

Colloque sur l'Agglomération des Fines de Charbon

organisé par le Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France

Paris, 16 et 17 novembre 1959

Compte rendu par INICHAR

VOORWOORD

Het colloquium over de agglomeratie van fijnkolen bracht ongeveer 150 deelnemers samen. Het nagestreefde doel was een uitwisseling van gedachten mogelijk te maken tussen de mensen van de research en van de praktijk in Frankrijk. Niettegenstaande het nationaal karakter, werden uitnodigingen gericht aan de naburige landen en telde men aanzienlijke afvaardigingen van West-Duitsland, België, Groot-Brittannië en Nederland onder de aanwezigen.

Tijdens de drie zittingen werden zestien mededelingen voorgebracht. De eerste zitting werd besteed aan de studie van het mechanisme van de agglomeratie en van gebruikskarakteristieken van de agglomeraten. De tweede zitting was gewijd aan de klassieke agglomeratietechniek met teer of bitumen. Op de laatste zitting werden ten slotte de nieuwe methoden besproken die ontwikkeld of beproefd worden.

De volledige tekst dezer mededelingen zal verschijnen in de « Revue de l'Industrie Minérale ». Het huidig verslag beperkt zich tot een bondige commentaar van de behandelde onderwerpen en tot een overzicht van de gedachtenwisselingen, waartoe zij aanleiding gaven.

AVANT-PROPOS

Le Colloque sur l'Agglomération des Fines de Charbon a groupé environ 150 participants. Son objectif était de permettre un échange de vues entre praticiens et chercheurs de France. En dépit de son caractère national, des invitations avaient été adressées aux pays voisins et l'assistance comportait d'importantes délégations d'Allemagne Occidentale, de Belgique, de Grande-Bretagne et des Pays-Bas.

Seize communications ont été présentées, au cours de trois séances de travail. La première de ces séances a été consacrée à l'étude du mécanisme de l'agglomération et des caractéristiques d'usage des agglomérés. La seconde à la technique classique d'agglomération au brai ou au bitume. La dernière aux techniques nouvelles en cours d'expérimentation ou de développement.

Le texte complet des communications sera publié dans la Revue de l'Industrie Minérale ; le présent compte rendu se limite à un bref commentaire des sujets traités et à un aperçu des échanges de vues auxquels ils ont donné lieu.

I. — MECANISME DE L'AGGLOMERATION ET CARACTERISTIQUES D'USAGE DES AGGLOMERES

L'exposé de M^{lle} MACKOWSKY, consacré à l'étude sur l'agglomération, réalisée au moyen du microscope, fait apparaître les possibilités et les limitations de cette méthode d'investigation. La technique d'enrobage des échantillons dans une résine synthétique, mise au point tout récemment par Friehmelt, permet une distinction nette du charbon et du brai, même lorsque celui-ci est à l'état de dispersion fine. Cette technique a été appliquée au contrôle des pâtes et des agglomérés provenant d'une

installation ancienne avec four thermique, d'une installation classique utilisant un malaxeur et d'une installation à fonctionnement discontinu, dans laquelle le brai préchauffé à 170° C était distribué par pulvérisation dans un mélangeur turbulent.

L'observation au microscope permet de dissocier les pâtes en quatre constituants principaux :

- le charbon libre ;
- le brai libre ;
- le mortier (mélange de charbon très fin et de brai) ;
- le béton (grosses particules enrobées de mortier).

Dans les sections d'agglomérés, on distingue :

- le charbon en grains (gros ou moyens) ;
- les masses coussins (mortier) ;
- les pores (vides intercalaires).

L'étude de la répartition de ces différents constituants met en évidence la disparition du brai libre, au cours du malaxage ; pour autant que la pâte soit chauffée à température suffisante, cette disparition est rapide et complète dans les trois types d'installations.

Le pourcentage de pores observés dans les boulets paraît lié à la granulométrie du charbon, bien plus qu'au procédé de malaxage. Au surplus, l'étude statistique des résultats obtenus montre une complète absence de corrélation entre la porosité et la résistance des boulets. Diverses tentatives faites pour relier la résistance mécanique à la largeur des zones coussins et à la proportion des grains fissurés ont également échoué.

L'un des principaux facteurs affectant la résistance des agglomérés paraît être la nature des interactions qui peuvent se produire aux surfaces de contact entre brai et charbon. C'est en tout cas la

conclusion qui se dégage des essais réalisés sur un lot de 100 boulets provenant d'une même fabrication, dont on a déterminé la résistance et dont les débris prélevés au voisinage des surfaces de rupture ont été analysés. Les résultats de cette expérience sont reportés à la figure 1.

Alors qu'on n'observe aucune différence significative entre les compositions granulométriques et pétrographiques des grains de charbon recueillis après traitement des débris par du sulfure de carbone, le pourcentage de matière soluble dans le sulfure de carbone décroît de façon systématique avec l'augmentation de résistance des agglomérés et on note une diminution simultanée de la surface interne du charbon, déterminée par la méthode d'adsorption.

Ceci démontrerait que la résistance de l'aggloméré peut être provoquée jusqu'à un certain point, par une réaction chimique ou physico-chimique entre le charbon et le brai, qu'il s'agisse d'une dissolution du brai sur la surface du charbon ou d'une pénétration dans le volume des pores.

Une autre remarque, faite au cours des débats, tend à confirmer cette théorie : elle se rapporte au comportement des charbons flambants particulièrement difficiles à agglomérer par la lessive sulfiteuse et qui donnent des boulets très résistants, lorsqu'on les agglomère au brai. Ces résultats, apparemment contradictoires, s'expliquent si l'on admet que la grande porosité de ces charbons constitue un facteur favorable lors de l'agglomération au brai, qui comporte un refroidissement progressif de la pâte facilitant la pénétration du liant dans les pores, et que l'inverse se produit lors de l'agglomération à la lessive sulfiteuse, qui est précédée d'un malaxage à froid et suivie d'un traitement thermique de séchage.

Ces actions de surface se déroulent malheureusement à trop petite échelle pour qu'elles puissent être mises en évidence au microscope. Par contre, l'examen microscopique peut aider à déceler des déficiences de fabrication et notamment des défauts de dosage ou de malaxage, entraînant des irrégularités dans la répartition du liant ; il constitue également un moyen d'investigation précieux pour l'étude des modifications de structure que subissent les agglomérés, lorsqu'on les soumet à des traitements thermiques de carbonisation ou de défumage.

C'est sur la méthode de calcul statistique qu'est basée l'étude de la dispersion des caractéristiques mécaniques des agglomérés présentée par MM. LOISON et LUSINCHI.

Au cours d'une vaste campagne de contrôle de fabrication organisée par le Cerchar dans plusieurs usines d'agglomération, deux types d'échantillons ont été constitués :

1) des échantillons « instantanés » de 100 à 200 boulets, prélevés à la sortie de la presse en l'espace

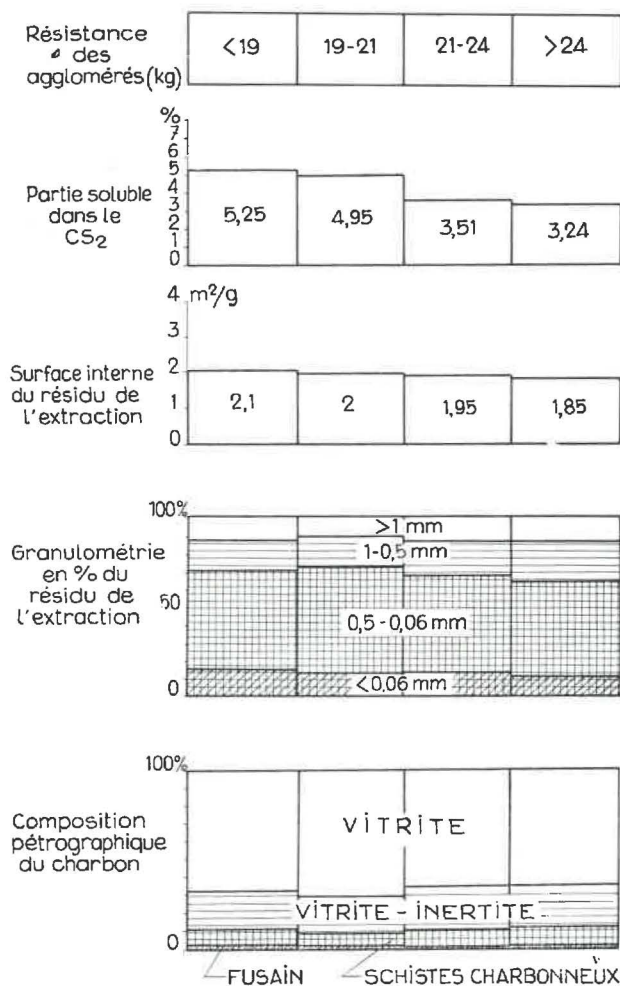


Fig. 1. — Variation des caractéristiques de 100 agglomérés en fonction de leur résistance.

de quelques secondes, en ayant soin de recueillir les agglomérés aussi uniformément que possible sur toute la largeur de la frette ;

2) des échantillons « globaux » constitués par la juxtaposition d'échantillons instantanés, régulièrement échelonnés dans le temps, prélevés pendant plusieurs postes, à raison de 3 à 10 échantillons par poste.

Si l'on désigne par n le nombre de boulets d'un échantillon instantané et par p le nombre d'échantillons, il est possible de définir quatre variances.

La variance globale :

$$V = \frac{\sum (R - R_m)^2}{n_p - 1}$$

($R - R_m$ représentant l'écart entre la résistance obtenue sur un boulet quelconque et la valeur moyenne globale calculée à partir des n_p boulets).

La variance d'un prélèvement instantané :

$$v_i = \frac{\sum (R - R_p)^2}{n - 1}$$

($R - R_p$ représentant l'écart entre la résistance d'un boulet et la moyenne calculée à partir des n boulets de l'échantillon instantané).

La variance instantanée de l'ensemble des prélèvements (moyenne des variances des prélèvements instantanés), soit :

$$V_i = \frac{\sum v_i}{p}$$

La variance des résistances moyennes instantanées :

$$V_t = \frac{\sum (R_p - R_m)^2}{p - 1}$$

($R_p - R_m$ désignant l'écart entre la résistance moyenne d'un quelconque prélèvement instantané et la résistance moyenne globale).

Cette dernière variance peut être considérée, en première approximation, comme une mesure de la dispersion dans le temps.

Le tableau I groupe les principaux résultats obtenus.

Il est curieux de constater que la dispersion instantanée est presque toujours du même ordre de grandeur que la dispersion dans le temps et qu'en dépit du soin apporté au contrôle des opérations, dans des installations expérimentales telles que celles de Verneuil et de Meurchin, la dispersion instantanée y conserve encore une valeur importante et comparable à celle des usines ayant les meilleures conditions de marche.

TABLEAU I.
Dispersion observée dans différentes usines.

Usine	Presse	Nombre de boulets par prélèvement n	Nombre de prélèvements p	Durée du contrôle jours	Résistance moyenne globale R_m	Variances			Ecart-types relatifs		
						globale e^2	instantanée e_i^2	des résistances moyennes instantanées e_t^2	global $100 \frac{e}{R_m}$	instantané $100 \frac{e_i}{R_m}$	des résistances moyennes instantanées $100 \frac{e_t}{R_m}$
1	1	150	15	3	90	450	212	278	23,6	16,1	18,5
	2	150	13	3	85	600	224	263	28,8	17,6	19,1
	3	150	12	1	92	441	255	184	22,8	17,3	14,7
2	1	185	13	7	89	129	85	57	12,7	10,3	8,9
	2	193	13	7	87	168	73	89	14,9	9,8	10,8
3	1	50	60	8	138	959	510	500	22,4	16,3	16,2
	2	50	40	5	166	836	723	301	17,4	16,2	12,7
	3	50	34	5	118	803	314	488	24,0	15,0	18,7
4	1	97	44	10	103	1.230	108	805	34,0	19,6	27,5
	2	100	22	3	103	400	231	207	19,4	14,8	14,0
5	1	200	19	2	113	361	192	157	16,8	12,2	11,1
	2	200	23	4	134	472	191	274	16,2	10,3	12,3
Meurchin		100	34	5	114	321	220	109	15,7	13,0	9,1
Verneuil		200	77	5	83	102	67	34	12,2	9,8	7,0

Une étude systématique a été entreprise en vue de préciser les causes des deux types de dispersion.

La *dispersion instantanée* trouve son origine dans trois phénomènes d'inégale importance :

- l'inégale répartition du liant à l'intérieur de chaque boulet ;
- les fluctuations de la teneur en brai des boulets ;
- l'irrégularité de la distribution entre les alvéoles.

Le premier phénomène joue certainement le rôle principal et il semble partiellement irréductible, si l'on conserve les techniques classiques d'agglomération. On peut toutefois espérer le réduire en cherchant un moyen de réaliser un mélange très intime du charbon et du liant ; dans cet ordre d'idées, l'application de la technique au bitume liquide additionné par pulvérisation après échauffement vers 200°, constituerait un progrès.

Les fluctuations de la teneur en brai des boulets sont relativement faibles, les procédés actuels de malaxage étant d'une efficacité satisfaisante à l'échelle du boulet sinon à l'échelle du gramme.

Le troisième phénomène semble jouer un rôle d'importance variable suivant les usines ; il est vraisemblable que celles où la dispersion instantanée est importante le doivent à une distribution irrégulière ; on peut, dans ces usines, espérer une amélioration sensible en agissant sur ce facteur.

La *dispersion dans le temps* est la résultante d'un grand nombre de causes entre lesquelles il est difficile d'établir une hiérarchie ; il est d'ailleurs probable que leur importance relative varie notablement d'une usine à l'autre. On y trouve encore l'irrégularité de la distribution, mais il s'y ajoute les fluctuations de dosage du brai, de durée de séjour dans le malaxeur et dans le distributeur, de l'humidité et de la granulométrie de la pâte, des caractéristiques du brai. Il est possible de réduire toutes ces fluctuations par un contrôle permanent des conditions de marche, ou mieux par différents dispositifs de régulation permettant de maintenir constants chacun de ces paramètres.

Les essais réalisés par le centre de recherches du Steinkohlenbergbauverein (Essen) confirment l'importance de la dispersion des résistances d'une série de boulets de même provenance. L'écart type global, qui atteint couramment 25 % lorsque la fabrication est peu suivie, ne descend que très exceptionnellement en dessous de 10 %, même dans des fabrication contrôlées avec soin.

On s'est demandé si une partie de la dispersion observée ne provenait pas de l'appareil de mesure lui-même ou plus exactement des conditions de contact entre les boulets et les plateaux de la presse.

Deux séries de mesures ont été réalisées, l'une avec des plateaux dont la surface était limitée à 1 cm², l'autre avec des plateaux garnis de caoutchouc souple. Ces dispositions ont modifié consi-

dérablement les résistances moyennes obtenues qui sont passées de 40 kg (dans le cas d'un contact ponctuel) à 80 kg (dans le cas du contact par l'intermédiaire de caoutchouc) mais l'écart-type relatif est resté pratiquement inchangé, ce qui démontre bien qu'il trouve son origine dans l'hétérogénéité intrinsèque des boulets.

L'exposé de Mr POZZETTO, consacré à *l'influence de la fragilité du charbon dans la fabrication des agglomérés*, résume une importante recherche réalisée à l'usine de Blanzy et qui a conduit à une amélioration spectaculaire de la cohésion des briquettes.

La fragilité varie dans une large mesure d'un charbon à l'autre et c'est un facteur sur lequel l'exploitant se trouve sans moyen d'action.

Il est cependant possible de remédier à la trop grande fragilité des grains en adoptant une granulométrie d'autant plus fine que le charbon est plus friable. La réduction des résistances des boulets constitués de charbons fragiles provient, en effet, dans une large mesure des cassures qui se produisent à travers les grains au cours de l'opération de briquetage. Celles-ci, n'étant pas enduites de liant, constituent autant d'amorces de rupture.

Un broyage plus fin a pour conséquence de diminuer le nombre de gros grains susceptibles d'être rompus ; de plus, il contribue à développer le volume de mortier intercalaire jouant le rôle de masses coussins relativement déformables. Ces faits ont été mis en évidence par une série d'analyses granulométriques réalisées avant et après briquetage, sur des pâtes et sur des agglomérés exempts de liant.

Sur le plan pratique, il a suffi, à Blanzy, d'installer un broyeur Carr et d'y passer les lavés à 0 - 8 mm destinés à la fabrication des briquettes et de les réduire ainsi à une granulométrie en dessous de 3 ou 4 mm, pour que la moyenne mensuelle de la cohésion des briquettes produites monte de 50 à près de 70 %, ce succès ayant pour seule contrepartie une légère augmentation de la consommation de liant.

La granulométrie du charbon doit également tenir compte du volume des agglomérés mis en fabrication ; pour les boulets ovoïdes de 20 g réalisés à partir de charbons relativement fragiles, il serait souhaitable de limiter la dimension maximum des grains au voisinage de 2 mm.

Il ne semble pas exister de limite à la finesse des produits qu'il est possible d'agglomérer ; certaines usines françaises introduisent dans leurs pâtes plus de 60 % de schlamms de flottation et des agglomérés ont été produits au Cerchar avec 100 % de schlamms flottés et des taux de brai inférieurs à 7 %.

La communication rédigée par M. DAHME, qui comportait une *étude comparative des mesures de la résistance des agglomérés au tambour et au levier*,

a donné lieu à un intéressant échange de vues au sujet des méthodes de contrôle des propriétés mécaniques des agglomérés. Deux procédés sont universellement utilisés pour le contrôle des agglomérés : la mesure de la résistance à l'éclatement d'agglomérés isolés, placés entre deux faces planes parallèles, et la mesure du pourcentage de refus obtenu en tamisant une charge d'agglomérés après qu'elle ait subi un traitement de choc dans un tambour normalisé.

Deux tambours sont couramment utilisés en France : le tambour Micum et le tambour Marine ; tous deux ont un diamètre et une longueur d'un mètre, ils ne diffèrent que par le nombre de tôles de relevage qui est de 3 dans le type Marine et de 4 dans le type Micum.

Les charges traitées sont de 50 kg et l'appareil effectue 50 rotations à la vitesse de 25 tr/min.

Le résultat de l'essai est apprécié par tamisage : l'indice de cohésion est le pourcentage de refus, sur un tamis généralement constitué par des barres de 10 mm espacées de 15 mm.

Le tambour normalisé allemand a 1 m de longueur, 90 cm de diamètre et trois tôles de relevage de 100 mm de largeur. La charge, la vitesse de rotation et le nombre de tours sont les mêmes que pour les essais réalisés en France. Le tamisage s'effectue sur une tôle à perforations carrées de 30×30 mm ou de 20×20 mm suivant que le poids des agglomérés est supérieur ou inférieur à 50 g.

La méthode du tambour a pour principal inconvénient d'exiger un échantillon important, aussi s'est-on attaché, en Allemagne comme en France, à réaliser des tambours de plus petite capacité.

La première partie de l'étude de M. Dahme est consacrée à ce problème ; elle montre qu'un tambour de 18,5 cm de longueur et de 90 cm de diamètre peut fournir des résultats très voisins de ceux que l'on obtient avec le tambour normalisé allemand, pour autant que l'on maintienne constants la hauteur de chute (identité du diamètre des deux appareils), la vitesse de rotation, le nombre de révolutions et le degré de remplissage (poids de boulets par unité de volume du tambour).

En fait, le tambour de longueur réduite donne des résultats un peu plus faibles lorsque la cohésion des boulets est inférieure à 50 ou 60 % et un peu plus élevés au-delà de 60 %. Mais l'écart entre les deux valeurs n'excède pas 4 ou 5 points.

Ces résultats peuvent être mis en parallèle avec ceux qui ont été obtenus en France en utilisant un tambour Micum dont la longueur est réduite à 10 cm et dans lequel on expérimente une charge de 5 kg.

La seconde partie de l'étude de M. Dahme traite de la mesure de la résistance à l'écrasement et de la relation entre cette résistance et celle que l'on peut déduire de l'essai au tambour.

Si l'on ne considère que des boulets de même forme et de même poids moyen, il existe une très bonne corrélation entre les résistances mesurées à la presse et les cohésions au tambour (coefficient de corrélation statistique : $r = 0,92$). Cependant, cette corrélation ne joue plus lorsqu'on expérimente des agglomérés de poids différents. En effet, si la résistance à l'écrasement s'accroît proportionnellement à la dimension linéaire des boulets (ou encore proportionnellement à la racine cubique de leur poids), la cohésion, au contraire, diminue avec l'augmentation de poids, les énergies cinétiques mises en jeu au cours de la chute augmentant plus rapidement que la résistance du boulet. L'amélioration des moyens de détermination de la résistance à l'écrasement (notamment par la mise au point de la presse automatique du Cerchar) ne doit pas faire perdre de vue que les résultats obtenus ne peuvent être comparés entre eux que pour des boulets de même forme et de même poids. La détermination de la cohésion au tambour reste l'essai de référence indispensable, si l'on veut comparer des agglomérés différents, dans des conditions expérimentales ayant un rapport direct avec les sollicitations qu'ils auront à subir au cours des manipulations de chargement, de déchargement et de mise en stock.

Il faut encore souligner qu'en raison de la dispersion des résistances individuelles des boulets, il est toujours indispensable de prélever des échantillons suffisamment nombreux lorsque l'on désire caractériser une fabrication. En pratique, toute détermination faite sur un lot ne comportant pas un minimum de 60 à 70 boulets, doit être considérée comme peu concluante.

L'étude expérimentale de la combustion des boulets, présentée par M. CHAUVIN, a attiré l'attention sur le rôle très important que jouent les cendres lors de la combustion.

L'expérience réalisée dans une petite chaudière de chauffage central a montré que, dans les mêmes conditions de réglage, des boulets à teneur en cendres de 10 à 12 % se comportent sensiblement mieux que des boulets à 4 % de cendres ; ils permettent d'obtenir une puissance calorifique moyenne plus élevée, une régularité de chauffage plus grande et de plus faibles taux d'imbrûlés solides.

Les mêmes constatations peuvent être faites dans des poêles domestiques à combustion à travers la masse, lorsque ceux-ci fonctionnent à allure réduite. En particulier, l'allure limite de marche au ralenti est nettement plus basse avec les boulets cendreux ou, si l'on préfère, la température critique d'extinction des boulets cendreux est inférieure à celle des boulets peu cendreux.

Une étude de laboratoire a été entreprise en vue de préciser l'origine de cette action bénéfique des

condres ; elle a abouti aux conclusions suivantes :

— aux températures élevées, la couche de cendres enveloppant le noyau de carbone joue le rôle de calorifuge et s'oppose à toute variation importante de la température du front de combustion, en dépit des échanges de chaleur qui se produisent entre le boulet et le milieu ambiant ;

— aux températures moyennes, les inclusions de cendres dans les grains de charbons peuvent jouer le rôle de mèches et faciliter la diffusion de l'oxygène à l'intérieur du combustible.

Cette action favorable des cendres est très sensible dans les foyers à forte dissipation latérale de chaleur, ce qui est notamment le cas des petites chaudières de chauffage central. Dans les foyers à faible dissipation latérale de chaleur, tels que les poêles domestiques garnis de réfractaires, l'influence des cendres est moins marquée et n'apparaît de façon nette que lors des marches au ralenti.

Il reste bien évident que l'utilisation de combustibles cendreux présente des inconvénients inhérents aux opérations de décrassage et de manipulation des cendres. Ces inconvénients sont cependant moindres dans le cas des agglomérés, dont les cendres restent généralement pulvérulentes, que dans le cas des combustibles en grains.

On peut retenir du débat qu'il paraît contre-indiqué de chercher à produire des agglomérés à très faible teneur en cendres, des taux de l'ordre de 6 à 7 % constitueraient un minimum souhaitable pour le bon fonctionnement des poêles domestiques et il semble que ce taux pourrait sans inconvénient s'élever jusqu'à 10 ou 12 % dans le cas d'agglomérés destinés à l'alimentation des chauffages centraux.

II. — TECHNIQUE CLASSIQUE D'AGGLOMERATION AU BRAI OU AU BITUME

La communication de MM. LEFEVRE et LUSINCHI décrit les moyens mis en œuvre à la station d'essai du Cerchar, à Meurchin, dans le domaine de la *régulation de la fabrication des agglomérés*.

L'objectif de ces études est de réduire la dispersion de résistance des boulets, cette réduction de dispersion étant susceptible de conduire à une diminution de la consommation de liant, sans que la résistance des agglomérés tombe en dessous du minimum imposé.

Les recherches ont porté sur trois points :

- Régulation de la composition de la pâte ;
- Régulation du niveau de la pâte dans le malaxeur ;
- Régulation du niveau dans le distributeur.

Dans de très nombreuses usines d'agglomération, le dosage des constituants de la pâte est réalisé par des appareils volumétriques tels que soles tournantes

ou bandes doseuses soutirant sous une trémie. Même lorsqu'ils sont bien réglés, ces appareils sont influencés par de multiples variables : hauteur de charge dans la trémie, humidité et granulométrie du produit à doser. Il en résulte des fluctuations de débit qui atteignent couramment 20 à 30 %.

La première condition pour réaliser un dosage précis est donc de recourir à des doseurs gravimétriques. Cinq types d'appareils de ce genre sont décrits dans la communication de MM. Lefèvre et Lusinchi. Les deux premiers (Doseur Stein et Roubaix et Doseur Fourray) comportent une bande transporteuse à vitesse constante, dont la charge est réglée par l'action d'un volet asservi à un dispositif de pesée du type balance « romaine ». Ce genre d'appareil est relativement peu coûteux et donne des résultats satisfaisants ; toutefois, il se prête mal à l'automation totale du réglage.

Les trois autres appareils (Cybermeca, Schenck et Synergo) comportent une bande transporteuse à vitesse variable asservie à un dispositif électronique.

Le débit (produit de la densité de chargement par la vitesse de translation) est mesuré par une tension électrique que l'on met en opposition avec une autre tension réglable. Ce type d'appareil permet d'asservir le doseur de brai au doseur de charbon et de maintenir constant le pourcentage de brai quel que soit le débit de pâte.

Le doseur Stein et Roubaix et le doseur Cybermeca ont tous deux été utilisés à l'usine de Meurchin, la précision de réglage qu'ils permettent d'atteindre est du même ordre de grandeur, les variations de débit instantané restant inférieures à 2 %.

Le ramollissement du brai et son mélange intime avec le charbon exigent un temps de malaxage minimum de l'ordre de 7 à 8 minutes.

Pour que la durée de mélange ne tombe pas en dessous de cette valeur limite, il importe que le niveau de pâte dans le malaxeur soit maintenu continuellement au voisinage du maximum, en dépit des variations de débit qui peuvent se produire.

Ceci pose le double problème de la détection du niveau de pâte dans le malaxeur et du réglage automatique du débit des doseurs.

Ces problèmes ont été résolus par l'utilisation de deux faisceaux de rayons γ émis par des sources de cobalt radioactif et détectés par deux compteurs Geiger disposés en des points diamétralement opposés (fig. 2).

Le faisceau supérieur est situé tout en haut du malaxeur ; lorsqu'il vient à être occulté par la montée de la pâte, le compteur Geiger correspondant actionne les sécurités qui interrompent l'alimentation.

Le faisceau inférieur, situé 40 cm plus bas, définit le niveau normal de la pâte. Dès que ce faisceau cesse d'être occulté, le compteur Geiger correspondant déclenche une impulsion électrique

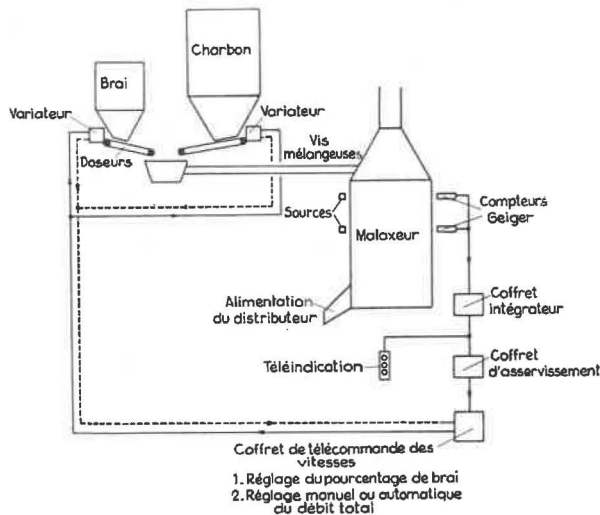


Fig. 2. — Dispositif de régulation du niveau de la pâte dans le malaxeur.

qui provoque une accélération de l'alimentation ; une nouvelle impulsion est transmise toutes les 20 secondes, provoquant une nouvelle variation de vitesse dans le sens de l'accélération ou de la décélération, selon que le faisceau inférieur traverse ou non le mélangeur. En marche normale, le niveau de pâte oscille lentement autour du niveau du faisceau inférieur, la période de ces oscillations est d'environ 10 minutes et leur amplitude de l'ordre de 15 cm.

Dans la plupart des usines, la régulation du niveau de pâte dans le distributeur est réalisée par le pressier lui-même. Celui-ci ouvre plus ou moins la porte du malaxeur en se repérant sur un indicateur dont le déplacement est lié à la position d'une palette qui prend appui sur la pâte contenue dans le distributeur.

Une trop grande fluctuation du niveau de la pâte dans le distributeur entraîne des fluctuations de température et de pression dans l'alimentateur, d'où la nécessité d'une régulation suffisamment progressive, évitant les à-coups.

A l'Usine de Meurchin, cette régulation a été réalisée en intercalant un tambour à alvéoles entre le malaxeur et la vis d'alimentation de la presse, la vitesse de rotation de la vis et du tambour étant asservie à la position de la palette de contrôle du niveau de pâte dans le distributeur.

La mise en œuvre de ces différents dispositifs de régulation a entraîné une réduction sensible de la dispersion des caractéristiques des agglomérés produits, tout en facilitant la conduite des installations. On peut actuellement obtenir de façon courante des boulets de 40 g à 6,5 % de brai, dont l'indice de cohésion au tambour dépasse 70 % et dont la résistance moyenne atteint 100 kg, avec une dispersion instantanée de 13 %.

Le problème de la *distribution de la pâte dans les presses à roues tangentes* a été abordé dans les exposés de MM. KLEINBERG et LALY.

De nombreuses études théoriques ont mis en évidence l'influence de la pression dans les techniques d'agglomération. Pour chaque type de pâte, il existe une pression d'agglomération optimum et, dans l'ensemble, on peut dire que la pression à exercer doit être d'autant plus élevée que la granulométrie de la poudre à agglomérer est plus fine.

Pour chaque matière, il existe également une pression « critique » pour laquelle la densité de l'aggloméré atteint la densité vraie de la matière. Au-delà de cette pression, l'aggloméré se comporte comme un solide élastique ; au voisinage de cette pression, la densité de l'aggloméré augmente avec la pression mais d'une façon extrêmement lente, en sorte qu'à une très légère variation de densité correspond une très grande variation de la pression. L'augmentation de la pression d'agglomération peut entraîner une sensible diminution de consommation de liant ; toutefois, il découle des relations densité-pression que le réglage de l'alimentation doit être d'autant plus précis que l'on approche davantage de la pression « critique ».

La pression maximum réalisable dans les presses classiques à cylindres et à alvéoles est fonction du rapport entre la quantité de matière entraînée par les roues mouleuses et le volume des alvéoles. Pour l'augmenter, on peut utiliser des roues de plus grand diamètre, réduire la profondeur des alvéoles ou, éventuellement, agir sur l'angle d'entraînement qui est lui-même fonction de l'adhérence entre la matière à mouler et la surface des roues.

Les roues mouleuses à alvéoles ovoïdes s'accommodent cependant mal de pressions d'agglomération très élevées, en raison de la différence de compression qui existe entre les deux extrémités du boulet. Si l'extrémité avant se trouve comprimée au maximum, c'est-à-dire jusqu'à la pression critique, l'extrémité arrière sera surcomprimée et se comportera comme un solide élastique. La détente, au démoulage, entraînera le décollement de deux calottes de l'aggloméré avec formation de ce que les agglomérateurs nomment un « bec de canard ».

Divers artifices ont été proposés pour atténuer la différence de compression entre les deux extrémités de boulets, par exemple la forme dissymétrique ou même la production de demi-boulets, suivant la suggestion du Professeur Seidenschur ; cette dernière solution présente cependant l'inconvénient de donner des agglomérés à arêtes très vives, qui s'effritent facilement.

Depuis la dernière guerre, la Société Conreur-Ledent et Cie a mis au point un nouveau type de presse qui produit des boulets en forme de « quartier d'orange ». Ces presses s'accommodent de pressions d'agglomération très élevées, tout en atténuant no-

tablement les inconvénients des arêtes trop vives des demi-boulets. La disposition actuellement adoptée, dans ce genre de presses, est illustrée à la figure 3. Les alvéoles n'existent que sur une des deux frettes, chaque rangée d'alvéoles étant décalée d'un demi-pas par rapport aux rangées voisines ; l'autre frette est à gorges lisses et, au besoin, elle peut être entraînée à une vitesse légèrement supérieure à celle de la frette à alvéoles, en vue de réaliser une parfaite égalisation des pressions à l'intérieur du boulet.

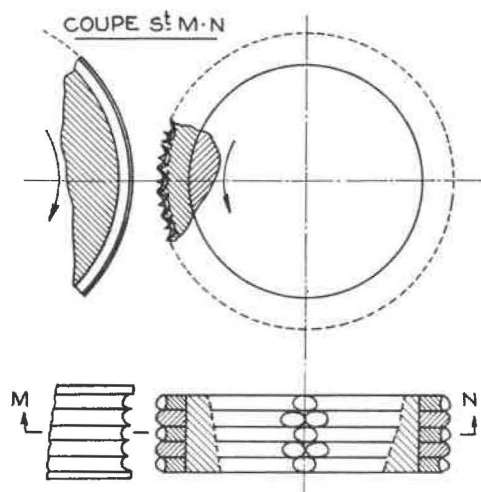
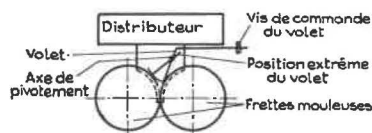
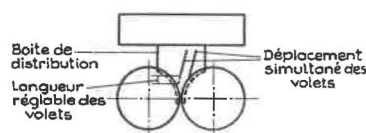


Fig. 3. — Frette à disques multiples avec alvéoles « Quartier d'Orange ».

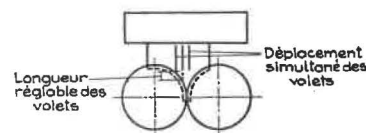
Les frettes de ce genre, de faible diamètre, ne permettent cependant pas de produire automatiquement de fortes pressions d'agglomération, mais elles s'en accommodent bien, si la pâte qui leur est distribuée est « précomprimée » par un dispositif mécanique adéquat. Un dispositif de ce genre est actuellement en cours d'expérimentation à la station d'essais



1. Ancienne boîte ;
Conreur-Ledent



2. Nouvelle boîte ;
Conreur-Ledent



3. Nouvelle boîte
Cerchar

Fig. 5. — Evolution des boîtes de distribution.

du « Comité de l'Importation Charbonnière » de France ; le principe de son fonctionnement est illustré à la figure 4. Comme on peut le voir, il s'agit d'un distributeur à axe horizontal dont les pales sont animées d'un mouvement de rotation rapide. La pâte s'échappe tangentiellement par les orifices m_1 et m_2 disposés en regard des roues mouleuses. Des tiroirs réglables p permettent d'assurer la répartition de la pâte suivant une génératrice horizontale des frettes, le réglage de la précompression étant assuré par variation de la vitesse de rotation du distributeur.

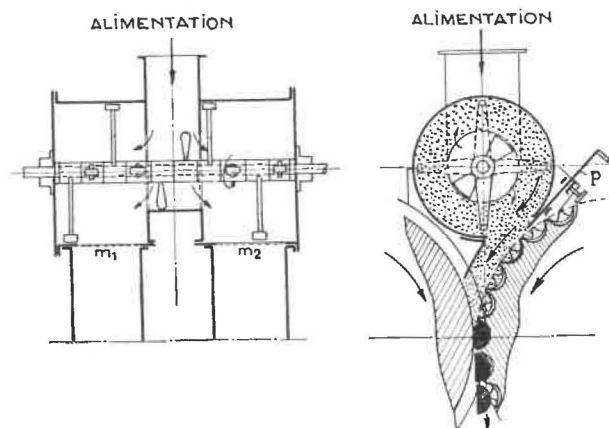


Fig. 4. — Distributeur à force centrifuge pour presses « Quartier d'Orange ».

Ce nouveau type de distributeur n'a pas encore été sanctionné par l'expérience ; sa mise au point présenterait un intérêt incontestable en matière d'auto-agglomération à haute pression, les seules presses actuellement utilisées dans ce domaine (presses à pistons et presses à anneau) se prêtant mal à la réalisation d'unités de grande capacité.

La communication de M. LALY rend compte des progrès réalisés, en France, dans la construction des boîtes de distribution des presses à ovoïdes de type courant. Cette évolution est illustrée par les trois schémas de la figure 5. Dans l'ancien modèle de boîte Conreur-Ledent, le réglage de l'alimentation sur la largeur de la frette était assuré par trois volets d'inclinaison réglable (un long volet central et deux volets latéraux plus courts). Ce réglage par variation d'inclinaison a été abandonné, par la suite, au profit du système qui figure au deuxième schéma. Dans cette nouvelle boîte Conreur-Ledent, les trois volets ont une inclinaison fixe de 80° ; ils sont pour-

vus d'un réglage en longueur qui assure la bonne répartition de la pâte sur la largeur de la frette et d'un réglage par déplacement simultané des trois volets dans le sens horizontal, qui agit sur la pression d'agglomération.

Le troisième système a été mis au point au Cerchar. Son mode de fonctionnement ne diffère pas essentiellement de celui de la nouvelle boîte Conreur-Ledent ; toutefois, les volets inclinés ont été remplacés par des volets verticaux, le volume de la boîte a été considérablement augmenté en déplaçant vers l'arrière la tôle de fermeture et le point

de distribution de la pâte a été reculé vers la frette arrière, le nouveau principe adopté consistant à utiliser les volets pour calibrer sur l'une des frettes un ruban de pâte d'épaisseur réglable.

Ces modifications ont eu pour résultats :

- d'entraîner une légère augmentation de résistance des agglomérés de 40 g, cette augmentation devenant d'autant plus importante que la pâte est plus grasse ;
- de permettre la fabrication d'agglomérés de 10 et 20 g dans des conditions beaucoup plus régulières ;
- de faciliter le travail de l'ouvrier pressier.

Par contre, on n'a pas enregistré de réduction sensible de la dispersion de résistance des boulets.

L'étude se poursuit en vue de réaliser un dispositif de réglage entièrement automatique, dans lequel la position des volets serait assujettie à un dispositif électromécanique commandé par les variations de la puissance absorbée par la presse.

Trois communications ont traité de l'utilisation des bitumes de pétrole pour l'agglomération des fines de houille.

La communication de MM. PROSTEL et RICE décrit la technique utilisée par les usines d'agglomération américaines.

Au départ de la raffinerie, le bitume liquide est chargé en wagons citernes. Ces wagons ont généralement une capacité de 38.500 litres, ils sont calorifugés et comportent un dispositif de réchauffage à la vapeur. La longueur du parcours varie de 600 à 3.000 km et les wagons restent en transit de 3 à 10 jours. A leur arrivée, ils sont à la température ambiante et ils doivent être branchés sur le réseau de vapeur de l'usine, pendant un temps variable entre 4 et 24 heures, avant que le bitume puisse être déchargé.

Le bitume est entreposé dans des réservoirs de stockage isolés et pourvus de tubes de réchauffage qui entretiennent une température de l'ordre de 95°.

Au moment de l'emploi, il est transféré dans un réservoir d'alimentation chauffé entre 115 et 150°. Le bitume liquide est pompé à travers des tubes chemisés de vapeur (tubes de 50 mm à enveloppes de 75 mm) convenablement isolés. Son dosage est assuré par des pompes à engrenages à vitesse variable et il est incorporé au charbon à l'aide de pulvérisateurs d'environ 3 mm d'ouverture dans lesquels on réalise une émulsion de bitume et de vapeur.

Le mélange de charbon et de liant tombe alors dans le malaxeur où sa température est portée au voisinage de 80° par injection de vapeur vive.

Au cours du transfert du malaxeur à la presse, la pâte se refroidit un peu et elle est finalement briquetée à une température égale ou légèrement inférieure au point de ramollissement du bitume (mesuré par la méthode « Ring and ball »).

La plupart des boulets sont en forme de baril aplati d'une centaine de grammes ; ils exigent un temps de refroidissement particulièrement long, généralement de l'ordre de 12 minutes mais qui peut aller jusqu'à 23 minutes.

La teneur en bitume varie suivant la nature du produit à agglomérer, elle est de l'ordre de 6,5 % pour les charbons bitumineux, 7,5 % pour le coke de pétrole, 8 % pour l'antracite et 8,5 % pour le semi-coke. Les agglomérés obtenus contiennent de 2 à 7 % d'eau et ont une résistance comprise entre 140 et 200 kg.

La technique au bitume liquide a été développée en France dans l'usine pilote de Fontanes des Houillères des Cévennes et ce sont les résultats obtenus dans cette usine qui constituent la base de la communication présentée par MM. BROT et GAUSSORGUES.

Les premiers essais réalisés à Fontanes au moyen de bitume de distillation directe ont donné des résultats plutôt décevants. Les caractéristiques de ce bitume étaient les suivantes :

- pénétration à 25° : 7 à 8 ;
- indice Conradson : 24 ;
- point de ramollissement KS : 64°.

La valeur réduite de l'indice Conradson traduit l'insuffisance du pouvoir cokéfiant de ce liant. Cette déficience a dû être corrigée par l'incorporation à la pâte de 10 % de charbon gras, en vue d'obtenir des agglomérés présentant une bonne tenue au feu.

Par la suite, la société Shell Berre a mis au point la production d'un bitume de cracking dont les caractéristiques se rapprochaient beaucoup plus de celles du brai de houille :

- pénétration à 25° : 2 à 3 (contre 0,5 mm pour le brai) ;
- indice Conradson : 38 (contre 38 à 42 pour le brai) ;
- point de ramollissement KS : 68° (contre 72 ± 2 pour le brai).

L'utilisation de ce nouveau liant a permis de supprimer l'addition de charbon gras et la fabrication a été poursuivie sans arrêt depuis mai 1955, dans des conditions qui sont considérées comme pleinement satisfaisantes.

La figure 6 donne une idée des dispositions adoptées pour l'adduction du liant au sommet du malaxeur.

Entre mai 1955 et janvier 1959, l'usine de Fontanes a utilisé simultanément une presse de 30 t/h fonctionnant au bitume liquide et deux presses de 10 t/h fonctionnant au brai de houille.

La comparaison des prix de revient fait apparaître un léger écart, de l'ordre de 130 à 150 FF par tonne d'aggloméré, au profit de la technique au bitume.

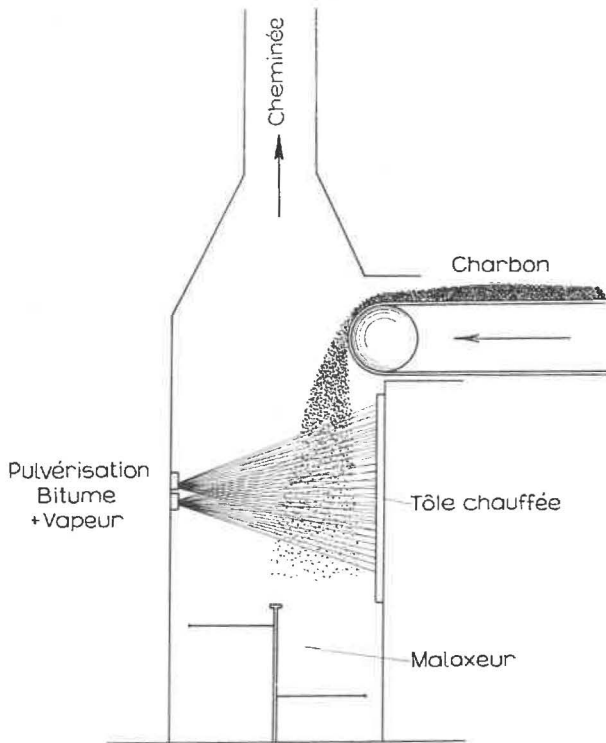


Fig. 6. — Schéma du dispositif d'adduction du bitume liquide.

Parmi les autres avantages de cette technique, on peut citer :

- la simplification des manipulations de stockage ;
- la suppression des installations de broyage de brai et des poussières irritantes qu'elles produisent ;
- la simplicité et la précision du dosage de l'agglomérant par pompage ;
- la qualité plus constante des agglomérés due à la stabilité des caractéristiques du bitume et à sa bonne répartition dans la pâte ;
- la réduction des fumées produites lors de la combustion et des dépôts goudronneux qui se forment dans les cheminées.

Les Houillères du Nord et du Pas-de-Calais ont tenté de substituer les bitumes de pétrole au brai de houille, dans la technique classique au liant solide. Les résultats de ces recherches sont exposés dans la communication de M. CHAIX.

Les propriétés des bitumes sont assez différentes de celles du brai : leur pouvoir cokéfiant est généralement faible et leur ramollissement est plus progressif en sorte que l'état pâteux intermédiaire entre l'état solide et la fusion franche s'étend sur une beaucoup plus large gamme de températures.

Ces propriétés particulières des bitumes sont à l'origine des difficultés techniques que l'on rencon-

tre dans leur emploi et dont les principales sont habituellement les suivantes :

- mauvaise broyabilité ;
- aptitude à reprendre en masse lorsqu'ils sont broyés et même à coller dans les trémies quand ils sont simplement concassés à 30 mm (ceci même à une température peu élevée de l'ordre de 10° C) ;
- aptitude des agglomérés à la déformation lors du chargement en wagons ;
- mauvaise tenue au feu qui augmente les pertes par imbrûlés ;
- aspect plus terne des agglomérés.

Les résultats obtenus par les Houillères des Cévennes montrent que la tenue au feu des agglomérés au bitume est fonction de l'indice Conradson du liant et que l'agglomération de charbons maigres peut être réalisée de façon satisfaisante lorsque la valeur de cet indice est égale ou supérieure à 38.

La broyabilité du liant ne peut être améliorée que par augmentation de son point de ramollissement. On a tout d'abord tenté de le relever par oxydation ; les résultats obtenus se sont avérés insuffisants, le relèvement du point KS ne s'accompagnant que d'une faible diminution de la pénétration. Des résultats assez favorables ont été obtenus par l'utilisation de liants mixtes constitués par mélange de brai et de bitume, mais cette solution entraîne des frais de transport, de stockage, de mélange et de manutention qui se sont avérés prohibitifs. La seule possibilité restante était d'obtenir des pétroliers des bitumes à haut indice Conradson et à haut point de ramollissement, utilisables à l'état pur dans les circuits de préparation et de manutention existants. Par distillation sous vide de résidus de cracking, la Société Shell est arrivée à préparer deux produits ayant les caractéristiques suivantes :

	Indice Conradson	Point R.B.	Pénétration à 25°
n° 1	38	85	2
n° 2	38	95	1

Ces bitumes ont été essayés à la station expérimentale de Meurchin. Le premier est utilisable pendant une partie de l'année seulement (température < 14°).

Le second peut être employé toute l'année, mais son manque de viscosité, à la température du malaxeur, le rend inutilisable sans l'addition d'huile anthracénique.

La déformation des agglomérés, lors du chargement, ne peut être évitée que par un refroidissement

plus long ou plus énergique des boulets. L'allongement de la durée de refroidissement est difficile à réaliser dans les installations existantes, mais un dispositif de refroidissement accéléré, mis au point par le Cerchar, permet de remédier au manque de susceptibilité des bitumes.

Ce procédé, très simple, consiste à humidifier les boulets et à évaporer l'eau dans un violent courant d'air, l'opération étant conduite de façon à obtenir des produits parfaitement secs avant leur chargement en wagons. On évite ainsi l'adhérence des poussières à la surface humide des boulets, qui conservent un aspect noir et brillant.

Le refroidissement accéléré a également été utilisé dans le Nord et Pas-de-Calais, dans des usines où les boulets au brai sont insuffisamment refroidis par temps très chaud.

De l'ensemble des essais effectués, on peut conclure que la fabrication de boulets au bitume solide ou liquide est possible en toute saison et permet d'obtenir des produits à peu près comparables à ceux que fournit l'agglomération au brai. Mais il est nécessaire, pour y parvenir, d'être assuré de la fourniture régulière de liants dont les spécifications ont été nettement précisées et peuvent servir de base à l'établissement d'un cahier des charges.

Les propriétés particulières des bitumes sont incontestablement mieux adaptées à la technique d'agglomération au liant liquide, ce qui n'est pas le cas pour le brai de houille, dont les caractéristiques se modifient quand il est maintenu pendant un certain temps aux températures de 130 ou 140°. On peut donc penser que les deux techniques continueront à être utilisées parallèlement. La production de bitumes spécialement étudiés pour l'utilisation sous forme solide présenterait ainsi un intérêt économique certain, en assurant un approvisionnement complémentaire à toutes les installations existantes, conçues pour l'utilisation du brai.

III. — TECHNIQUES NOUVELLES D'AGGLOMERATION

L'étude de l'agglomération par la lessive sulfiteuse présentée par MM. LEDENT et MARCOURT a été réalisée à la Station d'Essai d'Inchar, dans le cadre des recherches sur la production d'agglomérés non fumeux.

L'utilisation de la lessive sulfiteuse résiduaire de papeterie, comme agglomérant, n'a donné lieu, jusqu'à présent, qu'à un petit nombre d'applications industrielles. La lessive sulfiteuse présente cependant trois propriétés intéressantes susceptibles de justifier son emploi :

— Utilisée avec des charbons maigres, elle permet d'obtenir des agglomérés non fumeux, sans autre traitement thermique qu'un simple séchage.

- Additionnée à des charbons moyennement agglutinants, elle agit comme amaigrissant et fournit des boulets susceptibles d'être carbonisés, sans déformation et sans collage.
- Utilisée en mélange avec le brai, elle donne des agglomérés dont la résistance mécanique varie peu en fonction de la température, condition indispensable pour qu'ils puissent subir une carbonisation dans des fours continus où la charge s'échauffe tout en se déplaçant par gravité.

Les premiers essais réalisés au laboratoire d'Inchar ont eu pour objet de préciser les compositions de pâte les plus favorables. La figure 7 illustre les résultats obtenus à partir d'un charbon quart-gras de granulométrie 0-5 mm. Des diagrammes du même genre ont été tracés en partant de charbons gras ou de charbons flambants. Pour chaque type de charbon et pour chaque granulométrie, il existe une zone d'étendue réduite correspondant à une résistance maximum des agglomérés ; autrement dit, il existe une teneur optimum en eau et en liant.

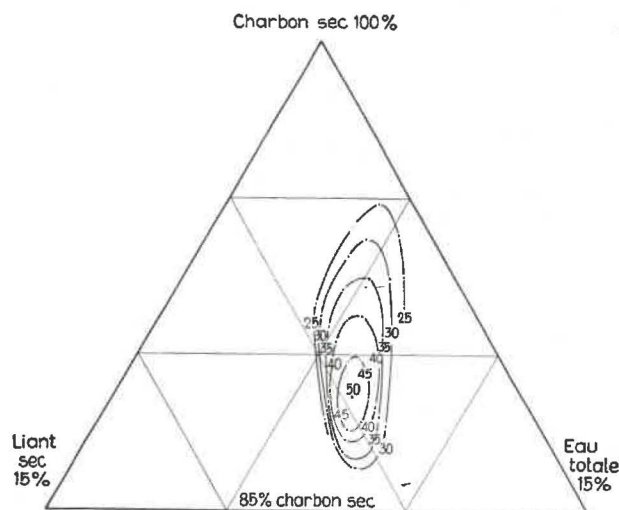


Fig. 7. — Répartition des courbes d'égale résistance des boulets en fonction des teneurs en eau et en liant (charbon 1/4 gras 0-5 mm).

En fait, l'agglomération à la lessive sulfiteuse s'apparente à un collage des grains bien plus qu'à la formation d'un béton. L'efficacité optimum est obtenue lorsque le film de liant couvre tous les grains et lorsque la couche de résidu sec, laissée par l'évaporation, a une épaisseur convenable, fonction de la nature et de la granulométrie du produit à agglomérer.

La résistance des boulets séchés varie très largement suivant le type de charbon : pour un même dosage de 7 % de liant, le quart-gras donne des résistances de l'ordre de 50 kg, le schlamme brut permet d'atteindre plus de 110 kg alors que le charbon flambant ne dépasse guère 15 kg. Tous ces chiffres sont relatifs à des boulets de 20 g ayant subi une

heure d'étuvage à 200° et une heure de refroidissement à l'atmosphère.

Ces résultats sont vraisemblablement assez proches de ceux que l'on peut escompter d'une dessiccation industrielle en four tunnel et il apparaît tout de suite que ce mode de séchage constitue l'un des points faibles de la technique d'agglomération à la lessive sulfiteuse ; la longue durée de l'opération exige l'utilisation de fours de très grandes dimensions et une inflammation spontanée de la charge, par échauffement localisé, est toujours à craindre.

La seconde partie de l'étude a été consacrée à la mise au point d'une nouvelle technique de séchage en lit de sable fluidisé.

Le dispositif expérimental est schématisé à la figure 8. La cuve de fluidisation est un cylindre vertical de 28 cm de diamètre intérieur entouré de réfractaires. Le fond de cette cuve, constitué par une dalle en céramique poreuse, surmonte une chambre de combustion dans laquelle débouchent deux brûleurs Meker ; deux autres brûleurs disposés dans des chambres latérales peuvent être mis en service lorsqu'on désire porter le lit de sable à très haute température.

Les brûleurs ne sont utilisés que pour le préchauffage du lit. Pendant l'opération de séchage, la fluidisation est assurée par de l'azote chauffé dans un four auxiliaire. Les agglomérés sont placés dans un panier en treillis métallique qui est immergé dans le lit de sable pendant un temps exactement mesuré.

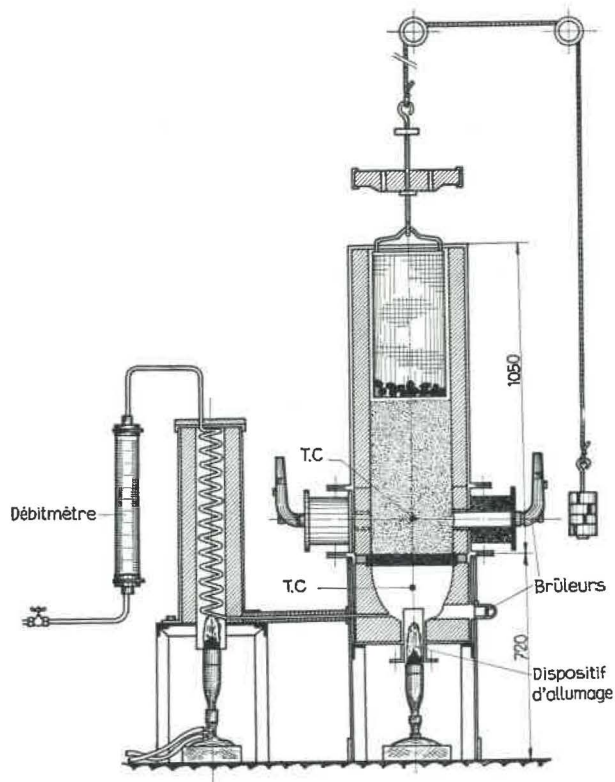


Fig. 8. — Dispositif expérimental de séchage en lit fluidisé.

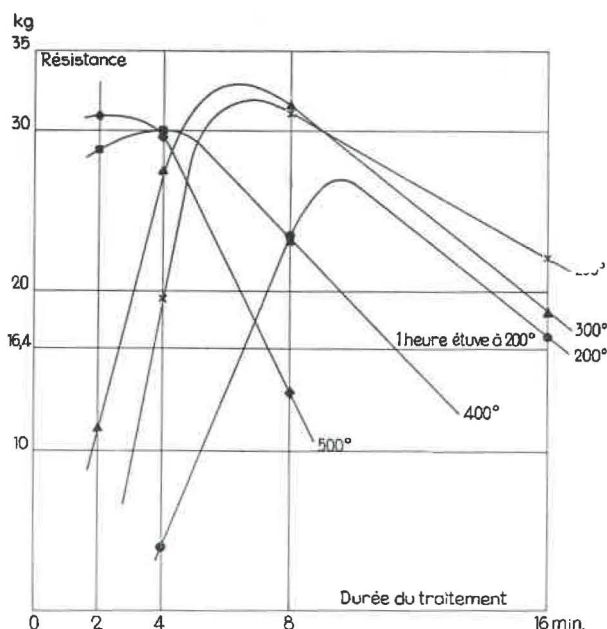


Fig. 9. — Résistance des boulets en fonction de la température et de la durée de traitement - Charbon flambant 0-2 mm
Mélange: 89 % flambant gras 0-2 mm
9 % lessive s. concentrée
2 % eau de dilution.

La figure 9 illustre les résultats obtenus, dans le cas particulier d'un charbon flambant de granulométrie 0-2 mm. Pour des températures de traitement comprises entre 250 et 500°, la durée optimum de séchage est de l'ordre de 6 à 7 minutes et la résistance maximum atteinte par les agglomérés est à peu près double de celle que l'on obtient après 1 heure d'étuvage à 200°. Les pertes par abrasion au cours du traitement thermique restent inférieures à 1/2 % et l'aspect des boulets n'est pas sensiblement modifié.

Des essais de séchage en lit fluidisé ont été répétés sur divers types de charbon. Les durées de traitement les plus favorables sont généralement comprises entre 2 et 6 minutes et, dans tous les cas, les résistances maxima atteintes dépassent celles que l'on peut obtenir après une heure d'étuvage à 200° ; l'écart entre les deux valeurs variant de 20 à 100 %.

De l'ensemble de cette étude se dégagent quelques conclusions pratiques :

1. Le traitement en lit de sable fluidisé constitue un progrès par rapport aux techniques traditionnelles de séchage en fours tunnels. Quatre avantages marquants peuvent être portés à son actif :

- très courte durée du traitement ;
- précision et uniformité du réglage de la température ;
- résistance accrue des boulets ;
- sécurité totale vis-à-vis de l'incendie.

2. L'agglomération à la lessive sulfiteuse par malaxage et briquetage à froid, suivis d'un séchage en lit de sable fluidisé, peut donner des boulets de

résistance mécanique élevée ; elle s'adapte particulièrement bien à l'agglomération des schlamms et des produits fins. Elle paraît susceptible de trouver diverses applications industrielles dans lesquelles le briquetage constituerait un conditionnement de la charge, précédant une opération de carbonisation ou de gazéification intégrale.

3. Les boulets obtenus par ce type d'agglomération ne peuvent être considérés comme des produits « finis » en raison de leur manque de résistance aux intempéries, toutefois des recherches sont en cours pour remédier à cet inconvénient et une firme commerciale vient de mettre sur le marché une colle à base de lessive sulfiteuse qui permettrait d'obtenir des agglomérés résistant à l'eau.

La technique de traitement en lit de sable fluidisé est actuellement en cours de développement à échelle semi-industrielle et un four de séchage continu d'une capacité de 750 kg/h vient d'être mis en service à la Station d'Essai d'Inichar.

Les communications de MM. GOEDKOOP et KARDAUN exposent les résultats des recherches entreprises par le laboratoire central des Mines d'Etat Néerlandaises, dans le domaine de l'auto-agglomération à haute température. Cette technique, étudiée en Belgique par MM. HARDY et DARMONT, repose sur l'utilisation d'une addition de charbon fusible en lieu et place de liant, le mélange étant préchauffé entre 400 et 500° en vue d'obtenir la plasticité voulue.

Les essais préliminaires, réalisés en laboratoire, ont permis de préciser le comportement des différents constituants du mélange et de déterminer l'influence qu'ils exercent sur la résistance des agglomérés.

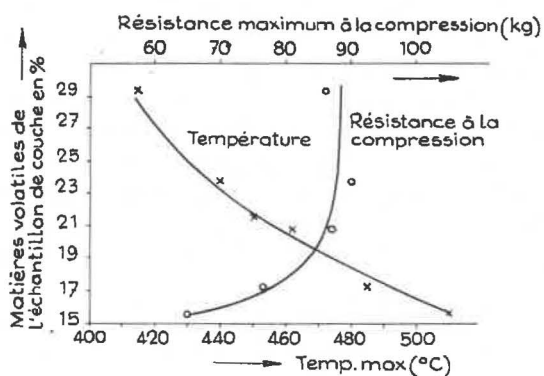


Fig. 10. — Influence de l'indice de M.V. du charbon fondant sur la résistance des agglomérés et sur la température optimum d'agglomération.

Le charbon fondant peut être choisi dans la gamme des charbons gras ou demi-gras. La figure 10 montre l'influence de l'indice de matières volatiles du fondant sur la résistance maximum des agglomérés et sur la température optimum d'agglomération. On note que cette température augmente systé-

matiquement lorsque l'indice de matières volatiles diminue ; les résistances maxima sont relativement constantes pour des indices de matières volatiles compris entre 20 et 30 %, mais elles diminuent assez rapidement lorsque l'indice de M.V. tombe de 20 à 15 %.

La résistance maximum des agglomérés est obtenue à des températures très inférieures à celles qui donnent le maximum de plasticité, l'élévation de la température d'agglomération entraînant des fissurations dues au trop grand dégagement de gaz de pyrolyse ; il est cependant possible d'augmenter la température d'agglomération, et partant la plasticité de la pâte, si l'on intercale un petit temps de dégazage entre le chauffage de la pâte et sa compression.

La matière non fondante, constituant la majeure partie de l'aggloméré, peut comporter des fines maigres, du coke ou un mélange de ces deux constituants.

L'addition de coke facilite le départ des gaz de pyrolyse, augmente la résistance des agglomérés et améliore leur fumivorté. Malheureusement, le coke a une teneur en cendres généralement fort élevée et sa dureté entraîne une très forte usure des presses et des installations de manutention. Ces inconvénients se révèlent à peu près prohibitifs.

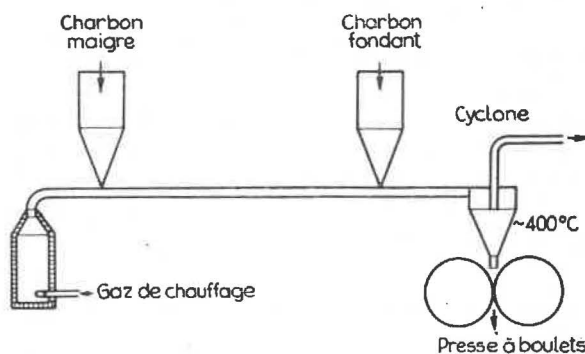


Fig. 11. — Schéma de l'installation semi-industrielle d'agglomération sans liant.

Les essais à échelle semi-industrielle visent à mettre au point une technique d'agglomération des fines maigres susceptible de produire des boulets beaucoup moins fumeux que les boulets au brai. L'objectif est de réaliser l'agglomération de mélanges comportant 70 à 80 % de fines maigres 0-1 mm et 20 à 30 % de charbon demi-gras broyé en dessous de 0,5 mm.

L'utilisation de charbon demi-gras impose une température d'agglomération élevée et une très grande précision du réglage de cette température, en évitant toute surchauffe susceptible de décomposer le charbon fondant. Ce résultat a été obtenu en utilisant le dispositif schématisé à la figure 11. Le charbon maigre est introduit dans un courant de fumées très chaudes (1200° C) circulant à 20 m/s ;

après un parcours de quelques mètres, la température du mélange est ramenée au voisinage de 600° et c'est à ce moment que l'on effectue l'addition de charbon fondant. Le mélange de charbons est séparé du courant gazeux par un cyclone qui précède la presse d'agglomération. L'installation est pourvue d'un régulateur automatique qui maintient la constance de la température du mélange alimenté à la presse, l'imprécision du réglage n'excède pas 5°.

Une autre difficulté résulte de la faible plasticité du mélange à agglomérer, qui conduit à l'utilisation de hautes pressions de briquetage.

Des essais comparatifs ont été réalisés au moyen d'une presse à piston et de 10 presses rotatives (5 presses à cylindres, 3 presses à quartiers d'orange et 2 presses à anneau).

La pression d'agglomération effectivement obtenue peut se mesurer au pourcentage de vide qui subsiste entre les grains de l'aggloméré.

Pour une même pression « effective », c'est la presse à piston qui donne les boulets les plus résistants.

Les résultats obtenus au moyen des trois autres types de presses sont relativement bien groupés ; finalement, c'est la presse à cylindres de 1,40 m de diamètre, à faible profondeur d'alvéoles, qui semble présenter le plus d'intérêt. Il est à noter que, pour les presses à « quartiers d'orange » comme pour les presses à cylindres, la résistance des agglomérés augmente tout d'abord avec le degré de compression, passe par un maximum, puis diminue assez rapidement. De nouveaux essais, actuellement en cours, s'orientent vers une technique de chauffage légèrement modifiée, qui permettrait d'améliorer la plasticité de la pâte, en vue d'éviter le recours à de trop hautes pressions.

L'étude de la variation de la résistance mécanique et de la surface spécifique d'agrégats de charbon, présentée par MM. DOLLIMORE, DOLLIMORE et NOWELL, s'apparente à une autre forme d'agglomération, par simple compression de charbons peu évolués à haut indice de matières volatiles.

Un charbon à 4,5 % de cendres et à 38,9 % de matières volatiles, broyé en dessous de 0,8 mm, a été comprimé sous forme de disques de 31,75 mm de diamètre d'un poids de 5 à 4 grammes, la pression d'agglomération variant de $1,1 \times 10^8$ à $12,4 \times 10^8$ dynes/cm² (108 à 1220 kg/cm²).

On a déterminé le module de rupture de ces disques (g/mm²) et les surfaces spécifiques (m²/g) obtenues par adsorption d'azote et par mesure de perméabilité.

Le module de rupture augmente, en fonction de la pression d'agglomération, suivant une loi à peu près linéaire.

Aucune des deux surfaces spécifiques ne varie de façon notable avec la pression d'agglomération

mais, en partant de la surface obtenue par perméabilité et de la fraction de vide de l'aggloméré, on peut calculer un rayon moyen de pore :

$$r = 2 \frac{V}{S} = 2 \frac{(\text{Volume des vides par g})}{(\text{Surface spécifique})}$$

qui serait lié au module de rupture par une loi logarithmique de la forme :

$$r = a \log R + b$$

a et b étant des constantes et R le module de rupture.

Quelques essais ont également été réalisés en vue de préciser l'influence de l'oxydation de la matière à agglomérer, par un chauffage d'une heure en présence d'air. Pour une température de traitement de l'ordre de 200°, on note une augmentation de la résistance de l'aggloméré qui pourrait être en corrélation avec une sensible augmentation de la surface spécifique de la poudre ; toutefois, les résultats sont encore trop peu nombreux pour permettre de conclure.

La communication de M. DEMOLON consacrée à l'*Anthracite 1954* retrace les étapes du développement du procédé d'oxydation des boulets au brai, qui a permis la production industrielle d'un nouveau combustible sans fumées susceptible de se substituer aux classés maigres.

Les premières recherches effectuées par le groupe de Douai des Houillères du Nord et du Pas-de-Calais ont débuté au début de l'année 1951. Dès le mois d'août de la même année, les essais passaient du laboratoire au stade semi-industriel et, au mois de mai 1953, un premier four industriel à fonctionnement continu (four A) était mis en chantier sur un emplacement situé à Fort de Scarpe, dans le voisinage immédiat de Douai.

Pour donner une image simple de cette réalisation, il faut partir de l'élément de base qui est le wagonnet composé d'un caisson en tôle dont le fond est constitué d'une grille mobile qui permet aux fumées oxydantes de traverser la couche de boulets et qui peut être basculée, après traitement, pour le déchargement des agglomérés.

La hauteur de la couche de boulets est de 1 m, la largeur de 1,80 m et la longueur de 3,20 m, la charge de chaque wagonnet atteint 3,5 tonnes.

Les wagonnets poussés sur la voie traversant le four s'encastrent pour former une rame continue dont le gabarit s'adapte exactement à l'ouverture du four.

Vingt wagonnets séjournent simultanément dans ce four-tunnel, d'une longueur totale de 64 m. Après un intervalle de temps de l'ordre de 15 à 20 minutes, un nouveau wagonnet rempli de boulets crus est poussé dans le four et s'encastre en queue de la

rame, celle-ci avance de 3,20 m et le dernier wagonnet sort du four avec son chargement de boulets traités.

Les fumées oxydantes nécessaires au traitement sont produites par combustion de gaz de four à coke et sont distribuées sur toute la longueur du four par une série de ventilateurs qui assurent une circulation rapide des fumées à travers la charge. Les carneaux de distribution des fumées sont disposés de manière à permettre un important recyclage en vue de récupérer une partie de la chaleur sensible des boulets traités et de réaliser la courbe de chauffage la plus favorable.

L'expérience acquise sur ce premier four a permis de construire 4 nouveaux fours tunnels : les fours B et C, mis en service en septembre et en novembre 1955, et les fours D et E, mis à feu en octobre et en novembre 1957. Ces fours comportent un casing métallique garni intérieurement de briques réfractaires et dont les éléments sont réunis par des joints de dilatation.

Le four A, qui avait été construit en béton et dont l'étanchéité laissait beaucoup à désirer, a été définitivement arrêté en septembre 1957.

Les quatre fours en service sont capables d'une production journalière individuelle de 400 tonnes, avec une consommation moyenne de gaz de 20 m³/t et une consommation électrique inférieure à 30 kWh/t.

Les conditions de marche actuellement adoptées sont les suivantes :

teneur en oxygène des fumées : 6 à 8 % ;
température : 330 à 380° ;
durée du traitement oxydant : 60 à 80 minutes ;
durée totale de séjour dans le four : environ 4 heures.

La chaleur dégagée par les agglomérés, au cours de leur séjour dans la zone d'oxydation, intervient pour une part importante dans le bilan thermique du procédé et, en augmentant la durée d'oxydation, il est possible de réaliser un fonctionnement entièrement autothermique, au prix d'une réduction de 4 à 5 t/h de la capacité de traitement des fours ; l'économie réalisée sur la consommation de gaz ne permet cependant pas de compenser les dépenses résultant de l'augmentation de la durée de traitement et le fonctionnement à pleine capacité reste sensiblement plus avantageux.

Les frais d'exploitation, au cours de l'année 1958, se sont décomposés comme suit :

main-d'œuvre et frais généraux	360 FF/t
gaz-électricité et fournitures diverses	350 FF/t
entretien etc...	250 FF/t
soit au total :	960 FF/t

A ce chiffre, il y a lieu d'ajouter les frais de financement et les amortissements calculés sur la base d'une durée de 6 ans.

Une nouvelle usine de traitement est en cours d'équipement au groupe d'Oignies. Grâce à une mécanisation plus poussée des manutentions et à une disposition plus rationnelle des fours, elle permettra une sensible réduction de main-d'œuvre.

Du point de vue commercial, l'Anthracine 1954 a remporté un succès incontestable. L'évolution des ventes au cours des exercices écoulés a évolué comme suit :

mai 1954 au 31 mars 1955	54.500 t
1 ^{er} avril 1955 au 31 mars 1956	144.000 t
1 ^{er} avril 1956 au 31 mars 1957	253.000 t
1 ^{er} avril 1957 au 31 mars 1958	304.000 t
1 ^{er} avril 1958 au 31 mars 1959	441.000 t

Pour l'année en cours, les ventes atteindront 480.000 tonnes et il est prévu de porter rapidement la fabrication à 800.000 tonnes par an.

Jusqu'à présent, tous les boulets traités étaient des boulets de 40 g, mais on envisage une prochaine mise en fabrication de boulets de 20 g.

De nouveaux développements du procédé sont à l'étude en vue d'étendre la gamme des charbons traités aux quart-gras et aux demi-gras.

Par ailleurs, un nouveau four, à transporteur métallique, vient d'être mis à l'essai à Fort de Scarpe. Ce four, prévu pour un débit horaire de 5 à 6 tonnes, présenterait différents avantages et notamment : une simplification des manutentions et une réduction de la consommation d'énergie et de la durée totale de traitement.

CONCLUSIONS

Des exposés qui ont été présentés et des échanges de vues auxquels ils ont donné lieu, se dégagent quelques tendances fondamentales des recherches et des développements actuellement en cours en France et dans les pays voisins ;

- tendance à la réduction de la consommation de liant, par une amélioration et une automatisation des procédés de régulation, à tous les stades de la fabrication ;
- substitution des bitumes de pétrole au brai de houille, dans les bassins où l'approvisionnement en brai n'est pas régulièrement assuré, cette substitution pouvant être réalisée sans augmentation de la consommation de liant et sans diminution de la qualité des produits, pour autant que les bitumes soient de caractéristiques convenables ;
- tendance au développement de nouveaux procédés de production d'agglomérés non fumeux, à partir des charbons maigres ou demi-gras, par des traitements moins onéreux que la carbonisation à basse ou à moyenne température.