

Deux années de pratique dans le lavage des fines 1/10 par liqueur dense

par H. BAUDOUX,

Ingénieur civil des Mines,

Directeur des travaux de surface au charbonnage de Bernissart.

Le Charbonnage de Bernissart possédait, comme lavoir à fines 2/10, une installation de rhéolaveurs qui donnait des résultats peu satisfaisants ; il y avait production de charbons lavés assez cendreuse, de mixtes et de schistes dont la teneur en cendres n'était pas suffisamment élevée.

L'étude de la courbe de lavabilité du brut montrait que le charbon renfermait en réalité peu de mixtes ; le traitement à la liqueur dense de ces produits moyens fournis par le lavoir confirmait d'ailleurs cette donnée, ces mixtes étant un mélange de charbons et de schistes avec très peu d'intermédiaires ; de même les schistes comprenaient un certain pourcentage de mixtes et parfois du charbon pur.

Le remplacement de cette installation s'imposait et, malgré le peu d'expérience industrielle que l'on possédait à l'époque en la matière, nous nous sommes orientés vers le traitement des fines par liqueur dense, étant persuadés que ce système était le seul capable d'assurer le maximum de rendement.

C'est ainsi qu'en 1951 nous avons commandé à la firme Humboldt un lavoir pour traiter le 1/10 à la magnétite ; cette installation a été mise en service au début de l'année 1954 et, après certaines mises au point, elle nous a donné entière satisfaction.

Il est intéressant de connaître tout d'abord la décomposition granulométrique des charbons traités ; voici les chiffres moyens pour le brut 1/10 fourni au lavoir en 1954 :

+ 10 mm	4 %
5/10	34 %
2/5	45 %
1/2	12,5 %
0,5/1	1,5 %
0,25/0,5	1 %
— 0,25	2 %

La séparation s'opère par tamis à mailles carrées jusque et y compris 1 mm, par tamis à trous ronds au dessus de 1 mm.

La teneur en cendres est de 30 à 35 %.

Le processus de lavage peut être étudié d'après la figure 1.

Pour débiter, signalons que le 0/10 brut est repris à partir d'une fosse d'attente par une chaîne qui déverse le produit en tête d'une vis d'Archimède qui le répartit à une batterie de 16 vibrants ; nous avons donc conservé notre installation ancienne de tamisage. Ces vibrants ont chacun une surface utile de 1,5 m² et sont équipés, ou tout au moins l'étaient lors des essais effectués par Inichar, de toiles d'acier à mailles de 1 mm sur 3 mm, inclinées à 30° dans le sens des longues mailles. Le 1/10 refus de ces tamis est repris par des transporteurs qui amènent le charbon brut au crible déschlammeur I et, ici, nous entrons dans la nouvelle installation. Le crible déschlammeur possède un arrosage réglable dont le but est de mouiller le charbon et d'enlever éventuellement une partie des fins égarés par l'imperfection du tamisage.

Le crible déschlammeur, du type à résonance, a une surface criblante de 2,25 m × 1,80 m ; il est équipé de 9 grilles (3 rangées de 3 unités) dont l'écartement des mailles était de 1 mm au début ; actuellement nous utilisons 3 grilles à 0,5 mm et 6 grilles à 0,7 mm d'écartement des mailles.

Du crible déschlammeur, le charbon tombe directement dans le bac à laver II ; le flottant est entraîné par débordement sur le crible à charbon XI, tandis que les schistes sont remontés par air-lift au niveau du crible à schistes III ; ces deux appareils sont également à résonance et leurs dimensions respectives sont les suivantes : le crible à charbon a 4,5 m × 1,8 m. Il est garni de 18 grilles disposées par rangées de 3, soit 6 × 3, de mailles à écartements différents et disposées comme suit : 1, 1, 0,5, 0,3 0,5 1 mm dans le sens du cheminement du charbon.

La capacité de cet appareil est de 45 t/h.

Le crible à schistes, lui, a 4,50 m × 1,20 m. Il possède 18 plaques criblantes, également disposées par rangées de 3, dont les écartements des mailles sont : 1, 1, 0,7, 0,5, 0,5, 1 mm. Sa capacité est de 27 t/h.

Ces cribles sont pourvus de rampes d'arrosage à eau récupérée et à eau fraîche. Sous chacun de ces cribles se trouvent deux cônes, l'un d'amont (IV et VI) recueillant la liqueur dense qui est

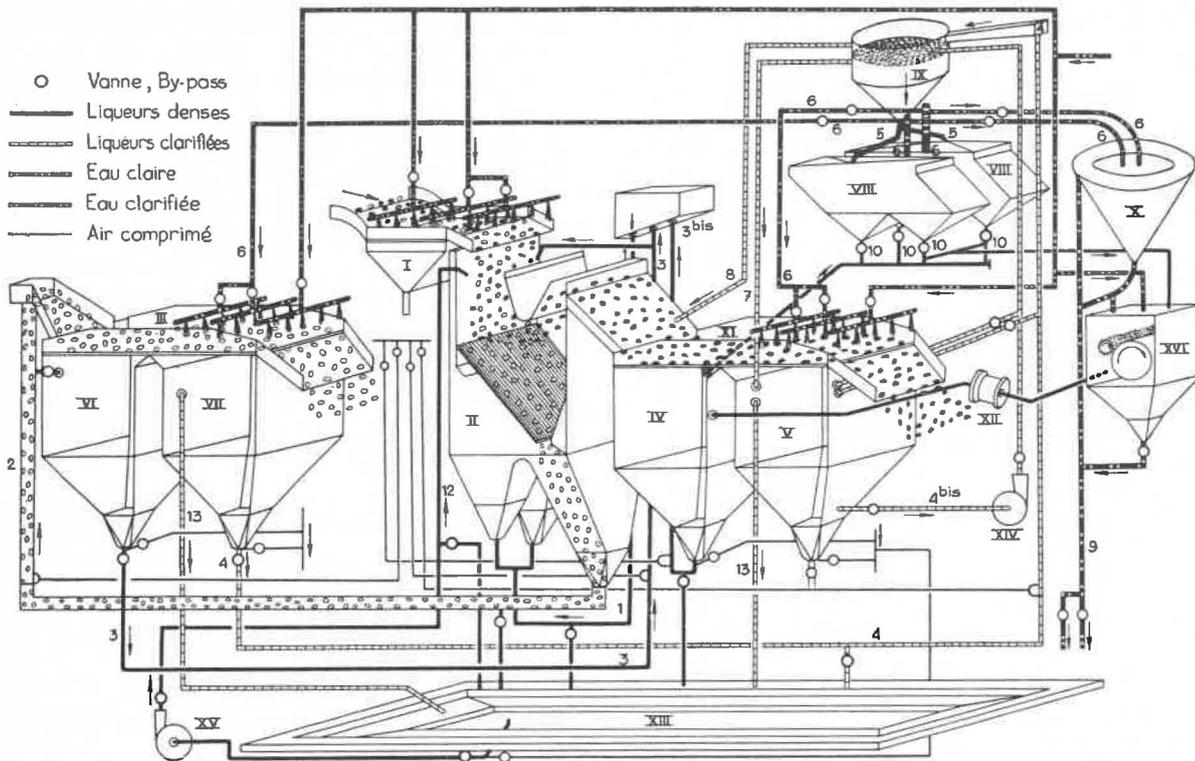


Fig. 1.

renvoyée par air-lift dans un petit réservoir situé à un niveau supérieur à celui de bac à laver, et réintroduite dans celui-ci par gravité (tuyau I); elle crée le courant ascendant. Les cônes situés en aval (V et VII) recueillent une liqueur dense diluée par arrosage et remontée par pompe et air-lift dans un cône IX qui répartit cette liqueur à deux clarificateurs en parallèle (VIII); la pompe est située sous le second étage du crible à charbon, où le liquide véhiculé est très peu chargé.

Les clarificateurs uniquement statiques sont fermés et travaillent sous légère pression. Ils sont constitués par une série de tôles espacées de 10 mm et presque verticales, entre lesquelles la liqueur circule; le concentré recueilli au bas de ces appareils est remis dans le circuit de la liqueur dense, tandis que l'eau peu chargée sortant par le haut sert aux premières rampes d'arrosage (tuyaux 6) sur les cribles. Puisqu'il y a introduction d'eau claire par la dernière rampe de rinçage, il y a surabondance de liqueur diluée qui doit sortir de l'installation. Après les clarificateurs, l'eau en excès passe dans un cône décanteur X. Au pied de celui-ci, une purge continue (tuyau 11) fournit un mélange de schlamms et de magnétite; quant au débordement du cône, il est rejeté à l'extérieur où des bassins opèrent une nouvelle décantation avant la mise à l'égoût (tuyau 9).

L'installation est complétée par un séparateur magnétique XVI; il est alimenté par les produits

prélevés sous le cône décanteur et éventuellement par une partie des concentrés venant des clarificateurs.

Une citerne XIII permet d'accumuler le médium lors de l'arrêt du lavoir. Une pompe XV le remet en circulation lors de la mise en marche.

L'installation comporte donc normalement une seule pompe en service, celle située en dessous du second cône à charbon; elle véhicule un liquide très dilué et doit par conséquent s'user très peu; la pompe à magnétite proprement dite marche 1/2 heure par jour, lors de la mise en service. Il y a lieu de signaler que notre charbon qui est très friable n'est soumis à aucune manipulation brutale et passe simplement dans le bac à laver.

Voici quelles étaient les garanties du constructeur à la commande :

1) Capacité horaire de lavage 65 t/h avec garanties respectées jusque 72 t/h, la capacité maximum de l'installation étant de 80 t/h avec certaines tolérances.

2) Analyse granulométrique des charbons à laver : Maximum 4 % de 0/1 — environ 13 1/2 % de 1/2.

3) Pureté des produits : le charbon obtenu tamisé à 0,5 mm ne peut contenir plus de 4 % d'égarés, ceux-ci étant des charbons à haute teneur en cendres.

TABLEAU I
Bernissart — Bac Humboldt — Résultats globaux — Inichar, septembre 1954.

	Brut % cendres	LAVE		SCHISTES		dp	ep	I	o	Flottant des schistes	
		Rendement	% cendres	Rendement	% cendres					1.4	1.6
5 - 10 mm	43,60	49,3	5,05	50,7	81,08	1,675	0,04	0,059	99,82	0	0,076
2 - 5	33,32	62,4	5,85	37,6	78,89	1,675	0,042	0,062	99,81	0	0,180
1 - 2	29,32	68,3	6,60	31,7	78,29	1,680	0,11	0,161	99,65	0,414	2,825
0,6 - 1	30,67	68,8	9,77	31,2	76,75	1,825	0,185	0,224	98,35	1,143	4,254

Le schiste obtenu tamisé à 0,5 mm ne peut contenir plus de 5 1/2 % d'égarés, ceux-ci étant des mixtes à haute teneur en cendres.

4) Consommation de magnétite 900 g/t brute traitée.

A la date du 1^{er} septembre 1954, Inichar nous a écrit pour nous demander de pouvoir effectuer les prélèvements nécessaires afin de déterminer les conditions de fonctionnement de l'installation et les rendements réalisés. Nous avons aussitôt acquiescé à sa demande et nous avons mis notre lavoir à sa disposition; les résultats obtenus ont fait l'objet d'un rapport très complet dont les résultats globaux sont repris au tableau I et à la figure 2. Compte tenu des composants, l'écart probable se situe entre 0,05 et 0,06.

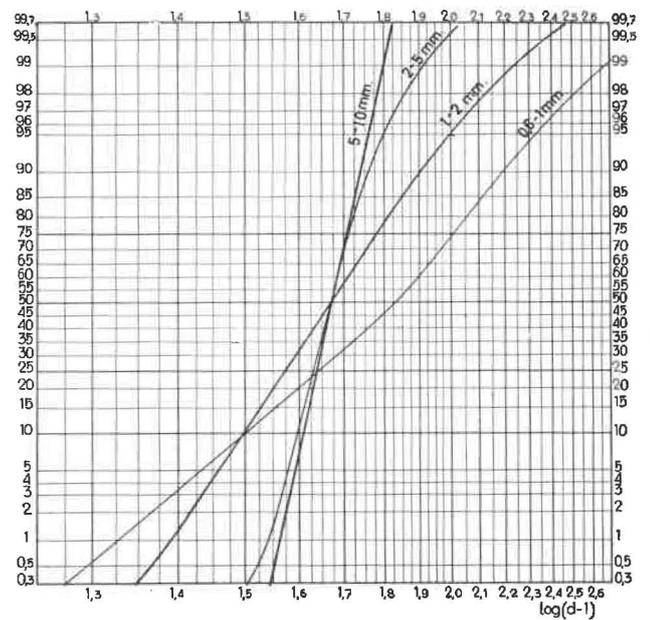


Fig. 2.

Pendant le courant de l'année 1955, nous avons toutefois continué à modifier notre installation dans le quadruple but d'améliorer encore les résultats de lavage, de diminuer les pertes en magnétite, de traiter des charbons plus fins et de réduire la quantité de produit passant au travers du déschlammeur.

Nous en arrivons ainsi à nos conditions de marche actuelles, qui sont les suivantes : 6 tamis vibrants sur 16 sont équipés de toiles de 0,75/2 mm; ces toiles ont été placées au centre de la distribution, afin d'avoir un rendement moyen certain; sur le crible déschlammeur, nous trouvons 3 grilles à l'écartement de 0,5 mm et 6 grilles à 0,7 mm. Le ringage des produits a été amélioré et a été plus judicieusement ordonné. Des modifications ont été apportées à certaines tuyauteries.

D'autre part, nous avons augmenté sensiblement la densité du bain de lavage et, actuellement, notre densité de partage se situe à 1,8.

Voici quelques résultats que nous obtenons actuellement:

TABLEAU II.

Analyse granulométrique du charbon traité:

5/10	30 %
2/5	48 %
1/2	17 %
0,5/1	3 %
0/0,5	2 %

Les tamis utilisés sont les mêmes que précédemment.

Résultats de lavage moyens pour 3 journées.

TABLEAU III.

Janvier - février 1956

Charbons	5,3 % C	5,3 % C	5,5 % C
Schistes	85,7 % C	85,6 % C	85,2 % C

L'écart probable se situe entre 0,04 et 0,045. Pour la granulométrie 1/2, il est égal à 0,075.

Les charbons ont été passés à la liqueur dense — densité 1,9 — Les résultats sont donnés au tableau IV.

TABLEAU IV.

99,5 %	4,9 C	5,3 % C	99,2 %	4,7 C	5,3 % C	99 %	4,8 C	5,5 % C
0,5 %	77 C		0,8 %	78 C		1 %	76,4 C	

Les schistes correspondants ont été passés à la liqueur dense — densité 1,9 — Les résultats sont donnés au tableau V.

TABLEAU V.

1,9 %	51 C	85,70 % C	2,5 %	53,8 C	85,6 % C	23 %	50,4 C	85,2 % C
98,1 %	86,4 C		97,5 %	86,4 C		97,7 %	86 C	

Les garanties techniques du constructeur ont donc été largement dépassées. Nous ne trouvons plus dans les schistes que quelques égarés à très haute teneur en cendres.

Voici des normes de liqueurs denses utilisées chez nous. Par expérience, nous avons été amenés à prélever l'échantillon à une profondeur de 2 m dans le bac de lavage ; la densité de partage est inférieure de 0,2 au résultat trouvé (tableau VI).

TABLEAU VI.

Densité trouvée	Dp.	Matières sèches totales	+ 0,5 mm	Magnétique sur le moins de 0,5	Magnétique sur le global
2	1,8	1.350 g	230 g	66 %	54,8 %
2	1,8	1.350 g	220 g	69 %	57,7 %

TABLEAU VII.
Analyse type de la purge d'un clarificateur :

Densité	Matières sèches	Magnétique 0/10	Cendres du produit	
1,380	730 g	13 %	95 g	62 %
Analyse des produits du cône décanteur :				
<i>a) Purge :</i>				
Densité	Matières sèches	Magnétique	Cendres du produit	
1,024	50 g/litre	3,5 %	1,7 g	40 %
<i>b) Trop plein :</i>				
	10 g/litre	1 %	0,1 g	54 %

Consommation de magnétite.

Rappelons d'abord que la garantie du constructeur était de 900 g/t de brut.

La consommation moyenne pour l'année 1955 a été de 700 g de matière sèche à la tonne de brut traité. Ce chiffre correspond à une densité de partage de 1,7; en portant celle-ci à 1,8, nous constatons une légère augmentation qui reste, en tout cas, inférieure à 10 %.

La récupération pourrait encore être vraisemblablement améliorée. Mais il faut noter que la magnétite perdue est la plus fine, celle qui est la moins intéressante; c'est aussi une magnétite usée.

Il y a lieu de signaler ici que nous utilisons la magnétite telle qu'elle nous est fournie dans le commerce; il n'y a pas de frais de broyage.

Frais d'exploitation.

Pour l'étude de ceux-ci, nous avons groupé tous les postes de dépenses durant la période du 1^{er} janvier au 31 octobre 1955, c'est-à-dire pour 10 mois.

Nous arrivons aux résultats suivants, les chiffres donnés se rapportant à la tonne de brut traité :

Personnel d'exploitation + charges sociales	2,01 F/t
Electricité (y compris air comprimé)	2,65 F/t
Magnétite	1,09 F/t

Consommations et entretien (salaires & matières)

1,72 F/t

Total : 7,47 F/t

Il y a lieu de signaler que, durant les dix mois repris pour ces calculs, l'installation n'a pas été utilisée à sa capacité maximum.

Elle aurait pu traiter 20 % de charbon en plus.

Dans ce cas, les frais globaux d'exploitation, d'électricité, de consommation et entretien restant les mêmes, le prix de revient de la tonne traitée aurait pu baisser de 1,25 F environ.

Il aurait donc été de 6,20 F.

Bilan général d'exploitation.

Le fonctionnement du lavoir à liqueur dense, pendant l'année 1955, a fait réaliser au Charbonnage de Bernissart, un bénéfice de 25 à 30 F à la tonne nette extraite. Celui-ci provient d'abord de l'obtention de charbons plus propres, permettant la réincorporation d'une plus grande quantité de poussier brut dans les fines; ensuite, du fait que le tonnage vendu auparavant comme mixtes est écoulé à présent à un prix beaucoup plus élevé.

De plus, l'extraction, en conséquence du meilleur rendement du lavoir, a bénéficié d'une majoration de tonnage qui est évaluée à 2,5 % du 1/10 brut traité.

DISCUSSION.

M. PIFFERT. — Vous n'avez pas donné les résultats de criblage sur votre batterie de 16 tamis.

M. BAUDOUX. — Certainement, j'ai donné la décomposition granulométrique du charbon brut 1-10 à la mise en marche de l'installation (1954)

et après le remplacement partiel des tamis (1955).

M. PIFFERT. — Pourquoi avez-vous des tamis de 1 mm sur vos cribles de rinçage des schistes et des charbons après lavage ?

M. BAUDOUX. — Pour permettre à la liqueur de passer plus rapidement dans les premiers cônes. Il y a lieu de signaler que les tamis à 1 mm d'écartement de mailles sont situés à des endroits où il n'y a pas de rinçage.

M. PIFFERT. — Justement, vous lavez du 1-10 mm. N'observez-vous pas le passage de charbon ?

M. BAUDOUX. — Je vous ai donné les analyses des produits qui sortaient de l'installation. Il n'y a pas d'autre évacuation possible.

M. PIFFERT. — Vous employez des tamis de 1, 0,7 et 0,5 mm. Est-ce un résultat d'expérience ?

M. BAUDOUX. — Oui. Je dois vous dire que, quand l'installation a été montée, le constructeur avait prévu des tamis à 0,3 mm. La marche dans ces conditions n'était pas possible.

M. PIFFERT. — Je n'ai pas entendu le pourcentage de cendres de votre dernière année d'expérience.

M. BAUDOUX. — Il se trouve sur le document que je vous ai fait remettre. Je vous ai donné l'analyse du bain évacué par le dernier cône décanteur. Il n'y a que par là qu'un produit puisse sortir de l'installation puisque tout le reste tourne en circuit fermé, à part une très minime quantité de liqueur évacuée par le séparateur magnétique.

M. PIFFERT. — Mais dans votre liqueur qui tourne, vous pouvez avoir des produits qui sont des schlamms. Pourquoi admettez-vous des schlamms qui ont 1 mm de diamètre, dans lesquels il peut y avoir du charbon ? Pourquoi n'avez-vous pas des tamis à 0,8 et 0,7 mm ?

M. BAUDOUX. — La marche est beaucoup plus régulière avec la disposition des tamis telle que nous l'avons adoptée.

M. GY. — Pourriez-vous indiquer la composition de la magnétite utilisée ? Il s'agit d'une magnétite de commerce, mais cela ne suffit pas pour la définir.

M. BAUDOUX. — Nous achetons autant que possible de la magnétite dont la majeure partie est comprise entre 40 et 60 microns et avec le minimum au-dessus de 0,2 mm.

M. GY. — Ce minimum est de combien à peu près ?

M. BAUDOUX. — 5 à 10 %. En général, ce sont les fournisseurs qui vous l'imposent, il faut un peu tergiverser.

M. GY. — Vous dites que la majeure partie est comprise entre 40 et 60 microns. Pouvez-vous chiffrer cette proportion ?

M. BAUDOUX. — Prenez 60 %.

M. GY. — Vous effectuez l'épuration de la magnétite sur une certaine proportion. Pourrions-nous la connaître ?

M. BAUDOUX. — Le débit de la purge du cinquième cône est de 5 m³/h. Lorsque le séparateur marche, il y a donc production de 240 kg de

schlamms par heure environ, soit 0,4 % du brut. La semaine dernière, le séparateur magnétique a été mis hors service et le lavage a été aussi parfait qu'avant. Cela ne veut pas dire que ces résultats se maintiendront, mais en tout cas, cela indique que l'on peut se passer du séparateur tout au moins pendant un certain temps.

La consommation de magnétite n'a pas varié. Au lieu d'envoyer la purge au séparateur, elle a été simplement remise dans le bain de lavage. Cela ne signifie pas que le séparateur magnétique n'est pas nécessaire, nous faisons des expériences.

M. JAMOULLE. — Du fait que votre liqueur dense contient 600 g de schlamm/litre, n'avez-vous pas des ennuis dans le bac de lavage ? N'y a-t-il pas des amas de charbon brut qui tendent à flotter ?

M. BAUDOUX. — Nous ne constatons pas cela. Vous estimez que nous avons trop de schlamm dans le bain de lavage ?

M. JAMOULLE. — Oui. J'estime que la teneur en schlamm ne doit pas dépasser 400 à 500 g/litre. Il est probable que c'est la forme et l'agencement de votre bac de lavage qui vous évitent ces ennuis de flottation.

M. BAUDOUX. — Ce sont des chiffres d'expérience. Nous prenons la densité et nous faisons des décompositions au moins deux fois par jour. Nous respectons des normes que nous avons rigoureusement établies. Dans le cas où la teneur en schlamm du bain augmente, nous n'avons qu'à alimenter notre séparateur magnétique avec une partie des purges de clarificateurs; aussitôt notre bain s'enrichit automatiquement en magnétite.

M. LARCIN. — Pendant la semaine où vous n'avez pas alimenté le séparateur magnétique, comment a varié la pollution de votre liqueur dans le bain de lavage ?

M. BAUDOUX. — Aucune variation n'a été constatée. Cela ne durera peut-être pas, ce sont des essais.

M. LARCIN. — Quelle est la quantité de schlamm qui sort par le séparateur magnétique ? Vous avez donné la concentration, avez-vous donné le débit ?

M. BAUDOUX. — Le séparateur magnétique est alimenté à raison de 5 t/h, purge du cône final; ce qui est plus important, c'est la quantité de produit passant par le crible déschlammeur. Ce crible avait été équipé avec des grilles de 1 mm. Nous avons modifié l'écartement de ces grilles afin de réduire la proportion de charbon entraîné qui va nécessairement à schlamm.

M. LARCIN. — Avez-vous la composition granulométrique du schlamm éliminé par le crible déschlammeur ?

M. BAUDOUX. — Voici une décomposition de marche normale : 1-2 mm → 24 % ; 0,5-1 → 18 % ; 0,25-0,5 mm → 18 % ; 0-0,25 → 40 %. Il n'y a toutefois pas formation de schlamms dans l'installation. Nous avons, en effet, une batterie de lavage des grains voisine de celle-ci où les grains sont reclassés après lavage comme cela se fait normalement; il y a donc un crible reclasser dont les déchets sont conduits dans une citerne à niveau plein. Une chaîne remonte les charbons dans une tour. Nous avons conduit dans cette citerne la purge du crible déschlammeur et, au lieu d'avoir des produits déclassés à 6, 7, 8 % de cendres, nous avons maintenant un produit qui contient 15, 16, 17 % de cendres (car il renferme tous les schlamms), mais qui est encore très marchand et que nous vendons comme fines.

M. LARCIN. — Quelle est la teneur en cendres du poussier 0-1 mm contenu dans le brut ?

M. BAUDOUX. — 20 % environ.

M. LARCIN. — Le schlamm que vous sortez de l'installation a une teneur en cendres comprise entre 40 et 53 % (la purge du séparateur magnétique a, en effet, 40 % de cendres et le débordement du cône 53 %). A quoi attribuez-vous l'augmentation de la teneur en cendres du schlamm par rapport à celle du poussier ?

M. POZZETTO. — Ce qui est surprenant, c'est que la purge du cône se tient à une teneur en cendres plus faible que le débordement. L'explication vient probablement de la présence d'argile dans le débordement.

M. BAUDOUX. — L'explication de M. Pozzetto est juste.

M. VEILLET. — Vous avez dit qu'un des avantages de l'installation était de laver plus propre, ce qui permettait d'introduire plus de pulvérulent dans les fines lavées. Ne serait-il pas plus intéressant, au contraire, d'utiliser un bac à eau qui lave à partir de 0,3 mm, quitte à obtenir des lavés plus sales au bac, donc à y ajouter moins de pulvérulent, une plus grande proportion du brut serait

ainsi lavée et la production de pulvérulent baisserait sensiblement.

M. BAUDOUX. — Nous produisons du charbon 1/2 gras destiné à la chaufferie. Les clients ont toujours eu des exigences au point de vue granulométrie. La décomposition normale du 1-10 mm lavé donne 25 % de 5-10 mm. La clientèle en fines 0-10 mm, demi-grasses demande 20 % de 5-10 mm. Nous ne pourrions pas laver à partir de 0,3 mm, car nous obtiendrions un produit qui ne serait pas marchand.

M. VEILLET. — Vous réincorporez du poussier, par conséquent vous ajoutez déjà des éléments fins. Au contraire, en levant à partir de 0,3 mm, par exemple, on pourrait se contenter d'ajouter moins de poussier donc moins d'éléments fins.

M. BAUDOUX. — La granulométrie en 5-10 mm est normalement imposée. La solution adoptée est celle qui accorde la possibilité du maximum d'écoulement en poussier tout en respectant les exigences des consommateurs.

M. POZZETTO. — Justement. Vous le réincorporez dans les lavés.

M. BAUDOUX. — Oui.

M. POZZETTO. — M. Veillet vous dit : « Si vous laviez avec un bac, vous laveriez à partir de 0,3 mm et, par conséquent, vous feriez automatiquement une incorporation de fins mais qui seraient épurés ». En principe, vous auriez un meilleur produit.

M. VEILLET. — Il est normal que M. Baudoux ne puisse répondre de façon précise. Je pose donc seulement la question suivante : « Est-ce que l'étude a été faite au moment où on a pris la décision de commander cet appareillage » ?

M. BAUDOUX. — Non. Cela ne nous intéresse pas particulièrement, l'obtention de produits marchands étant notre premier objectif.

M. TENEY. — Quelle est la teneur en humidité de vos poussières bruts ?

M. BAUDOUX. — Entre 3 et 4 %, 4,5 % est un maximum.