

Installations de cribles chauffants

par J. MASSAUT,

Ingénieur à la Société Evence Coppée & Cie.

I. — LE PROBLEME DU CRIBLAGE DANS UN CHARBONNAGE DU LIMBOURG

Dans une installation de préparation mécanique, le traitement et la récupération des schlamms sont les problèmes les plus difficiles à résoudre correctement. Les solutions adoptées sont toujours coûteuses en frais de premier établissement et en prix de revient d'exploitation.

Aussi, après des études préliminaires très poussées, la Direction du Charbonnage est arrivée à la conclusion qu'il importait avant tout de produire dans ses installations le moins possible de schlamms. Le criblage avant lavage devait donc être repensé complètement. En outre, la Direction ayant décidé de traiter les grains 10/90 par liqueur dense, les deux questions ont été étudiées simultanément.

Les deux objectifs à atteindre étaient les suivants :

1. — Obtenir un criblage parfait à la maille de 10 mm pour ne pas souiller la liqueur dense et ne pas envoyer dans le système de récupération de la magnétite des fines se transformant en schlamms.

2. — Réaliser un tamisage à très haut rendement à la maille de 1 mm carré pour obtenir le maximum de 1/10 brut contenant le moins possible de 0-0,5 qui se changerait en schlamms.

Pour atteindre le premier objectif, la teneur en eau des charbons étant relativement élevée, deux solutions étaient à envisager :

a) Sécher le charbon brut 0/90 avant criblage à 10 mm.

Cette solution n'était pas défendable. Elle aurait provoqué un bris important du charbon 10/90 et exigé une installation très coûteuse, ainsi qu'une consommation considérable d'énergie thermique. En outre, les grains 10/90 étant destinés aux auges de lavage, auraient été plongés dans l'eau après dépense en pure perte des calories nécessaires à leur séchage.

b) Cribler sur tamis chauffant à 10 mm.

Comme nous le verrons plus loin, le tamisage sur tamis chauffés à mailles de 10 mm est encore possible avec un très bon rendement lorsque le charbon à traiter ne contient pas plus de 10 % d'eau. Aussi, est ce la solution qui fut finalement adoptée.

Quant au deuxième objectif à atteindre, deux solutions étaient possibles :

a) Séchage préalable du 0/10 jusqu'à 2 % d'eau avant tamisage à 1 mm.

Cette solution est parfaite pour obtenir un excellent tamisage, mais présente les inconvénients ci-après :

- 1) Installation coûteuse ;
- 2) Prix élevé d'exploitation ;
- 3) Production de particules ténues dans l'atmosphère.

b) Tamisage sur crible chauffant.

Cette solution est bonne si la teneur en eau ne dépasse pas 6 %. A une teneur plus élevée, le rendement devient très mauvais.

La Direction du Charbonnage, pour préserver l'avenir, a finalement adopté le séchage préalable du 0/10 jusqu'à 3-4 % d'eau, suivi d'un tamisage sur cribles chauffants. Solution intéressante parce qu'elle n'exigeait pas un séchage trop poussé et

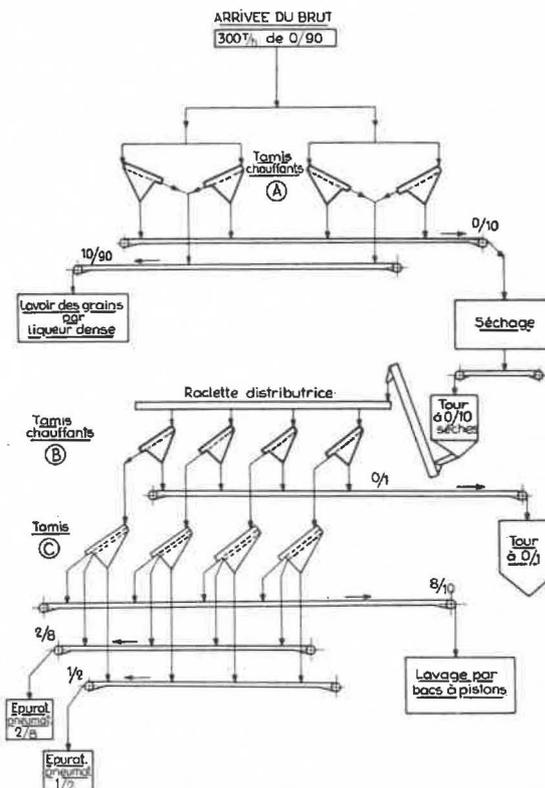


Fig. 1.

qu'elle ne provoquait pas la mise en suspension dans l'atmosphère de fines particules de poussier.

En bref, le schéma adopté, que nous avons reproduit aux figures 1 et 2, présente les avantages suivants :

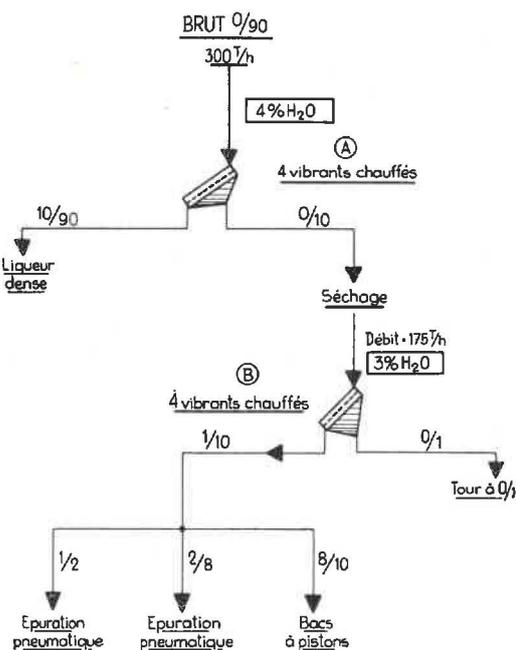


Fig. 2.

1) Obtention de poussier 0/1 destiné à la centrale et ne contenant pas de morceaux de dimensions supérieures à 1 mm, qui sont parfaitement lavables.

2) Production très faible de schlamms qui posent des problèmes difficiles de récupération, surtout en extra-fins.

3) Obtention de 1/10 brut à moins de 3 % d'eau, facilement tamisable en 1/2 et 2/8 pour le traitement par les tables pneumatiques existantes.

4) Possibilité de traiter des charbons bruts à n'importe quelle teneur en eau et de se réserver des possibilités futures.

II. — NOTES GÉNÉRALES SUR LE CRIBLAGE DES PRODUITS HUMIDES

Avec du charbon 0/10 à moins de 2 % d'eau, le tamis ou la tôle perforée de criblage demeurent parfaitement propres. Le rendement est bon, les ouvertures étant bien dégagées. Si la teneur en eau augmente, le tamis a tendance à se colmater ou, en d'autres termes, les mailles s'obstruent peu à peu par des fines particules adhérentes entre elles et aux bords métalliques de l'ouverture. Le rendement de tamisage tombe rapidement. Un brossage énergique permet de remédier à la situation, mais le phénomène se reproduit rapidement.

Si la teneur en eau augmente encore, les mailles se bouchent presque instantanément et le criblage devient nul.

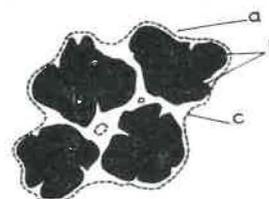
Que s'est-il passé ? Pour quelles raisons ce phénomène se produit-il ?

Il est dû aux forces qui naissent par suite de la tension superficielle de l'eau au sein du produit lui-même et aux points de contact de ses éléments constitutifs avec d'autres corps tels que la toile tamisante.

La teneur totale en eau d'un charbon est la somme de :

a) la teneur en eau constitutive interne. Cette eau fait partie de la composition même du produit et ne nous intéresse pas ici ;

b) l'humidité superficielle qui est elle-même constituée (fig. 3) :

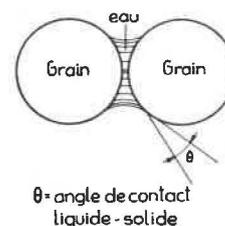


a : film d'eau à la surface des grains
b : eau retenue dans les fissures et porosités
c : eau retenue par capillarité aux points de contact

Fig. 3.

- 1) de l'eau remplissant les fissures ;
- 2) d'un film d'eau « mouillant » toute la surface externe du grain ;
- 3) de particules d'eau retenues par capillarité dans les petits espaces intergranulaires et autour des points de contact des grains entre eux.

Si on envisage, au point où existent les trois phases, solide, liquide et gazeuse, le simple contact de deux grains de charbon supposés, pour simplifier, sphériques (fig. 4), la parcelle d'eau autour du point de tangence prendra, par suite de la tension superficielle, la forme d'un corps de révolution telle que la surface de raccordement du liquide avec les deux particules solides soit formée d'une portion de tore.



θ = angle de contact liquide-solide

Fig. 4.

La tension superficielle du liquide provoquera la cohésion des deux grains entre eux. La valeur de la force d'adhérence dépend de l'angle θ , dit angle de contact liquide-solide. C'est l'angle que

fait, dans un plan diamétral et en leur point commun, la tangente au grain et la tangente à la particule d'eau adhérente. L'angle θ dépend lui-même de la nature des grains et de celle du liquide.

Un tel phénomène a lieu également au contact du grain de charbon avec les fils d'une toile de crible.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces idées théoriques. Des développements mathématiques plus poussés permettent de prévoir la quantité d'eau susceptible d'être retenue, l'intensité des forces d'adhérence entre grains, etc. (Voir à ce sujet l'article de M. Dodelet dans le Bulletin de l'A.I.M.s., n° 3 de 1954).

Dans l'opération de criblage d'un produit humide, ces effets d'adhérence de nature capillaire ont deux suites fâcheuses :

- 1) le colmatage du tamis ;
- 2) l'agglomération du produit en paquets compacts ou en gâteaux qui glissent sur la toile sans se désagréger.

Le premier phénomène apparaît tout d'abord et rapidement dans le criblage des fines catégories. Il est donc le plus gênant.

Supposons un grain humide de charbon (ou même un amas de grains plus fins rassemblés) retenu par suite d'effet capillaire dans la maille d'un tamis (fig. 5).

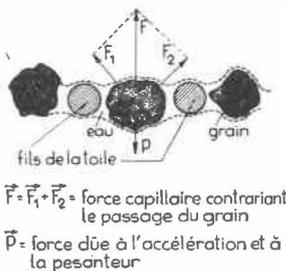


Fig. 5.

Les diverses sollicitations auxquelles il est soumis sont :

- a) son poids, force dirigée vers le bas ;
- b) la force d'inertie due aux accélérations et décélérations périodiques du mouvement du crible ;
- c) la résultante F des adhérences capillaires, dirigée vers le haut et s'opposant au passage du grain à travers le tamis.

Les deux premiers efforts sont dirigés simultanément vers le bas lors d'une accélération du tamis dirigée vers le haut.

Désignons par P la valeur maximum de ces deux effets lorsqu'ils s'additionnent dans le même sens.

Si on représente sur un diagramme la valeur de la force F d'origine capillaire en fonction de

la teneur en eau du produit, la courbe obtenue a l'aspect indiqué à la figure 6.

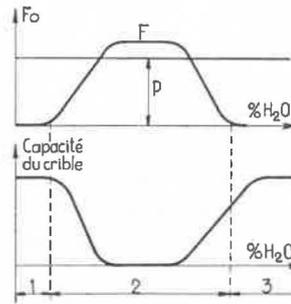


Fig. 6.

Le produit étant sec, on a évidemment $F = 0$.

Si, à l'opposé, le produit était criblé sous l'eau ou très abondamment arrosé, on aurait également $F = 0$. En effet, dans ce cas les trois phases : solide, liquide et gazeuse ne coexistent plus simultanément. La tension superficielle de l'eau est annulée puisqu'il n'y a plus de surface de séparation entre l'eau et l'air.

La courbe F passe donc par un maximum pour une valeur intermédiaire de la teneur en eau.

Superposons à cette courbe, la valeur maximum de P . Si alors on établit un diagramme ayant mêmes abscisses, mais portant en ordonnées un chiffre qui caractérise l'efficacité (ou le rendement) du crible, on constate que, partant d'une valeur maximum, cette courbe décroît jusqu'à une valeur quasi nulle, puis remonte pour retrouver sa valeur première.

Suivant l'axe de la teneur en eau, on peut définir trois zones (fig. 6) :

- 1) La zone de criblage sec : teneur en eau nulle ou très faible. $P > F$. Le criblage est bon.
- 2) La zone de criblage humide : teneur en eau moyenne. $F > P$. Les phénomènes d'adhérences capillaires deviennent apparents. Il y a colmatage des toiles et le tamisage devient inopérant.
- 3) La zone de criblage à l'eau : arrosage abondant d'eau. F redevient plus petit que P . Le criblage redevient bon.

Puisqu'il s'agit en réalité d'un phénomène statistique et non de l'étude de ce phénomène appliquée à une seule particule, il est évident que la séparation entre les trois zones types n'est pas franche et que, de l'une à l'autre, on passe par des zones de transition où, avant de devenir nul, le criblage devient d'abord médiocre et inversement.

Les prévisions théoriques sont d'ailleurs entièrement confirmées par l'expérience.

Il découle de ce qui précède que, dès que le produit accuse un certain degré d'humidité, sa séparation sur un crible ordinaire ne pourra plus se faire, tout au moins avec un rendement suffisant.

Il devient nécessaire, dans ce cas, de recourir à d'autres techniques ou d'utiliser certains artifices.

Parmi les remèdes possibles, il faut citer :

1) le brossage de la toile dès l'apparition du colmatage.

2) L'augmentation de la vitesse et/ou de l'amplitude du mouvement du crible. De ce fait, on augmente le terme force d'inertie dans l'expression de P . Une telle augmentation ne peut pas toujours se faire sans risques. On est rapidement limité dans ce sens par la résistance des pièces mécaniques.

3) Criblage sous l'eau. On se place dans la zone de criblage à l'eau (zone 3 de la fig. 6) par un arrosage abondant du produit sur le tamis. De plus, la force vive de l'eau d'arrosage désagrège, s'il le faut, les paquets ou gâteaux de charbon qui se formeraient sur la toile et contribue à entraîner avec elle les fines particules à travers les mailles.

4) Criblage à l'huile. L'addition d'huile en faible quantité fait varier la tension superficielle et les adhérences qui en résultent en modifiant l'angle de contact liquide — solide θ . Cette méthode est parfois utilisée pour le criblage du poussier de coke utilisé comme amaigrissant dans la pâte à coke. L'introduction d'huile n'y est pas gênante.

5) Utilisation de tamis spéciaux du type « Harpe », « Duo » ou « Serpa ». Dans ces tamis, on prévoit un agencement des toiles, ou un tissage de toiles, tels que deux fils adjacents aient leur vibration propre différente ou déphasée. On évite de la sorte le colmatage de la toile mais, en contrepartie, la précision de la séparation granulométrique en est affectée.

Ces tamis spéciaux coûtent cher et, semble-t-il, ne résistent pas longtemps.

6) Utilisation de tamis superposés avec interposition de billes de caoutchouc pour décolmater par chocs. Ici aussi, la vie des toiles paraît sensiblement raccourcie.

7) Séchage préalable du charbon à cribler.

8) Chauffage des toiles du crible. Nous décrivons plus loin, d'une manière plus étendue, ce remède puisqu'il fait l'objet de la présente conférence.

9) Broyage partiel du refus et recyclage sur le crible de ce produit broyé.

Puisque la teneur en eau du refus est toujours moindre que celle de l'alimentation, on diminuera ainsi dans une certaine mesure l'humidité initiale.

10) Addition de chaux vive en faible quantité.

La chaux absorbe l'eau du charbon par hygroscopicité et par transformation chimique du CaO en $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Il faut toutefois que la chaux ajoutée n'ait aucune incidence défavorable sur l'utilisation qui sera faite du charbon criblé.

Le criblage à la chaux est un procédé nouveau qui en est encore au stade expérimental.

Comme nous l'avons dit plus haut, avec l'humidité croissante du produit à cribler, le premier inconvénient qui se manifeste est le colmatage des toiles. Si la teneur en eau est plus élevée encore et surtout si le produit est argileux, il apparaîtra des agglomérations de grains, des amas pâteux ou des gâteaux de charbon qui glisseront sur le tamis sans pouvoir être criblés. Dans ce cas, seules les solutions qui détruisent les forces d'adhérences entre les grains eux-mêmes seront susceptibles d'améliorer le résultat du criblage. L'utilisation de toiles chauffées ne sera plus suffisante. Il faudra s'orienter vers le séchage du produit ou le criblage à l'eau.

Il est très difficile de définir les teneurs en eau qui doivent départager les diverses solutions en fonction du résultat recherché. Deux charbons différents contenant un même pourcentage d'humidité ne se cribleront pas avec la même efficacité. Il est acquis que d'autres facteurs jouent également un rôle dans le résultat de la séparation sur un tamis : forme des mailles, nature du produit, forme des grains, distribution granulométrique, teneur en argile, etc.

Les chiffres recueillis ne doivent être acceptés que comme des indications.

Certains auteurs admettent 10-12 % d'eau pour un criblage à 10 mm et 4 à 7 % pour une maille de 2 mm, sans artifices pour décolmater les toiles.

Pour les charbons anglais, on peut admettre jusqu'à 4 à 8 % pour cribler à 1,5 ou 2 mm.

Le criblage à 0,5 mm de charbons 0/10 peut se faire sans colmatage, même si la teneur en eau atteint 3 à 4 %, selon d'autres sources.

Le tamisage du poussier de coke devient seulement difficile sans chauffage des toiles à la maille de 10 mm et avec une humidité de 13 %, alors qu'avec la même teneur en eau on pourrait cribler facilement à 5 ou même 2 mm en utilisant un tamis chauffé.

Notre expérience nous a fait admettre que, pour cribler du charbon à la maille de 10 mm, la teneur en eau devait rester inférieure à 6 % dans le passé. Sur toile chauffée, on peut encore cribler le même produit jusqu'à 10 % d'eau. Si, d'autre part, l'ouverture du tamis est de l'ordre du millimètre, la teneur en eau maximum admissible est de 4,5 % sur crible non chauffé et de 5,5 à 6 % sur toile chauffée.

III. — REALISATION ET CONDUITE DES CRIBLES CHAUFFANTS

a) *En principe*, un tamis chauffant est un tamis ordinaire, muni d'un système adéquat de chauffage.

Différents modes de chauffage ont été étudiés pour communiquer au tamis une température

correcte : chauffage au gaz, à la vapeur, à l'électricité, par effet joule ou par électro-induction.

Le chauffage électrique par transformation, dans les fils même du tamis, de l'énergie électrique en énergie thermique par effet joule, est le procédé le plus simple et le plus employé. Nous n'envisagerons d'ailleurs que ce seul mode, les autres étant exceptionnels.

Soulignons que le chauffage des toiles d'un tamis chauffant a pour seul but d'empêcher leur colmatage et non celui de sécher le produit pendant son passage sur le crible. Pour satisfaire à cette dernière hypothèse, il faudrait mettre en œuvre des énergies calorifiques considérables et ce procédé de séchage serait anti-économique par suite du mauvais rendement de l'appareil et du prix de l'énergie électrique.

L'idée première des toiles chauffées (1927) visait précisément ce double objectif : cribler le charbon tout en le séchant. Ce fut un échec et le problème du chauffage des cribles ne fut repris plus tard qu'avec la seule idée d'éviter le colmatage.

b) *Température des toiles.*

Pour empêcher un tamis de se boucher, il suffit de porter les fils à une température telle que ceux-ci restent secs sous la couche de produits.

Ainsi, on tend à supprimer les tensions superficielles entre les grains et les fils du tamis et les adhérences d'origine capillaire en résultant.

Nous admettons comme valeur normale de la température de la toile : 70 à 80° à vide, correspondant à 40 à 60° en service.

Certains auteurs indiquent davantage (100 et même 120° à vide). Chaque cas de criblage est un cas d'espèce et les essais seuls permettront de formuler une conclusion.

c) *Puissance de chauffage à prévoir.*

Beaucoup de praticiens s'accordent pour adopter une puissance unitaire de chauffage d'environ 4 kW par m² de surface criblante. Il nous a été

possible d'établir, pour le charbon, des données plus précises à ce sujet. Elles sont reproduites sur le diagramme figure 7.

La puissance de chauffage est fonction principalement de la teneur en eau du produit et de la dimension des mailles. Toutefois, elle dépend également de la nature du produit, de la dimension des grains, de la proportion de fins et de gros, etc.

Par ailleurs, les Américains préconisent des valeurs plus élevées allant jusqu'à 7,5 kW par m². Nous avons adopté, pour nos cribles traitant du charbon, une valeur maximum de la puissance de 3,5 à 4 kW par m² de surface criblante. Cette valeur est plus que suffisante pour les circonstances habituelles de fonctionnement du crible.

La puissance réellement utilisée est réglable au transformateur d'alimentation jusqu'à concurrence de cette valeur limite. Dans l'installation décrite, la puissance maximum n'est jamais utilisée. Il est cependant bon de la prévoir dans les projets pour adapter à tout moment, avec une certaine marge de sécurité, la température des toiles aux besoins du criblage.

d) *Alimentation électrique.*

L'arrivée du courant peut se faire sur les côtés de la toile (alimentation transversale, fig. 12) ou par ses extrémités, dans le sens de la longueur du crible (alimentation longitudinale, fig. 8 à 11 et 13-14). Quand la toile d'un crible est chauffée, ses dilatations thermiques doivent être compensées tout en conservant la tension mécanique du tamis nécessaire à sa bonne conservation. Cette compensation est réalisée par l'adjonction de res-

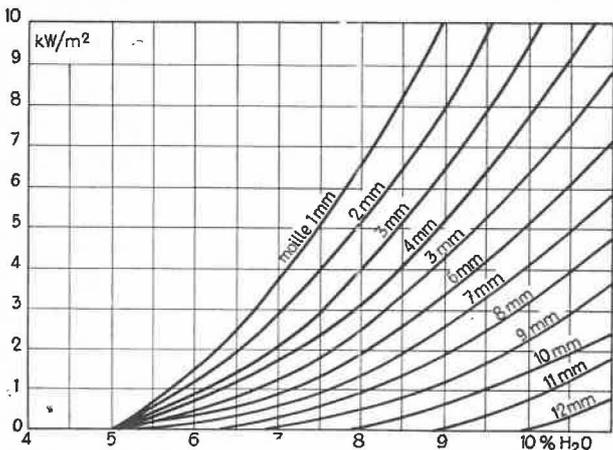


Fig. 7.

1. *Alimentation monophasée*

a) *Alimentation longitudinale*

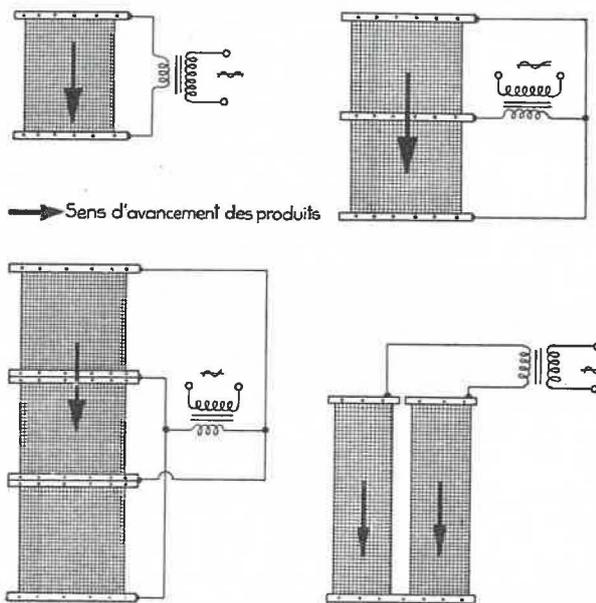


Fig. 8, 9, 10 et 11.

sorts puissants à une des extrémités de la toile. La figure 15 illustre le dispositif adopté par nous.

Les tamis électro-incolmatables sont alimentés en courant alternatif monophasé ou triphasé. L'alimentation triphasée, si elle a l'avantage d'équilibrer les trois phases du réseau, nécessite par contre un appareillage beaucoup plus complexe (e.a. transformateur réglable) et plus coûteux. En général, une alimentation à trois phases ne se justifie pas pour des cribles de dimensions courantes.

Les figures 8 à 12 représentent quelques schémas d'alimentation en tension monophasée, les figures 13 et 14 illustrent le principe de l'utilisation du courant triphasé pour le chauffage des toiles.

b. Alimentation transversale

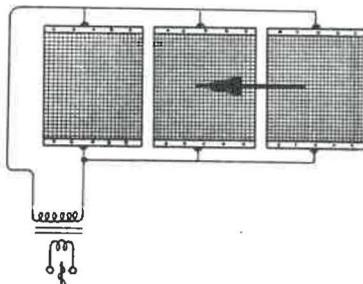


Fig. 12.

Les figures 13 et 14 illustrent également le cas de panneaux successifs qui peuvent être de longueur décroissante dans le sens du cheminement des produits. Chaque panneau ayant la même différence de potentiel à ses extrémités, une même température est maintenue d'un bout à l'autre du crible malgré la diminution de la couche du produit qui contribue au refroidissement de la toile. Disons cependant que la division de la longueur de criblage en différents panneaux complique singulièrement la fixation des toiles. L'ensemble des panneaux est tendu, dans ce cas, à une extrémité du crible seulement par les ressorts dont question

2. Alimentation triphasée

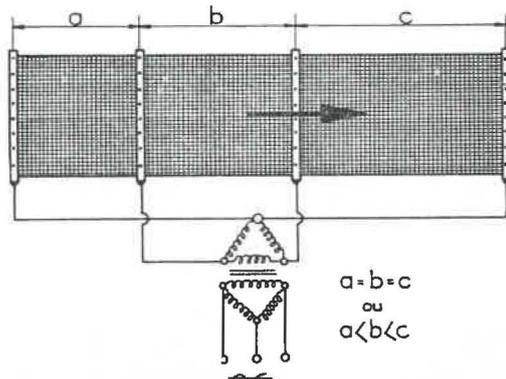


Fig. 15.

plus haut, mais les barres de répartition qui séparent les panneaux entre eux et qui portent les bornes d'arrivée de courant sont montées sur des chariots coulissants isolés.

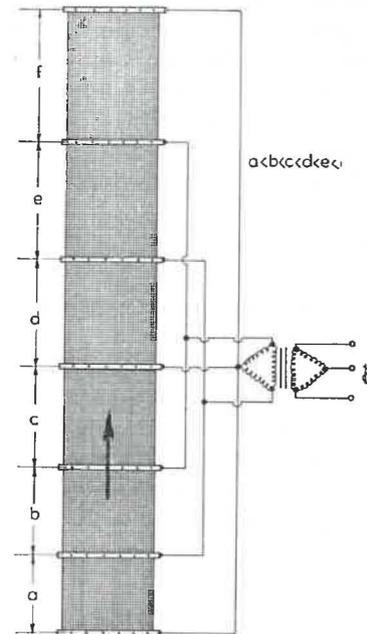


Fig. 14.

La subdivision d'un tamis en plusieurs panneaux ne se justifie que s'il fallait utiliser une tension électrique trop élevée pour alimenter la toile d'un bout à l'autre du crible.

Signalons quelques particularités constructives des tamis électro-chauffés :

— Pour assurer la sécurité du personnel, le voltage à l'alimentation doit rester inférieur à 35 volts (courant alternatif, réglementation belge).

— Toutes les parties sous tension doivent être bien isolées.

— Assurer d'autre part des contacts électriques parfaits et réaliser le circuit d'alimentation électrique par des éléments présentant une résistance ohmique minimum. Les intensités en jeu peuvent atteindre plus d'un millier d'ampères !

— Dans les cribles à plusieurs panneaux, les extrémités adjacentes de deux panneaux doivent être à un même potentiel, sinon une pièce métallique amenée sur les toiles avec le produit à cribler pourrait provoquer un court-circuit et la détérioration des toiles par la chaleur de l'arc.

Dans nos cribles, nous avons adopté l'alimentation électrique représentée à la figure 11.

Les deux toiles sont fixées à côté l'une de l'autre dans le sens longitudinal du crible. Elles sont isolées du châssis et séparées entre elles par une cloison longitudinale, suffisamment haute pour éviter qu'une pièce métallique arrivant avec les charbons ne puisse les mettre en court-circuit. Cette

cloison est visible sur la coupe transversale de l'appareil, figure 15.

L'alimentation électrique est monophasée et les deux bornes d'arrivée de courant sont situées du côté amont du tamis (A et A' sur la fig. 15).

C'est là aussi que se trouve le dispositif de tension mécanique de la toile. Les pièces d'attache sont protégées des chutes de charbon par une bavette de protection en caoutchouc.

A l'autre extrémité du crible (B), une barre de mise en série en laiton réunit les deux toiles. Elle est incorporée dans le dispositif d'attache fixe. Toutes les parties du circuit électrique sont isolées du châssis du crible.

en cuivre de forte section. Comme nous l'avons déjà dit, ils sont réglables et prévus pour une puissance maximum de 3,5 à 4 kW par m² de surface criblante.

Afin d'avoir une gamme de valeurs assez progressive des températures des toiles, les transformateurs sont prévus avec 8 crans de réglage donnant aux bornes de sortie les tensions suivantes : 34 V, 28 V, 24 V, 20 V, 17 V, 12 V et 10 V.

Les trois crans supérieurs n'ont, jusqu'à présent, pas encore dû être utilisés dans cette installation.

Les tamis de ces cribles sont constitués de toiles en fils d'acier inoxydable 18/8 (18 % Cr, 8 % Ni) qui réunissent les trois qualités suivantes :

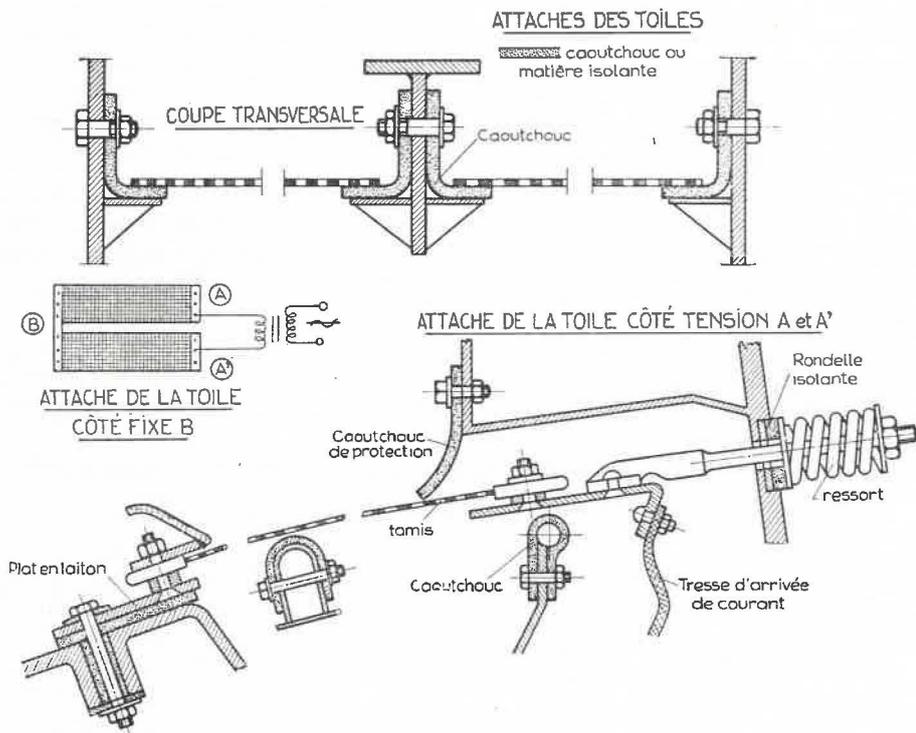


Fig. 15.

Au charbonnage du Limbourg dont il est question ici, quatre cribles Coppée (licence Burstein-Longwy) sont disposés en parallèle pour le criblage à 10 mm, quatre cribles Allis Chalmers pour le criblage à 1 mm. Chacun d'eux possède son transformateur monophasé individuel.

Afin d'équilibrer au mieux le réseau triphasé du charbonnage, les cribles sont répartis sur les trois phases. Seuls deux transformateurs ont dû être montés en surcharge sur une des phases. Le déséquilibre qui en résulte est faible et ne justifiait pas les complications et les frais d'installation d'appareils chauffés en courant triphasé.

Les bornes secondaires du transformateur se trouvent à proximité immédiate de l'alimentation du tamis et réunies à celui-ci par des tresses sou-

dreté, inaltérabilité et haute résistivité électrique ($\rho = 0,8 \Omega/m \times mm^2$ environ). Cette dernière particularité permet de dissiper la puissance électrique avec un ampérage qui n'est pas exagéré.

Dans un projet de crible chauffant, la surface criblante nécessaire est déterminée par l'aptitude au criblage du produit à traiter, indépendamment du colmatage possible.

La puissance du transformateur en découle immédiatement. On réalisera alors la surface par le choix des longueurs et largeurs de toile en appliquant la loi d'Ohm (le diamètre des fils, leur longueur, leur écartement et la résistivité électrique intervenant dans le calcul) et en s'imposant une tension maximum de sécurité pour le personnel.

Conduite des cribles chauffés.

Elle est très simple :

1) Le charbon doit être convenablement réparti à l'arrivée sur le crible, sur toute la largeur de la toile.

Si le produit à cribler n'est pas convenablement étalé, certaines zones du tamis resteront nues et l'énergie dépensée pour leur chauffage sera perdue.

En même temps, la couche de charbon deviendra trop conséquente ailleurs et, à cause du refroidissement local trop important qui en résulte, on sera amené à augmenter la tension au secondaire du transformateur pour pouvoir maintenir le régime de température qui empêchera le colmatage.

2) L'arrivée du charbon doit aussi être continue et régulière dans le temps. Une arrivée intermittente laissera par moment la toile vide, d'où aussi gaspillage de calories. En bref, pour être économique d'exploitation, un tamis chauffé demande une alimentation des produits à cribler régulière dans le temps et bien étalée sur la largeur du crible.

3) La tension du transformateur sera réglée à la valeur minimum compatible avec le non-colmatage de la toile. Cette tension peut devoir être modifiée de temps à autre si la teneur en eau du produit ou son débit vient à varier, mais, si ces paramètres restent constants, l'appareil pourra fonctionner sans surveillance.

de plus en plus grandes. De cette façon, il aurait été intéressant d'illustrer, pour chaque valeur de l'humidité du charbon, l'amélioration du criblage en fonction du chauffage de la toile.

Tous ces essais ont été faits dans un lavoir en exploitation et leur nombre a dû être limité. Il a fallu accepter les charbons tels qu'ils étaient.

Pour les cribles du groupe A, les bruts titraient 3 % d'eau. Aux vibrants B, la teneur en eau du 0/10 s'élevait à 3,4 % (teneur plus élevée que la teneur habituelle).

Pour réaliser l'essai à 4 % d'humidité, il a fallu amener directement sur les toiles le passé des cribles A en by-passant le séchage.

Pour ne pas contrarier la marche normale du lavoir, nous n'avons pas eu le loisir d'attendre un colmatage très poussé des tamis non chauffés.

Les courbes des égarés et de partage ont été tracées pour chacun des essais. Les résultats et les chiffres déduits de ces courbes sont groupés deux par deux (toile chauffée et non chauffée) dans le tableau comparatif II.

L'analyse de ceux-ci fait apparaître, lorsque le chauffage de la toile est supprimé :

1) Un abaissement de la dimension des mailles de partage et de coupure équivalente.

C'est logique : le colmatage des toiles se traduit par une diminution de leur ouverture.

2) Une augmentation des pourcentages d'égarés à la maille de coupure, tant dans le refus que

IV. — ESSAIS DE CRIBLAGE DANS L'INSTALLATION — RESULTATS

Les tamis vibrants ont les caractéristiques reprises au tableau I.

TABLEAU I

Vibrants	Nombre de cribles en parallèle	Ouverture des mailles	Produit à cribler	Surface criblante		Humidité habituelle %		Débits pour les 4 cribles - t/h	
				Par crible	Totale	De l'alimentation	Du passé	Alimentation	Passé
Groupe A	4	10 mm 10 ×	Brut 0/90	4,5	18	3-4 %	4-5 %	300	150
Groupe B	4	1 × 1 mm	Charbon séché 0/10	9	36	3 4 %	4 %	150	60

Différents essais comparatifs ont été faits au lavoir du charbonnage.

Il nous a été possible d'alimenter, en même temps et avec le même charbon, deux cribles du même groupe dont l'un était chauffé et l'autre pas. Nous aurions cependant désiré faire de plus nombreux essais, aussi bien au tamisage à 10 mm qu'au tamisage à 1 mm et avec des teneurs en eau

dans le passé. Ici également, il fallait s'y attendre: certaines mailles sont plus colmatées que d'autres, leur ouverture varie d'un point à l'autre du tamis. On ne peut plus parler d'une ouverture de maille proprement dite, mais d'une « maille moyenne ». Dès lors, certains grains supérieurs à cette maille moyenne traverseraient la toile précisément aux endroits où le colmatage est faible alors que, là

TABLEAU II
TABLEAU COMPARATIF DES ESSAIS

Essai	Crible	Calibre du produit traité	% eau	Chauffage de la toile	Maille mm			Egarés % à la maille de coupure				Rendement %	
					du tamis	de partage m. p.	de coupure équival. m. c.	Refus		Passé		A la maille de coupure	A la maille du tamis
								en % de l'aliment	en % du refus	en % de l'aliment	en % du passé		
1	A	0/90	3 %	Chauffé	10	9,8	8,6	3,2	4,5	3,2	11,4	89	84
1 bis	A	0/90	3 %	Non chauffé	10	8	7,2	3,6	4,7	3,6	15,3	85	77
2	B	0/10	3,4 %	Chauffé	1	0,9	0,88	4	6,5	4	10,1	88	87,5
2 bis	B	0/10	3,4 %	Non chauffé	1	0,84	0,78	5,5	7,9	5,5	18	85	80
3	B	0/10	4 %	Chauffé	1	0,89	0,65	8	11,4	8	26,6	73,5	65
3 bis	B	0/10	4 %	Non chauffé	1	0,74	0,5	10	15,3	10	28,7	72	64

où il est beaucoup plus prononcé, les grains inférieurs à cette dimension ne parviendront pas à passer et se retrouveront dans le refus.

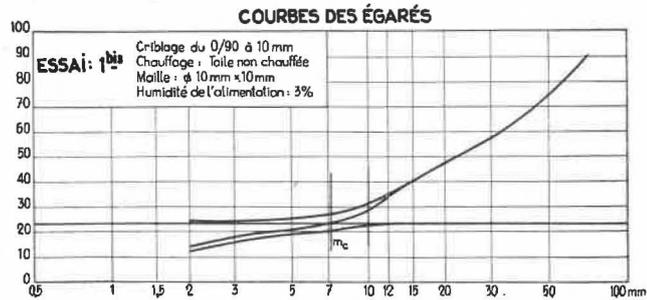
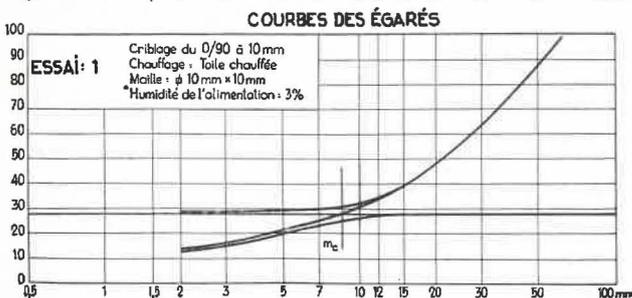
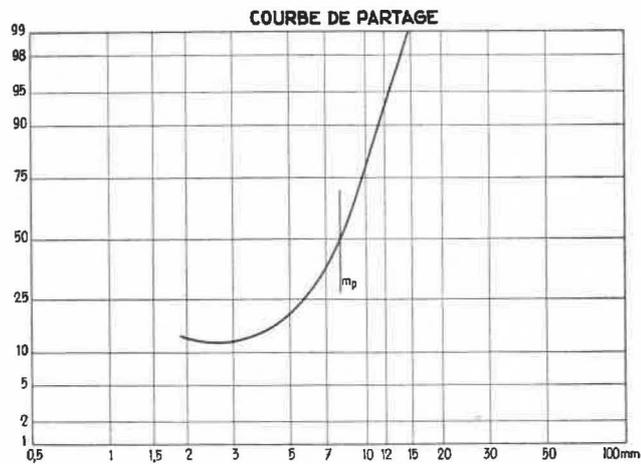
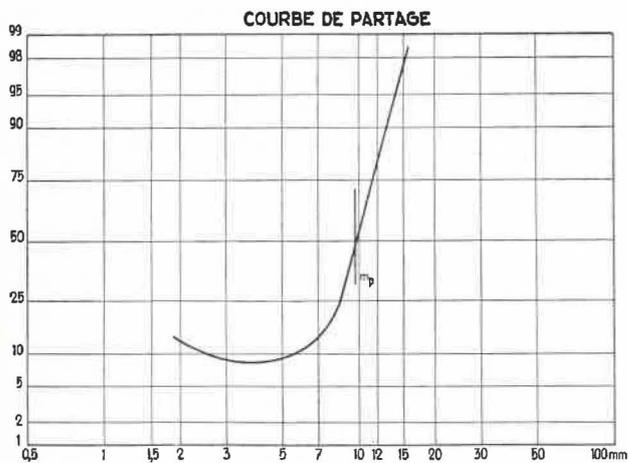
Simultanément, on constate sur les courbes une augmentation de la surface des « triangles d'erreur », indice là aussi d'une coupure moins nette et d'un plus grand nombre d'égarés.

3) Une diminution du rendement à la maille de coupure et à la maille du tamis.

Ce rendement est exprimé par le rapport du poids des particules inférieures et égales à la dimension considérée que l'on retrouve dans le

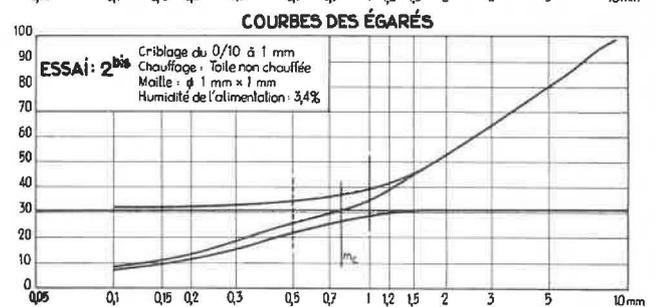
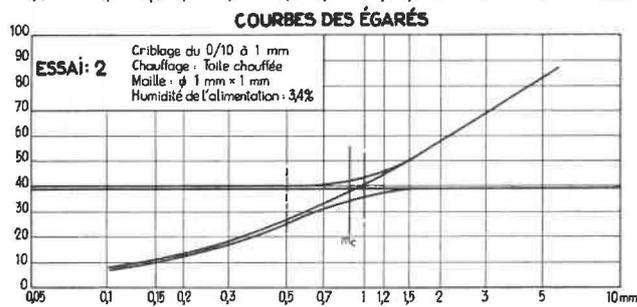
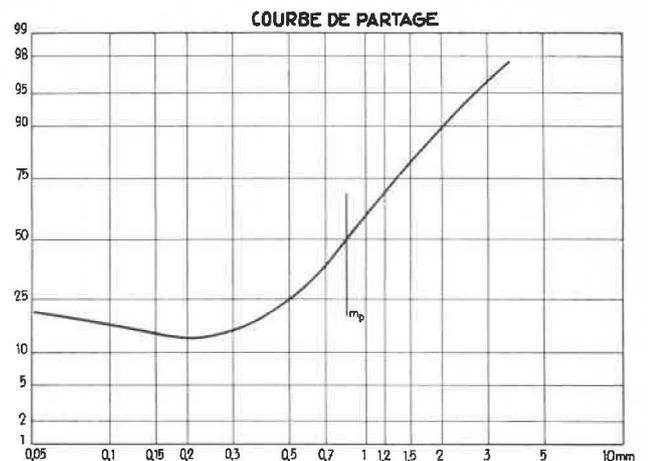
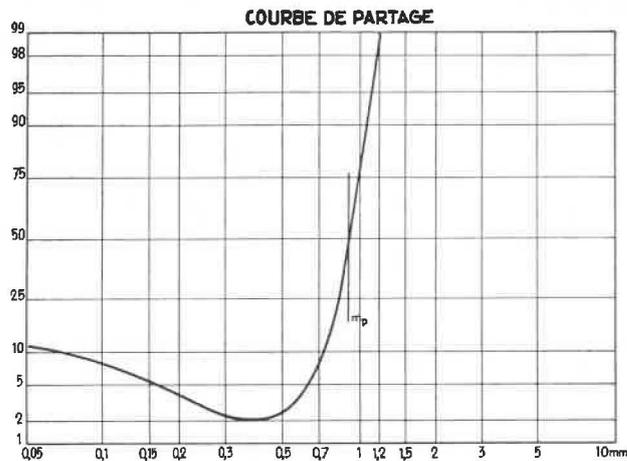
passé au poids de ces mêmes particules dans le produit brut. C'est donc la quantité passée à travers la maille sur la quantité qui aurait dû passer si le criblage avait été parfait.

Il est normal de constater une chute de rendement quand la toile n'est pas chauffée. Le colmatage condamne une partie des mailles qui sont, soit totalement, soit partiellement bouchées, d'où une diminution de la surface utile de criblage. Il est à remarquer cependant que, précisément aux essais 3 et 3 bis, là où, au tamis de 1 mm, la teneur en eau est la plus élevée, le rendement ne diminue



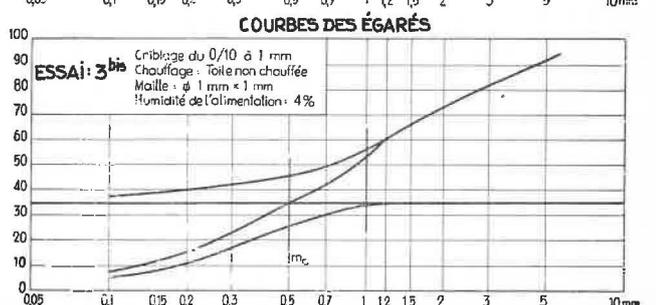
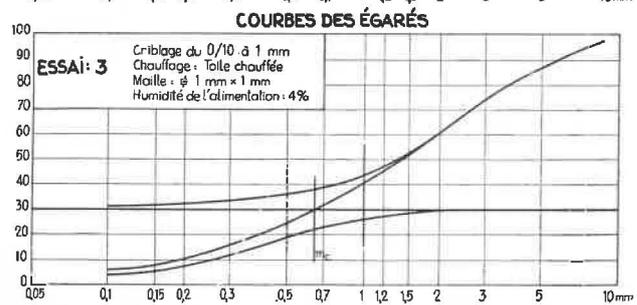
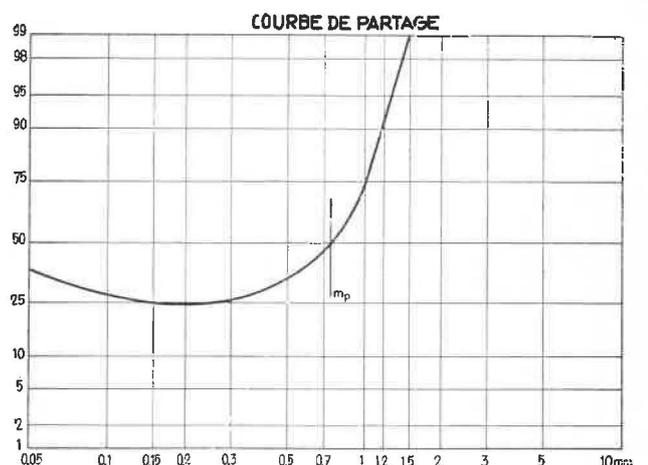
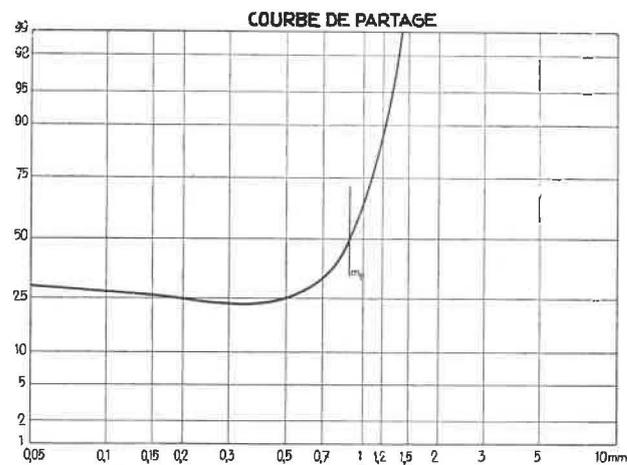
Essai 1.

Essai 1bis.



Essai 2.

Essai 2bis.



Essai 3.

Essai 3bis.

pratiquement pas. Il y a à cela une explication : le débit sur le crible, pendant toute la durée de l'échantillonnage, a été nettement inférieur au débit normal. Dans ce cas, la surface des parties non colmatées de la toile était encore suffisante pour assurer un rendement correct.

En négligeant ce dernier chiffre faussé par une cause fortuite dans l'exploitation du lavoir, on peut dire que le chauffage de la toile :

- relève la dimension de la maille de partage ;
- relève également la maille de coupure équivalente ;
- diminue le pourcentage d'égarés à la maille de coupure ;
- relève la valeur du rendement du criblage à la maille de coupure aussi bien qu'à la maille du tamis.

V. — RESULTATS D'EXPLOITATION

La diminution du pourcentage de déclassés au criblage à 10 mm a comme avantage immédiat

A titre de conclusion, établissons la plus-value du charbon brut à retirer d'une installation de tamis chauffés.

Soit un charbon brut 0/10 à 4 % d'eau environ.

Suivant les courbes 3 et 3 bis, le refus contient 6 % de déclassés 0/0,5 lorsque la toile est chauffée et 10 % environ si elle ne l'est pas.

Quant aux essais 2 et 2 bis (charbon 0/10 à 3,4 % d'eau), ces chiffres seront respectivement 1,5 % et 4 %.

Si les refus étaient lavés à l'eau (cyclones à liqueur dense ou bacs à piston), ces déclassés 0/0,5 se transformeraient en schlamms et, récupérés, se vendraient, supposons-le, comme tels. Comme passés des toiles, ils seraient vendus comme poussier brut.

La plus-value annuelle est calculée au tableau III pour 15 h de travail par jour, à raison de 288 jours ouvrables par an et pour un débit horaire de 100 t à l'alimentation.

**TABLEAU III
PLUS VALUE POUR 100 t/h DE BRUT 0/10**

Essai	% déclassés 0/0,5 dans le refus	Gain % de déclassés dt au chauffage	Gain en tonnes pour 1 heure (100 t de brut)	Plus-value par heure	Plus-value annuelle (15 heures par jour, 288 jours ouvrables)
2	1,5 %				
2 bis	4 %	2,5 %	2,5	257,94 F	1.144.290 F
3	6 %				
3 bis	10 %	4 %	4	412,70 F	1.782.864 F

une diminution corrélative des fins 0/1 qui seraient envoyés dans les auges de lavage des 10/90 et s'y transformeraient en schlamms. Le chauffage des tamis A permet donc de diminuer la pollution de la liqueur dense du lavoir des 10/90 avec les inconvénients qui en découlent : viscosité du bain, imprécision dans le partage densimétrique, séparation coûteuse des schlamms et de la magnétite.

En supposant même ces schlamms récupérés, leur valeur marchande est inférieure à celle du poussier sec.

Au tamis B, on a également comme avantage majeur à espérer d'un bon criblage à 1 mm : moins de déclassés fins dans le 1/10, d'où moins de risques de formation de schlamms.

L'élimination des schlamms indésirables a été le but poursuivi en Campine lors de l'élaboration du projet de criblage sur toiles chauffées. C'est le but qui a été effectivement atteint.

Barème des prix :

- schlamms à 20 % d'eau : 338 F/t
- poussier brut à 3 % d'eau : 513 F/t

Si une tonne de poussier supposé à 3 % d'eau se transforme en schlamms à 20 % d'eau, ce dernier se vendra à : $338 \times \frac{0,97}{0,80} = 409,825$ F d'où

la dévalorisation à la tonne : $513 - 409,825 = 103,175$ F.

La plus-value annuelle totale, pour les deux cas envisagés, se chiffrerait par 1.114.290 F pour le charbon à 3,4 % d'eau et 1.782.864 F pour celui qui titre 4 % d'eau.

Ces chiffres sont éloquents et démontrent l'avantage qu'il y a de chauffer les toiles des tamis lorsque l'humidité atteint une certaine valeur.

DISCUSSION.

M. LEDRU. — Avez-vous tenu compte de la consommation d'énergie électrique dans le calcul des profits de l'emploi des tamis ?

M. MASSAUT. — On peut dire qu'en principe les frais de consommation en énergie électrique nécessaire au chauffage des toiles auraient de toute façon été occasionnés d'une autre manière si on avait voulu récupérer les schlamms. C'est pourquoi je n'ai envisagé ici que la plus-value du produit lui-même sans faire intervenir les frais d'exploitation.

M. POZZETTO. — Je ne suis pas persuadé que la dépense d'énergie ne soit pas supérieure dans le cas des tamis chauffés.

M. MASSAUT. — Ce n'est pas sûr, c'est pour cela que je ne l'ai pas fait intervenir. Je ne savais pas évaluer le chiffre exact à introduire dans les calculs.

M. BECKERS. — Le charbon 0-10 est criblé à 1 mm après séchage à 3-4 % d'humidité. Serait-il possible de dépoussiérer pneumatiquement le charbon 0-10 et pourquoi avez-vous choisi le criblage et pas le dépoussiérage pneumatique ?

M. MASSAUT. — Le criblage a été choisi parce que le charbonnage sépare ainsi le 0-1 qui est envoyé directement à la centrale. Le criblage subséquent en 1-2, 2-8 et 8-10 mm classe le brut en trois catégories envoyées dans des bacs de lavage à eau. Le dépoussiérage n'a lieu que pour le 1-8 mm.

M. BECKERS. — Vous n'avez pas compris ma question. Il serait possible de dépoussiérer pneumatiquement le charbon 0-8 mm au lieu de cribler à 1 mm. Pourquoi avoir choisi le criblage et non le dépoussiérage pneumatique ?

M. MASSAUT. — Après avoir étudié le problème, le charbonnage a résolu de cribler à 1 mm. A mon avis d'ailleurs, le rendement d'un dépoussiéreur pneumatique est moins bon que celui d'un crible, la coupure est beaucoup moins nette.

M. LUSCHER. — Vous avez parlé de 4 % d'eau dans le 0-10. Je pense que, avec ce pourcentage, un crible ordinaire nerveux pourrait encore donner des résultats convenables. A 10 mm, 4 % n'est pas une teneur exagérée.

M. MASSAUT. — La différence n'était d'ailleurs pas énorme. On constate une différence dans les résultats pour 4 % d'eau dans l'alimentation 0-90 mm.

M. LUSCHER. — Nous criblons couramment ces produits à 5-6 % d'humidité.

M. MASSAUT. — En tout cas, les essais faits à ce charbonnage donnaient une diminution de rendement.

M. LUSCHER. — Vous n'avez pas précisé le type de crible, sa fréquence de vibrations, sa course et sa pente.

M. MASSAUT. — Pour le criblage à 10 mm, les vibrants sont du type à balourds, à course libre, 1 600 tours par minute, course 3 mm et pente de 26° environ. Quant au criblage à 1 mm, ici également il s'agit de vibrants à balourds, à course libre, 950 tours par minute, course 8 mm et pente 26° environ.

M. POZZETTO. — Il semble que l'on se soit un petit peu trop hypnotisé sur les difficultés que peuvent amener dans les circuits de liqueur dense des déclassés qui résulteraient d'un criblage à 10 mm sur un crible non chauffé. Un petit pourcentage de déclassés, pourvu qu'ils ne soient pas extra-fins, n'est pas gênant dans les circuits de liquide dense. Avec une humidité de 4 à 5 % dans le charbon, le criblage à 10 mm se fait assez bien et ce ne sont en général pas des extra-fins qui restent dans l'oversize.

M. MASSAUT. — Lors des essais, j'ai eu 4 % d'humidité, je ne sais pas si habituellement le pourcentage d'eau reste constant.

M. POZZETTO. — Pour pouvoir comparer aux vôtres les cribles que nous avons en France, voudriez-vous me redire le débit spécifique de vos cribles à 1 mm, c'est-à-dire le tonnage qu'on peut passer par m² et par heure ?

M. MASSAUT. — A 1 mm, j'ai comme surface criblante 9 m² par crible, 36 m² au total pour un débit à l'alimentation de 150 t/h, ce qui donne à peu près 37 t/h par crible de 9 m², soit environ 4 t/h par m².

M. VEILLET. — Il serait intéressant de connaître des résultats de fonctionnement, si vous en avez, pour des humidités beaucoup plus fortes.

M. MASSAUT. — Je ne possède pas ces chiffres, j'ai dû faire les essais pendant une période déterminée et avec le charbon qui se présentait à ce moment-là.

M. VEILLET. — Vous avez dit au début que l'on pourrait cribler à sec sans chauffer jusqu'à 6 % d'eau, pourtant l'humidité au cours de l'essai se trouve en dessous de cette limite.

M. MASSAUT. — Oui, l'essai a été fait à 3,4 et 4 % d'eau. Le rendement est encore bon, mais il baisse assez nettement.

M. MEILLEUR. — Il me paraît qu'il y a dans l'exposé de M. Massaut une contradiction avec ce qu'a dit tout à l'heure M. Burton. Ce dernier a fixé à 4 % la limite supérieure de la teneur en humidité superficielle des charbons qui peuvent être traités sur cribles ordinaires. Or, M. Massaut nous parle d'un crible chauffé qui traite, si j'ai bien compris, un produit à 4 % d'humidité totale, ce qui reste dans les possibilités des cribles ordinaires.

M. MASSAUT. — Les humidités que j'ai considérées sont des humidités superficielles détermi-

nées en laboratoire par chauffage à l'air en dessous de 100° C.

M. WILLEM. — Les 4 ou 5 % d'eau que l'on trouve dans le charbon venant du fond ne sont pas nécessairement des pourcentages fort réguliers au cours d'une journée. A certains moments, on peut trouver 6,7 ou 8 % d'eau et alors le rendement des cribles à mailles de 10 mm est nettement plus bas. Dans certains cas, avec 7-8 % d'eau, vous pouvez voir flotter du 0 10 au travers des cellules de lavage à liquide dense traitant les classés. Le crible chauffant à 10 mm est une solution bienfaisante qui permet aux installations de surface de suivre les variations du fond là où l'humidité ne peut se situer avec garantie au dessous de 6 %.

M. POZZETTO. — Il paraît, dans ce cas, assez coûteux de se protéger contre ces difficultés par un chauffage à raison de 2,5 ou même 3 à 3,5 kW/m². Or M. Massaut a bien fait ressortir par son bilan que finalement la chose intéressante est le résultat financier.

M. DENOEL. — On reproche habituellement aux cribles chauffants par résistance une variation rapide de la résistance en fonction de l'usure. Est-ce que ce facteur vous a obligé à des remplacements plus fréquents de toiles que sur un crible normal ?

M. MASSAUT. — On est obligé de régler la tension pour conserver un chauffage constant. Il est difficile de dire si c'est dû à une variation de la teneur en humidité des produits ou à une usure de la toile. Le chauffage de la toile est réglé pour la garder sèche sous la couche de produits.

M. HANOT. — Si j'ai bien compris, l'installation en question pour le 0-10 mm suit un séchage calorifique. On se demande s'il est économique d'avoir un séchage calorifique, puis un crible chauffé. Peut être ici, le séchage calorifique était-il insuffisant et alors installer des cribles chauffés était un moyen de fortune. Dans une installation nouvelle viendrait-il à l'idée de placer un séchage thermique qui peut parfaitement aller beaucoup plus loin dans la siccité et puis un crible chauffant ?

M. MASSAUT. — Le charbonnage a installé ce-

la surtout pour se réserver des possibilités d'adaptations futures. On avait envisagé de ne pas chauffer les cribles, mais de pousser le séchage plus haut, jusque 2 % d'humidité. Il ne faut pas oublier que le charbon est épuré en partie sur tables pneumatiques, donc il doit être suffisamment sec. Seulement, ce séchage jusqu'à 2 % d'eau aurait mis en suspension beaucoup trop de fines poussières.

M. HANOT. — La question est de savoir s'il est plus économique de sécher jusque 2 % plutôt que de mettre après coup un crible chauffant. Un sécheur peut aller jusque 2 % sans grand inconvénient.

M. MASSAUT. — Il est facile d'y arriver; le gros inconvénient aurait été la mise en suspension dans toute l'atmosphère du lavoir de beaucoup trop de poussières. C'est ce qui a fait limiter par le charbonnage le séchage à 3-4 %. De plus, les buées qui s'échappaient du charbon à la sortie des sécheurs provoqueraient des condensations sur les fils de la toile et des colmatages des cribles. Ce sont ces trois raisons : éviter les poussières, éviter la condensation des buées sur les fils et se réserver des possibilités d'avenir qui ont déterminé le charbonnage à combiner le criblage sur toiles chauffées avec le séchage du produit.

M. HANOT. — Je ne suis pas convaincu, car il y a d'autres moyens d'empêcher que les poussières se répandent dans l'atmosphère du lavoir. D'ailleurs, quel que soit le mode de séchage, le charbon fin très sec sera toujours poussiéreux, pour éviter la pollution des locaux, c'est sur la manutention qu'il faut travailler.

Une autre raison m'a été suggérée par un participant à ces journées qui aurait envisagé l'installation de cribles chauffants après un sécheur calorifique, dans le but d'éviter la condensation des buées qui accompagnent le produit à sa sortie du sécheur et ont tendance, au contact de l'air froid, à recréer une certaine humidification nuisible à la préparation sur tables à sec.

Cette solution ne paraît pas non plus très judicieuse car il existe des moyens moins onéreux de se débarrasser des buées à la sortie des sécheurs.