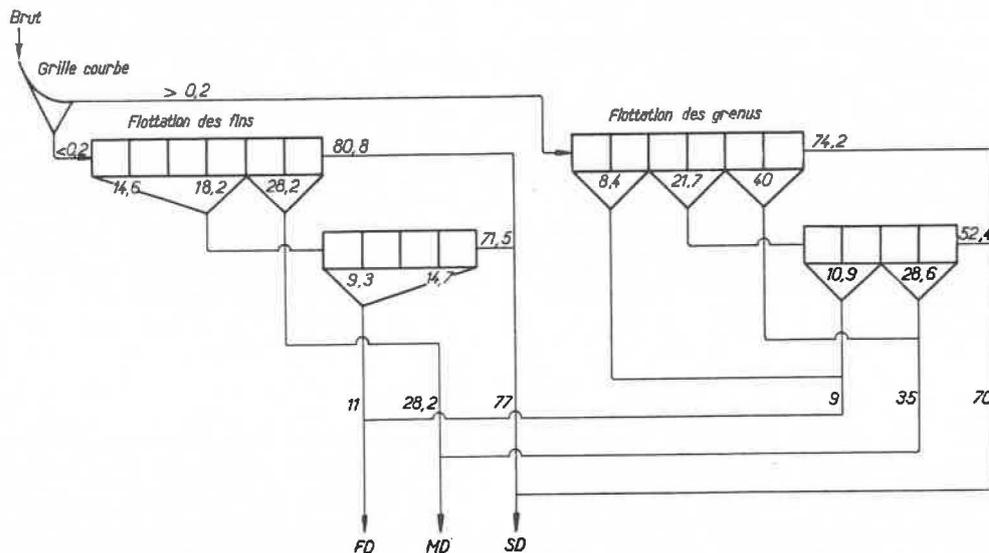


Fig. 22.

Dans ces conditions, nous avons renoncé à traiter les fractions fines et, après protection par une grille à barreaux écartés de 2 mm, nous éliminons le $< 0,15$ mm avec une grille courbe à écartement de 0,3 mm.

Le 0,15-2 mm est flotté dans deux cellules de 70 cm, semblables à celles de Messeix, et les mousses flottées à 10 % de cendres, remarquablement épaisses, sont envoyées dans uneessoreuse qui abaisse leur humidité à 10 %. La capacité de l'installation est de 2 à 3 t/h. Il se pose des problèmes d'usure des cellules et du tamis d'essoreuse en raison de la dureté et de l'abrasivité du charbon de La Mure.

Le réactif le plus intéressant serait l'huile d'antracène dont la présence diminue la quantité de brai nécessaire à l'agglomération et qui — les essais de laboratoire l'ont montré — donne des mousses propres et abondantes; malheureusement son emploi s'est avéré impossible pendant l'hiver, par suite de la cristallisation de l'antracène en dessous de 15°. Aussi, employons nous actuellement un mélange de fuel et de méthyl isobutyl carbinol, qui convient même pour des températures voisines de 0°.

Bien qu'en cellule de laboratoire il soit possible de faire flotter la fraction 2,5-3 mm, nous constatons qu'il est difficile d'épuiser industriellement la fraction 1,5-2 mm. Le problème n'est d'ailleurs pas facilité par la haute densité du charbon.

Nous ne pensons d'ailleurs pas qu'en règle générale il soit intéressant de flotter trop grenu : des procédés gravimétriques, moins coûteux, peuvent résoudre le problème; nous en faisons d'ailleurs actuellement l'étude.

CONCLUSIONS

J'étais embarrassé en commençant cette conférence, je le suis encore pour conclure.

La figure 23 me permettra peut-être de résumer nos observations. Elle donne les courbes de flottabilité de deux schlamms, obtenues par flottation ménagée en cellule de laboratoire.

Pour le schlamm A, la teneur en cendres des flottés désirés, supposée égale à 9 %, est très différente de la teneur en cendres de coupure, mesurée par la pente de la tangente à la courbe, et égale à 40 %; l'angle α est grand : le problème est facile à résoudre industriellement; on peut employer des pulpes concentrées, des réactifs brutaux, des

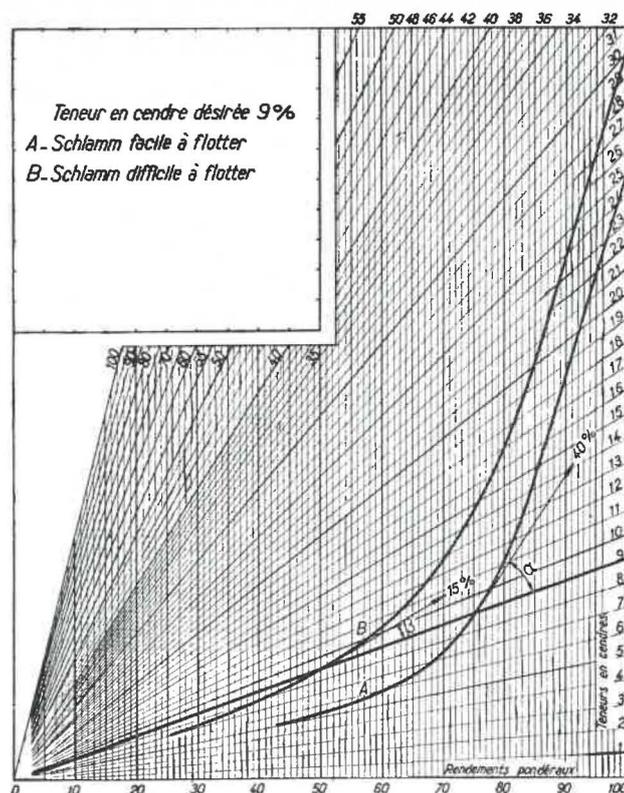


Fig. 23.

circuits courts : il s'agit simplement d'épuiser la pulpe, et les problèmes de sélectivité passent au second plan.

Si au contraire, comme c'est le cas pour le schlamm B, la teneur en cendres de coupure, égale à 15 %, est voisine de la teneur en cendres des flottés, c'est-à-dire si l'angle β est petit (et en ce cas il faudra faire des mixtes), le problème est difficile et il faudra chercher à améliorer la courbe de flottabilité en employant les moyens que nous avons indiqués : faibles concentrations, séparation granulométrique, relavage. Il faut d'ailleurs remarquer que le traitement de A devient difficile si l'on cherche des flottés à moins de 7 % de cendres.

Je terminerai en remarquant que, soit par manque de temps, soit par manque de connaissances, je me suis vu obligé de passer sous silence de nombreux points intéressants : en rédigeant mon texte, je me suis rendu compte de l'étendue du sujet et du nombre de points qui restent à étudier : nous avons encore du pain sur la planche...

DISCUSSION.

M. BRISON. — Il semble ressortir de l'exposé de M. Belugou que l'augmentation de la dilution en flottation des charbons améliore la qualité de l'épuration. Ceci est conforme à ce qu'on observe en flottation minérale. J'aimerais savoir si, dans

les expériences citées, la concentration en réactif a été maintenue constante dans la pulpe ou non.

M. BELUGOU. — La vitesse d'addition des réactifs a été à peu près proportionnelle à la concentration. Je ne peux donner de précisions, mais

je veillerai à ce que les figures qui seront publiées donnent tous les renseignements utiles.

M. RAFFINOT. — En ce qui concerne l'influence de la concentration de la pulpe sur la sélectivité, je constate une différence assez nette entre la flottation du charbon et celle des minerais métalliques. Vous avez trouvé que plus la pulpe est diluée, meilleure est la courbe de flottabilité. Ceci n'est vrai pour les minerais métalliques, que jusqu'à un certain point pour lequel on constate un maximum de sélectivité, généralement entre 200 et 300 g/litre. Lorsque la pulpe devient plus diluée, on constate à nouveau un abaissement de la sélectivité. Il est possible que vous constatiez exactement le même phénomène dans la flottation des charbons, mais pour des dilutions beaucoup plus grandes que celles que vous avez étudiées.

M. BELUGOU. — Nous sommes parfois descendus à 20 g/litre. Il serait illusoire de descendre plus bas.

M. RAFFINOT. — Je voudrais enfin faire une remarque au sujet des courbes granulométriques des schlamms. Il n'est peut-être pas étonnant que ces courbes soient toutes à peu près les mêmes étant donné que la pente reste fixe puisqu'il s'agit de produits d'égale dureté et que l'origine (95 % de passé) est sensiblement la même dans la plupart des cas.

M. BELUGOU. — Il ne faut pas oublier que les schlamms qui sortent du lavoir ne sont pas un produit naturel. Il y a des processus qui augmentent la proportion apparente d'extra-fins dans ce qu'on envoie à la flottation mais j'ai été étonné de constater que, finalement, toutes les courbes de granulométrie sont à peu près identiques.

M. de MAGNEE. — Je voudrais demander à M. Belugou si, dans le cas de schlamms très argileux, les essais ont comporté l'addition de dispersants.

M. BELUGOU. — J'ai fait quelques essais de laboratoire, mais je n'ai obtenu aucun résultat. J'ai demandé à pouvoir essayer des produits belges avec lesquels de bons résultats ont été, paraît-il, obtenus.

M. de MAGNEE. — L'addition de silicate de sodium par exemple n'améliore-t-elle pas l'opération ?

M. BELUGOU. — Nous avons fait des essais très soignés et nous n'avons pas constaté d'amélioration. D'ailleurs l'addition de silicate de soude dans un lavoir est bien désagréable, la décantation devenant impossible.

M. de MAGNEE. — Cependant dans le cas de flottation des minerais oxydés, la méthode est d'un emploi courant.

M. GY. — M. Belugou nous a montré tout l'intérêt qu'il y avait du point de vue technique à

flotter séparément les fractions grenues et fines. J'aimerais vous faire part d'une expérience comparable dans la flottation des minerais de phosphates. En Floride, à l'usine Sydney, on flotte dans deux circuits de flottation distincts, d'une part la fraction 0,1-0,3 mm, d'autre part, la fraction 0,3-0,8 mm. D'autres installations flottent, d'une part à la mousse et en cellule, des fractions 0,1-0,3 mm et, d'autre part flottent sur table à secousses les fractions 0,3-1,4 mm. Dans le cas des minerais métalliques, il a été montré également qu'il y aurait un intérêt certain du point de vue technique à flotter séparément les fines et les gros (bien que l'échelle des dimensions soit différente de celle du charbon ou des phosphates). Mais les débits mis en jeu ne permettent généralement pas de compliquer les réalisations industrielles en multipliant les circuits. Le cas est évidemment différent pour des industries comme celles du charbon et des phosphates.

M. LIEGEOIS. — En ce qui concerne la flottation séparée des grenus et des fins, le traitement ultérieur du schlamm (la filtration par exemple) présente-t-il plus ou moins de difficultés ?

M. BELUGOU. — Les flottés que l'on obtient, comme l'a montré l'expérience de Chocques, contiennent plus de grenus (puisque le but est d'arriver à les épuiser un peu plus) et moins de fractions fines (puisque l'on cherche à stopper leur flottation). Dans le cas de Chocques, le gain de filtrabilité est extrêmement notable sur les flottés. Pour les mixtes, la question est plus discutable car, comme il y a plus de grenus dans les flottés, il y en a moins dans les mixtes. Actuellement à Chocques, on ne filtre pas les mixtes : il est possible que l'avantage qu'on a eu sur les flottés aurait été perdu sur les mixtes.

M. LUSCHER. — En complément d'information au sujet du problème de Chocques, je signale qu'avant transformation, deux filtres étaient nécessaires pour prendre le débit de mousse; après installation de la flottation sélective des pulvérulents en deux tranches granulométriques séparées, un filtre absorbait tout. Ceci est probablement dû :

- a) à la quantité de grains plus importante contenue dans les mousses, grains qui se trouvaient auparavant dans les mixtes.
- b) à l'addition massive de fuel, environ 1350 g/t.

M. BELUGOU. — Je pense que l'emploi de fuel en quantités relativement importantes intervient également pour faciliter la filtration.

M. POZZETTO. — Il serait intéressant de comparer la granulométrie du schlamm flotté sans séparation préalable à celle obtenue par flottation séparée des grenus et des fins.