

Charbonnages de Beeringen.

Installation de rhéolaveurs France-Focquet

Le principe du fonctionnement de ce genre de lavoirs et les dispositifs appliqués aux Charbonnages de La Haye ont, déjà, été exposés en détail par M. V. Firket dans un article publié dans le tome XXII des *Annales des Mines*, 1921, 4^e livraison. L'application qui vient d'en être faite aux Charbonnages de Beeringen mérite d'être signalée, tant pour les résultats remarquables des essais de lavage auxquels il a été procédé que pour les perfectionnements apportés aux installations.

Les lavoirs des Charbonnages de Beeringen constituent un groupe dégagé et sont installés dans un bâtiment carré de 25 mètres de côté. La charpente est métallique, avec remplissage en maçonnerie. L'éclairage est assuré par panneaux vitrés.

Le lavage s'effectue sur les trois catégories 0-9, 9-15 et 15-70 millimètres et l'installation doit pouvoir traiter 150 tonnes à l'heure.

Le charbon brut à laver 0-70 millimètres arrive du triage par deux transporteurs métalliques du type Reumaux et est déversé dans la tour à brut du lavoir, d'une capacité de 500 tonnes. Cette tour est pourvue à son sommet de couloirs de chute hélicoïdaux.

Le charbon 0-70 est repris par une noria munie d'un distributeur mécanique qui l'élève à une batterie de cribles-berceurs formant les trois catégories susdites. Une partie du 0-9 est déjà séparée au tamis fixe installé dans le bec de déversement de la noria.

Le lavage se fait alors séparément pour les grains 9-15 et 15-70 millimètres dans deux installations de rhéolaveurs dits « à niveau plein » et pour les fines 0-9 dans une installation de rhéolaveurs dits « à chute libre ».

Lavage des grains. — On sait que le rhéolaveur du type à niveau plein est ainsi appelé parce que son ouverture d'évacuation est reliée au puisard d'une noria à caisson étanche. L'appareil est figuré en coupe au croquis ci-dessous (fig. 1) :

A est la chambre de séparation formée par une grille inclinée B et un clapet oscillant C mû mécaniquement. Un trottoir vertical E actionné extérieurement par un volant ou un levier, permet de

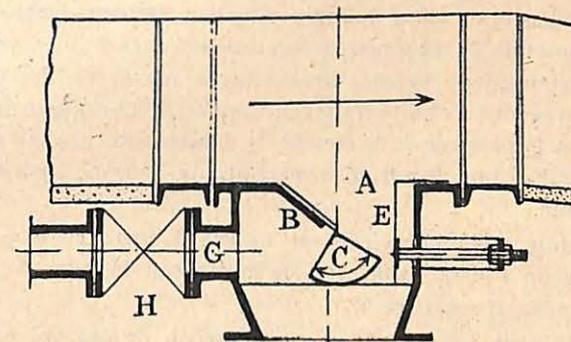


FIG. 1.

faire varier la capacité de cette chambre ainsi que l'ouverture d'évacuation du clapet.

Les produits circulent dans le couloir, dans la direction de la flèche, à l'aide d'un courant d'eau d'entraînement. Un courant d'eau ascendant est admis par la tubulure G à l'intérieur de l'appareil. Un robinet H permet de faire varier ce courant.

Une installation de lavage comporte un couloir incliné le long duquel sont disposés deux rhéolaveurs du type décrit ci-dessus.

Lavage du 9-15. — La classification des différents constituants s'effectue assez rapidement dans le couloir, sous l'effet du courant d'eau. On considère généralement que cette classification se répartit en trois couches : la partie supérieure constituée du produit léger (charbon pur), la couche intermédiaire de produits mélangés, communément appelés « mixtes », et la couche inférieure du produit dense (schiste) qui s'étend en un lit et qu'il s'agit d'éliminer.

Le produit stratifié rencontre le premier rhéolaveur qui est réglé pour éliminer des schistes, qui vont au puisard de la noria à schistes, laquelle les renvoie dans les schistes fins de l'installation à fines.

Le second appareil rhéolaveur évacue tout ce qui n'est pas du charbon pur, c'est-à-dire un produit mélangé qui contient le reste de schistes, des mixtes et quelques particules de charbon. Ce produit est relevé en tête de l'installation à l'aide de la noria pour être retraité à nouveau en mélange avec le produit brut.

Ce mode de relavage des produits intermédiaires constitue une caractéristique du procédé. La difficulté des systèmes de lavage à

courant consiste, en effet, à éliminer les couches denses sans entraîner de particules charbonneuses légères des couches intermédiaires. En réincorporant au produit brut à laver une partie des produits mélangés qui sont extraits du second appareil, l'on augmente artificiellement l'épaisseur de la couche de densité intermédiaire et l'on isole de fait d'une façon plus parfaite la couche supérieure de charbon pur.

Le produit mélangé relevé est appelé à juste titre « produit régulateur de l'installation » et la noria qui le renvoie dans le circuit « noria régulatrice ».

L'extrémité du couloir fournit le charbon propre qui passe sur une claie d'égoutage pour être ensuite distribué dans les tours à 9-15 à l'aide des chenaux.

On a installé depuis peu un tamis du type vibrant pour le rechargement et le rinçage de ce 9-15 dont les eaux et déchets retournent à la citerne des fines à relaver.

Lavage du 15-70. — Le lavage du 15-70 se fait dans une seconde installation à niveau plein en tous points semblable à celle destinée au lavage du 9-15.

Le produit à laver, provenant des cribles berceurs, est amené en tête d'un couloir muni de deux rhéolaveurs. Le premier appareil élimine du schiste qui est renvoyé par la noria dans la tour à schistes fins. Le second appareil extrait le produit régulateur qui est relevé par une chaîne en tête de l'installation.

L'extrémité du couloir donne du charbon propre qui passe sur un tamis semi-galopant pour le classement en 15-30, 30-50 et 50-70.

Les produits lavés sont dirigés séparément dans des tours à l'aide de chenaux et de couloirs hélicoïdaux.

Installation de relavage des schistes. — Cette installation ajoutée au cours de la construction, constitue un perfectionnement. Elle comporte un couloir muni de deux rhéolaveurs du type à niveau plein. Les schistes à relaver sont amenés en tête de ce couloir par deux norias. Le premier rhéolaveur élimine le schiste parfaitement pur. Le second laisse passer tout le produit restant qui est mélangé avec les mixtes à relaver de l'installation du 15-70.

Il est à noter que l'installation ainsi conçue ne fournit que deux produits : charbon propre d'une part et schiste pur d'autre part.

Traitement des fines. — Nous avons vu que les fines 0-9 sont en partie reprises par un tamis fixe aménagé dans le bec de déversement de la noria à brut et en partie par les cribles berceurs. Les produits sont réunis dans une trémie.

De la trémie, le produit est relevé par une noria munie d'un distributeur qui le déverse dans une installation de dépoussiérage composée d'un dépoussiéreur proprement dit, d'un ventilateur et d'un cyclône.

Le 0-1/2 est aspiré par le ventilateur et refoulé au cyclône d'où il tombe directement dans la tour à 0-1/2 brut.

Le 1/2-9 tombe du dépoussiéreur dans l'installation de lavage des fines du type à chute libre.

Les appareils rhéolaveurs à chute libre sont ici de la forme générale représentée dans la coupe ci-dessous (fig. 2).

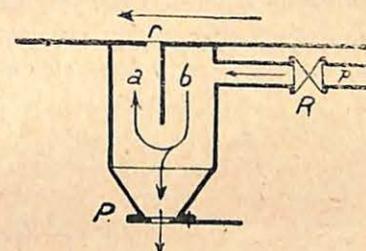


FIG. 2.

L'appareil, fixé sous le fond du couloir, est divisé en deux compartiments *a* et *b* par une paroi intérieure. Le compartiment *a* communique, par la rainure *r*, avec le couloir, tandis que le compartiment *b* reçoit l'eau qui se répartit en un courant ascendant et en un courant descendant. L'alimentation de ces courants se fait sous pression constante d'un réservoir supérieur muni de trop-plein. Le courant peut être réglé par le robinet *R*. Le but du courant ascendant est de faciliter la séparation en maintenant dans le circuit du couloir les particules légères qui, autrement, par suite de la dépression à l'endroit de la rainure, auraient tendance à suivre les schistes dans leur chute. Le courant descendant intervient pour réaliser l'évacuation des schistes par un dispositif dit à orifices tronconiques réglables.

L'installation de Beerlingen comporte quatre couloirs superposés portant chacun une batterie de rhéolaveurs et formant une « bat-

terie-cascade », dont l'intérêt spécial est dû au moyen adopté pour le lavage des produits intermédiaires.

Le charbon brut arrive en tête du couloir supérieur où il est soumis au courant d'eau d'entraînement. Les premiers appareils extraient du schiste mélangé avec une petite partie de mixtes; ce mélange est relavé dans le troisième couloir dont les premiers appareils éliminent le schiste pur; les autres appareils donnent du mixte lourd qui est relavé dans le quatrième couloir; les appareils de ce dernier extraient du schiste final qui rejoint celui des premiers appareils du troisième couloir. Le produit continue à circuler dans le premier couloir et les rhéolaveurs subséquents sont traversés par un produit mélangé qui contient plus ou moins de charbon, produit qui est relavé dans le second couloir. Les rhéolaveurs fixés au second couloir extraient un produit dense qui est retraité dans le troisième couloir de la façon décrite ci-dessus. L'extrémité des deux couloirs supérieurs donnent du charbon propre, tandis que les troisième et quatrième couloirs fournissent un produit mixte qui est dirigé à la citerne de relavage des fines d'où il est relevé par une noria en tête du premier couloir de lavoir pour être mélangé au produit brut et réaliser l'office régulateur dont il a été parlé à propos de l'installation à grains.

Le charbon lavé arrivant à l'extrémité des deux premiers couloirs passe dans une citerne d'où une noria égoutteuse l'élève et le déverse dans une chaîne à raclettes alimentant les tours d'égouttage d'une capacité de 120 tonnes chacune.

Avant d'être dirigé dans la citerne, le charbon passe en fin de couloir sur deux tamis fixes en vue de la reprise du 0-0,2 millimètre non lavé.

Le 0-0,2 passe au puisard d'une pompe centrifuge qui le refoule sur un tamis vibrant du type Zimmer qui l'égoutte et le rince. Le refus du tamis est ensuite réuni aux fines lavées 1/2-9, tandis que les eaux d'égouttage chargées de particules très ténues sont envoyées dans des bassins de décantation extérieurs.

Les schistes purs extraits par les premiers rhéolaveurs du troisième couloir passent dans une citerne d'où une noria égoutteuse les élève en même temps que les gros schistes et les déverse dans la tour à schistes qui occupe l'angle Nord-Est de la recette. Le quatrième couloir de l'installation à fines n'avait pas été envisagé dans un premier projet. Ce couloir supplémentaire, en relavant

les produits d'une partie des appareils du précédent, donne une concentration plus grande des schistes.

Le peu d'espace occupé par l'installation à fines est remarquable; le jeu de couloirs est simplement adossé à l'une des parois du bâtiment.

Pour compléter la description des installations, j'ajouterai les détails suivants :

Chargement et reconstitution. — Le 0-1/2 brut et le 1/2-9 lavé peuvent être chargés séparément ou recomposés à l'aide d'une chaîne à raclettes alimentée par des soles doseuses ou bien encore à l'aide de registres.

Le 9-15 lavé est chargé sur wagons à l'aide de registres et de chenaux verticaux.

Le 15-30 lavé est chargé sur wagons à l'aide de registres et d'un chenal télescopique manœuvré par treuil à main. Ce produit est rincé, avant chargement, sur grilles fixes.

Il en est de même du 30-50.

Les chenaux télescopiques sont pivotants pour permettre la répartition de la charge sur le wagon.

Reprise des déchets. — Les eaux et déchets 0-15 du tamis de reclassage sont envoyés sur une claie d'égouttage. Le charbon 9-15 tombe directement dans une tour à lavé. Les eaux et déchets des claies retournent dans une citerne. Une noria les reprend et les déverse dans la citerne de relavage, pour être relavés avec le 1/2,9.

Les eaux et déchets provenant des grilles fixes de rinçage sont envoyés dans le puisard d'aspiration de la pompe centrifuge qui les refoule dans la citerne à fines lavées.

Circulation des eaux. — Le trop-plein de toutes les citernes retourne dans les bassins de clarification munis de purges. Une pompe centrifuge de 600 mètres cubes/heure aspire les eaux clarifiées et les refoule dans un réservoir à niveau constant alimentant les courants d'entraînement des différents couloirs de lavage ainsi que les courants ascendants des appareils rhéolaveurs. Le débit par tonne brute traitée au lavoir ressort à 5 mètres cubes pour la charge de 120 tonnes/heure.

Les eaux schlammeuses provenant des purges des spitzkasten sont envoyées dans le cône de concentration qui sert à l'alimentation des tamis Zimmer dont il a été parlé.

Force motrice. — La force motrice effective est de 202 HP — si l'on table sur une production horaire de 150 tonnes que les installations sont à même de traiter, ce chiffre de 202 HP correspond à 1,35 HP par tonne de charbon.

Les résultats obtenus au cours de l'année 1926 pour le charbon 0-70 sont résumés dans le tableau ci-après :

	Tonnage	Cendres %
Charbon brut	268.498	23,25
Charbon lavé	211.866	8,44
Schistes	56.632	78,83

Rendement moyen : 78,90 %.

Perte au lavage : 21,10 %.

Il a en outre été produit 12.107 tonnes de schlamms (livrés à la vente). Si on les ajoute au charbon lavé, le rendement atteint 83,41 %.

Le croquis annexé donne à l'échelle de 1/200 la vue en plan des installations avec leur désignation.

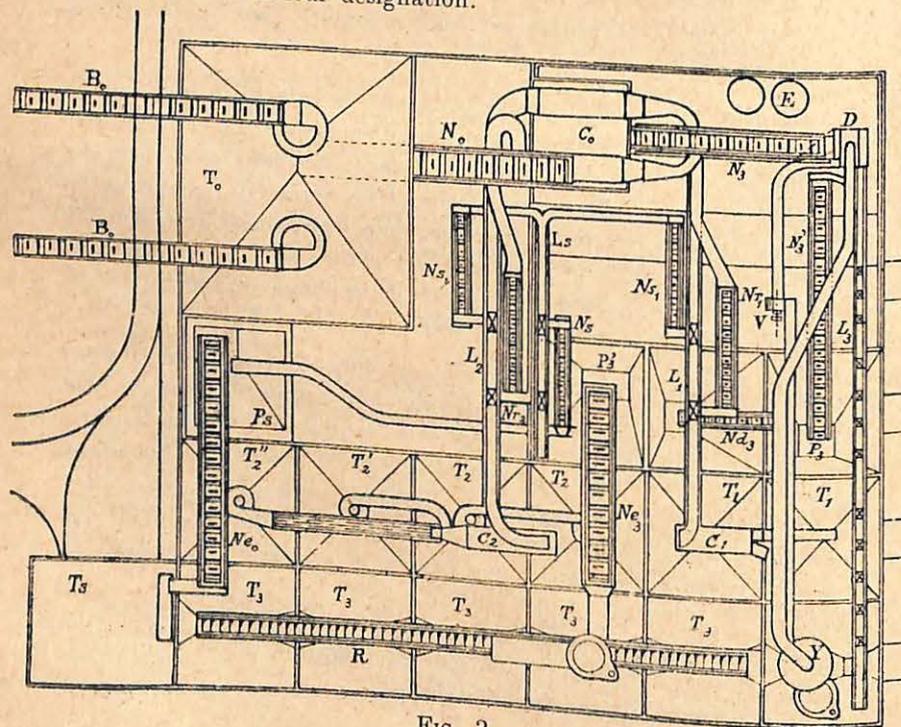


FIG. 3.

LÉGENDE

B o	Transporteur à brut 0-70.	N s	Noria à schistes 9-70.
T o	Tour à brut de 500 tonnes.	N 3	Noria à brut 0-9.
N o	Noria à brut 0-70.	D	Dépoussiéreur.
C o	Cribles berceurs classant en 0-9, 9-15 et 15-70.	V	Ventilateur.
L 1	Couloir de lavage des grains 9-15.	Y	Cyclône.
N s 1	Noria à schistes 9-15 à relaver.	L 3	Installation de lavage des fines 1/2-9.
N r 1	Noria régulatrice à 9-15.	P 3	Citerne de relavage des fines 1/2-9.
T 1	Tour à 9-15.	N ' 3	Noria de relavage des fines 1/2-9.
C 1	Crible de reclassement des 9-15.	P ' 3	Citerne recevant le 1/2-9 lavé.
L 2	Couloir de lavage des grains 15-70.	N e 3	Noria égoutteuse à fines lavées 1/2-9.
N s 2	Noria à schistes 15-70 à relaver.	R	Chaîne à raclettes.
N r 2	Noria régulatrice à 15-70.	T 3	Tours d'égouttage.
C 2	Tamis de reclassement des grains 15-70.	P s	Citerne à schistes.
T 2	Tour à 15-30.	N e o	Noria égoutteuse à schistes 1/2-70.
T ' 2	Tour à 30-50.	T s	Tour à schistes.
T '' 2	Tour à 50-70.	N d 3	Noria à déchets 1/2-9.
L s	Couloir de relavage des schistes 9-70.	E	Réservoir à niveau constant.

ESSAIS DE LAVAGE

Les garanties imposées au constructeur étaient données comme suit :

1° *Charbon 1/2-50.* — La courbe de lavabilité théorique est établie sur les 1/2-50. Au lavage, on incorpore au charbon tous les mixtes jusqu'à 50 % de cendres.

Les schistes obtenus ne devront pas avoir une teneur en cendres inférieurs de plus de 1 % à la teneur indiquée par la courbe de lavabilité théorique.

2° *Charbon 1/2-9.* — La courbe de lavabilité est établie sur le 1/2-9. Au lavage, on incorpore au charbon tous les mixtes jusqu'à 50 % de cendres.

Les schistes obtenus ne devront pas avoir une teneur en cendres inférieure de plus de 2 % de la teneur indiquée par la courbe de lavabilité théorique.

Une pénalité importante est fixée par 1/10 % de différence obtenu sur les chiffres ci-dessus.

L'énoncé de ces conditions montre que l'utilisation des courbes théoriques de lavabilité, imaginées par M. R. A. Henry (R.U.M. 1905), est entrée dans la pratique courante pour le contrôle des laveries de charbon.

Un bref rappel de la façon dont ces courbes s'obtiennent peut être utile.

Le tracé des courbes doit être précédé d'une expérience faite sur le charbon même que l'on veut traiter.

Soit par lavage dans un tube, soit par emploi de liquides de densité croissante, on sépare l'unité de poids de charbon que l'on soumet à l'expérience, en tranches ou en portions de densité croissante que l'on soumet *séparément* à l'analyse pour cendres.

Ces données acquises, on peut tracer par points, une première courbe dite courbe des cendres instantanées, en portant en ordonnées successives la moitié de la hauteur correspondant au poids des diverses portions ou tranches obtenues et en abscisses le pourcentage en cendres de chaque tranche.

La ligne qui réunit les divers points (courbe 1 du croquis ci-dessous (fig. 4) donne en chacun de ces points le pourcentage en

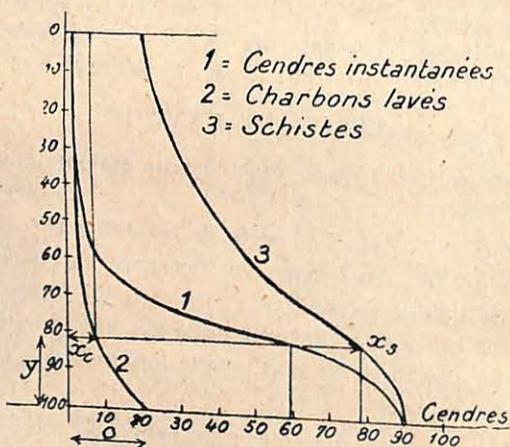


FIG. 4.

cendres d'une portion infiniment petite de charbon supposée prélevée à une densité choisie (d'où le nom de cendres instantanées).

Si on désire obtenir le pourcentage en cendres d'une tranche déterminée de l'échantillon, on prend, sur le diagramme des cen-

dres instantanées, la moyenne des teneurs correspondant à cette tranche.

Appliquant ce dernier principe pour les tranches successives prises à partir de l'origine, c'est-à-dire à partir du zéro, on construit une seconde courbe, celle des charbons lavés, qui, en chacun de ses points, donne la proportion de cendres du charbon séparé, par lavage, en deux portions.

En opérant de même sur les déchets, on obtient la courbe caractéristique des schistes (courbe 3).

Il est à remarquer que la courbe des schistes peut se déduire directement de la relation $x_c (1-y) + x_s y = C$

x_c = teneur en cendres du charbon lavé.

x_s = teneur en cendres des schistes.

C = teneur en cendres du charbon brut = constante = somme de deux rectangles. C'est en outre la teneur en cendres du charbon supposé lavé à 100 pour cent.

Fines 0-9.

Le 0-9 brut prélevé avait la composition suivante :

		Cendres	
0 - 1/2	17 %	24.4 %	} moyennes 20,75 %
1/2 - 9	83 %	20 %	

Sur deux échantillons de 1/2-9, on a procédé aux expériences préliminaires et l'on a obtenu les chiffres suivants :

I. Densités		Pro- portions	Cendres	II. Densités		Pro- portions	Cendres
1,3	58,5	2,1	-1,26	7,69	0,7		
1,3-1,4	14,4	9,5	1,26-1,278	27,95	1,2		
1,4-1,5	3,34	21,3	1,278-1,3	16,38	2,8		
1,5-1,6	1,77	31,0	1,3-1,4	22,47	7,4		
1,6-1,7	1,84	38,6	1,4-1,6	2,8	25,0		
1,7-1,8	1,135	47,8	1,6-1,8	2,43	44,6		
1,8-1,9	1,29	57,3	1,8-1,9	0,967	52,7		
+1,9	17,85	81,1	1,9-2,2	3,25	64,7		
Moyenne : 20,35			2,2-2,35	1,84	75,9		
			2,35-2,6	9,5	84,5		
			2,6-2,8	3,64	90,1		
			+2,8	1,08	79,0 (pyrites)		

Moyenne : 20,65

Les courbes obtenues à l'aide de ces données présentent des différences assez marquées. A sa base, la courbe II présente notamment une partie rentrante par suite de ce que le pourcentage en cendres des éléments de densité supérieure à 2,8 est plus faible que celui des éléments de densité comprise entre 2,6 et 2,8. Cette anomalie provient d'une élimination de pyrites par la calcination.

Pour l'appréciation des résultats des essais de lavage, on a tracé une courbe moyenne.

Les fines 0-9 recueillies ont été décomposées comme suit :

	Fines lavées		Schistes	
	Proportions	Cendres	Proportions	Cendres
0-1/2	10,5	21,7	5,5	70,5
1/2-9	89,5	5,8	94,5	78,7

Moyenne : 7,51 %

Moyenne : 78,08 %

D'après la courbe admise, le 1/2-9 lavé correspond à des mixtes à 50 % de cendres, ce qui est conforme au contrat, et à des schistes à 79 % de cendres. Il y a entre les schistes de l'essai et ceux de la courbe un écart de $79,4 - 78,08 = 1,32$ %, chiffre inférieur à la marge de 2% admise au contrat.

Charbon 1/2-50.

Le 9-50 d'une prise d'essai a donné la classification suivante :

	Proportions	Moyenne des cendres
9/15	21,6 %	18,72 %
15/30	41,0	
30/50	37,4	

La courbe de lavabilité du 9 50 résulte des chiffres suivants :

Densités	Proportions	Cendres
1,3	68,5	3,5
1,3-1,4	10,0	15,0
1,4-1,5	2,0	27,9
1,5-1,6	1,81	34,6
1,6-1,7	1,476	44,7
1,7-1,8	0,425	45,2
1,8-1,9	1,0	58,1
+ 1,9	14,8	82,5

Moyenne : 18,72 %

D'après le contrat, il faut recomposer le 1/2-9 avec le 9-50 dans la proportion que ces deux catégories possèdent dans le 1/2-50; si l'on admet pour le charbon lavé 0/50 la classification suivante :

0/9	20
9/15	10
15/30	12
30/50	8
	—
	50

on doit recomposer le 0/50 dans la proportion de 2 de 1/2-9 pour 3 de 9/50. La courbe résultant de cette recombinaison peut être tracée.

Le 9/50 a été lavé à 6,3 % et l'ensemble des schistes 9/50 a donné 78,5 % de cendres.

En recomposant le lavé dans la proportion indiquée, on trouve que le 1/2-50 a été lavé à :

$$\frac{5,8 \times 2 + 6,3 \times 3}{5} = 6,1 \%$$

et que les schistes ont donné

$$\frac{78,7 \times 2 + 78,5 \times 3}{5} = 78,58 \%$$

D'après la courbe moyenne du 1/2-50, ils devaient donner 78,5% de cendres. Les conditions du contrat ont donc été observées aussi bien pour les fines 1/2-9 que pour l'ensemble du 1/2-50.