

699

LILLE

ÉTUDE
ANALYTIQUE ET COMPARATIVE
DES CHARBONS

AU POINT DE VUE DE LEURS IMPURETÉS

COURBES CARACTÉRISTIQUES

APPLICATION AU LAVAGE

et à la recherche de la valeur commerciale des charbons

PAR

F. BLANC

Ingénieur des Mines

DEUXIÈME TIRAGE

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 1, QUAI DE LA GRANDE-BRETAGNE, 1

1928

Tous droits réservés.

2006
4038451-192053



ÉTUDE
ANALYTIQUE ET COMPARATIVE
DES CHARBONS
AU POINT DE VUE DE LEURS IMPURETÉS

Étude analytique et comparative des Charbons.

1

1143 1

0005

5001



ÉTUDE

ANALYTIQUE ET COMPARATIVE

DES CHARBONS

AU POINT DE VUE DE LEURS IMPURETÉS

COURBES CARACTÉRISTIQUES

APPLICATION AU LAVAGE

et à la recherche de la valeur commerciale des charbons

PAR

F. BLANC

Ingénieur des Mines.

Deuxième Tirage

PARIS et LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 1, QUAI DE LA GRANDE-BRETAGNE, 1

1928

Tous droits réservés.



CHAPITRE I^{er}

ÉTUDE ANALYTIQUE DES CHARBONS

Le mot de charbons est assez vague. Il implique différents aspects selon le point de vue sous lequel on se place.

Pour un minéralogiste le charbon est un corps plus ou moins léger, plus ou moins noirâtre dont le caractère principal est d'être combustible et de posséder une faible densité.

Pour un chimiste c'est un composé plus ou moins pur de carbone et d'hydrogène.

Mais pour un ingénieur ou un exploitant de mines, le charbon est un corps ayant une valeur marchande plus ou moins dépréciée par les impuretés qui lui sont intimement mélangées.

L'élimination rationnelle de ces impuretés, quand leur présence a été constatée, est donc un des côtés importants d'une exploitation de mines et joue un rôle aussi considérable que l'exploitation elle-même dont elle est le complément.

Ainsi donc pour l'étude qui va suivre, un charbon est un ensemble de corps ayant une valeur commerciale plus ou moins dépréciée par les impuretés qu'il renferme.

Cette définition implique la division de cette étude en deux parties qui répondent aux questions qui se posent immédiatement :

- 1^o Comment évalue-t-on cette dépréciation ?
- 2^o Quelles sont ces impuretés ?

Un charbon a d'autant moins de valeur que sa partie combustible est moins importante, c'est-à-dire que sa teneur en cendres est plus élevée. C'est donc en général la teneur en cendres qui sert de base à l'évaluation de la dépréciation.

Cette teneur en cendres provient des impuretés que contient le

charbon. De ces impuretés, les unes ont été incorporées lors des dépôts primitifs, des particules charbonneuses entraînant ou enclavant des particules non charbonneuses, les autres proviennent de mélange mécanique de particules pures avec des particules impures pendant ou après l'extraction.

L'élimination totale ou partielle de ces impuretés est précisément le but que se proposent les opérations de lavage ou de klaubage. Le lavage n'est d'ailleurs qu'un klaubage mécanique.

La première des choses à connaître dans l'étude du traitement d'un charbon est de savoir si le klaubage est possible ou s'il n'est pas trop onéreux.

Actuellement on recherche ce renseignement dans la teneur en cendres et des essais de lavage au moyen d'appareils simples.

Le renseignement donné par la teneur en cendres globale, n'indique rien sur les teneurs individuelles des particules à isoler. Il les remplace par une moyenne et est impuissant à permettre de diagnostiquer le mal.

Le renseignement donné par des essais de lavage serait rigoureusement exact si on disposait d'un appareil de lavage parfait.

Malheureusement les phénomènes mécaniques qui se produisent dans l'opération du lavage sont tellement complexes que de tels renseignements peuvent varier d'un essai à l'autre, suivant l'expérimentateur, la durée de l'expérience, etc., et ne peuvent servir de base solide à une étude réellement étayée.

La science de l'exploitation des mines présente donc là une lacune d'autant plus grave que dans beaucoup de cas l'exploitation s'est portée de préférence sur des couches pures, maintenant en partie épuisées, et que les besoins de l'extraction ont obligé les regards à se tourner vers des couches moins pures, nécessitant une préparation mécanique que le manque de méthode d'études exactes rend dans beaucoup de cas particulièrement dispendieuse.

Les impuretés que contiennent les charbons sont constituées de particules peu ou pas combustibles argileuses, siliceuses, calcaires ou pyriteuses.

Elles sont, soit englobées dans le charbon lui-même avec lequel elles font corps, soit isolées à l'état de poussières ou de fragments,

La principale propriété de ces particules incombustibles, propriété sur laquelle repose le principe même du lavage, est de posséder une densité supérieure à celle du charbon, densité qui leur permet de suivre dans les appareils de lavage une marche différente de celle des charbons plus légers.

La densité n'est pas toutefois une propriété uniquement réservée aux parcelles incombustibles.

Telles formes de charbons même très purs comme le graphite et le diamant ont des densités équivalentes et souvent même supérieures à celles des particules incombustibles.

Parmi les charbons eux-mêmes il peut y avoir une gradation très étendue de densités, ce cas se présente par exemple pour les charbons graphiteux de certaines couches des Alpes, et se rencontre fréquemment, mais à un degré moindre dans différents charbons.

Aussi l'étude de certains charbons est-elle impossible si on considère dans leur lavage autre chose qu'un classement par densités.

Ces quelques remarques montrent combien la seule définition par teneurs en cendres et en matières volatiles est insuffisante pour analyser les phénomènes en présence desquels on se trouve dans le lavage.

Cette dernière opération ne reposant que sur des différences de densités, il convient de toujours diviser l'étude rationnelle de charbons à traiter en deux parties.

1° Détermination de la loi de proportionnalité des parcelles de densités variables dans la masse qui constitue le charbon.

2° Loi qui relie les teneurs en cendres aux densités.

Cette dernière loi doit en effet faire l'objet d'une étude spéciale et constitue le trait d'union entre le but physique que se propose le classement des charbons et le but commercial que vise leur lavage.

C'est à M. Charvet, ingénieur aux mines de Rochebelle que revient l'honneur d'avoir le premier orienté dans cette voie les recherches sur le classement des charbons. L'étude qui a été publiée dans la 2^e livraison du *Bulletin trimestriel de l'Industriel Minérale* de 1903

est très intéressante et contient des conclusions qui sont communes avec celles de cette étude.

Les méthodes d'analyse indiquées reposent sur les résultats de lavage des charbons à étudier au moyen d'un appareil ingénieux il est vrai, mais qui a le défaut de tous les appareils de lavage, c'est-à-dire de ne pas donner le classement théorique qui doit seul servir de base à une étude exacte et de guide à tout réglage ou toute installation (1).

L'emploi de courbes dans l'espace adopté par M. Charvet, pour la représentation graphique de la composition des charbons semble peu pratique, car elle rend toutes comparaisons difficiles et délicates. Les comparaisons ne sont réellement pratiques et faciles que sur des courbes planes.

D'autre part, l'introduction simultanée des teneurs en cendres dans des opérations où cet élément n'entre qu'indirectement en jeu, avec la densité, vient encore compliquer singulièrement la question.

Dans des études aussi complexes, la recherche de la simplicité des méthodes n'est jamais poussée assez loin, car elle seule permet de dégager facilement des analyses leurs conclusions pratiques et d'asseoir des comparaisons.

(1) Cette méthode d'analyse a été reprise plus tard par M. Henry, sans modifications sensibles. Toutefois M. Henry a substitué des courbes planes aux courbes dans l'espace (*Revue Universelle des Mines et de la Métallurgie*, 1905, 2^e volume).

CHAPITRE II

COURBES CARACTÉRISTIQUES ET CLASSIFICATION DES CHARBONS D'APRÈS LEURS CARACTÉRISTIQUES

1° Loi de proportionnalité

De prime abord la détermination de la loi de proportionnalité paraît présenter de sérieuses difficultés.

Dans une masse constituée de corps de densités voisines, il ne semble pas à priori très facile d'isoler les particules qui ont une densité déterminée.

On peut cependant y arriver par une méthode indirecte.

Si on considère un charbon constitué par un nombre très grand de particules de dimensions voisines, quelle que soit d'ailleurs cette dimension, les particules qui le constituent représentent en général dans leur ensemble, toute la gradation des densités depuis une densité inférieure A jusqu'à une densité supérieure B. Pratiquement, la restriction d'opérer sur un nombre très grand de particules limite les dimensions de celles que l'on peut soumettre à l'analyse. Le lavage des menus présentant seul de réelles difficultés en raison précisément du nombre de particules qui entrent dans un volume déterminé, c'est surtout en ce qui concerne cette classe de charbons que des méthodes d'analyse sont précieuses.

Nous supposerons donc dans la suite que nous avons à faire à des menus. Il faudra toutefois opérer sur des quantités d'autant plus considérables que le criblage sera plus élevé.

Pour des menus criblage 0,6 m/m on obtient des courbes sensiblement continues et identiques en opérant sur des quantités de 70 à 100 gr.

Un charbon contient donc en général dans son ensemble toute la gradation des densités comprises entre une densité inférieure A et une densité supérieure B, donnant ainsi lieu à toute une gamme de densités comprise entre ces deux extrêmes.

Soit dQ la quantité de charbon de densité δ , c'est-à-dire comprise entre δ et $\delta + d\delta$ contenue dans la masse.

La courbe $Q = f(\delta)$ représente pour chaque valeur de δ la quantité de charbon Q qui a une densité inférieure ou égale à δ .

Cette courbe peut très facilement être déterminée par points, en pesant ou cubant ce qui surnage une solution liquide de densité variable: δ .

Au point de vue pratique, le cubage doit être préféré au pesage qui exige un lavage et une dessiccation à chaque analyse. Le cubage se fait très facilement soit par simple lecture, si on opère dans une éprouvette graduée, soit en mesurant à la sonde la hauteur des dépôts.

La mesure à la sonde présente quelques avantages sur le cubage à simple lecture. Dans le cas des menus, les particules fines restées en suspension obscurcissent la solution et il devient difficile de percevoir une séparation nette entre la solution et les particules classées.

Quoique M. Maurice ait tourné cette difficulté en employant des solutions alcooliques de bromoforme et de chloroforme sensiblement dépourvues de viscosité, il est préférable d'avoir recours au cubage à la sonde qui permet de partir de solutions d'un prix de revient moins élevé.

Le mode opératoire, dont le détail est donné plus loin, consiste à mesurer avec une sonde légère à bout plat, la hauteur des dépôts au fond de l'éprouvette.

En partant par exemple d'acide sulfurique concentré de densité 1,85, qu'on peut se procurer facilement dans le commerce, on peut, par de simples dilutions établir tous les points d'une caractéristique dans la même éprouvette sans transvasement. Cette méthode est rapide et permet d'établir 15 points d'une caractéristique en 25 minutes.

La détermination de la teneur en cendres est infiniment plus longue.

En partant d'une solution liquide de densité élevée, on arrive ainsi par de simples dilutions, à obtenir autant de points que l'on veut de la courbe Q.

En rapportant les résultats obtenus à 100 unités on connaît à priori deux points de la courbe

$$\begin{aligned} \delta &= A & Q &= 0 \\ \delta &= B & Q &= 100 \end{aligned}$$

Au cours de cette étude nous désignerons les courbes Q sous le nom de **caractéristiques**.

Pour faciliter la compréhension de ce qui va suivre, il n'est pas inutile de donner une représentation imagée de cette courbe.

Supposons que dans une éprouvette graduée en 100 parties égales

REPRÉSENTATION IMAGÉE DE LA CARACTÉRISTIQUE

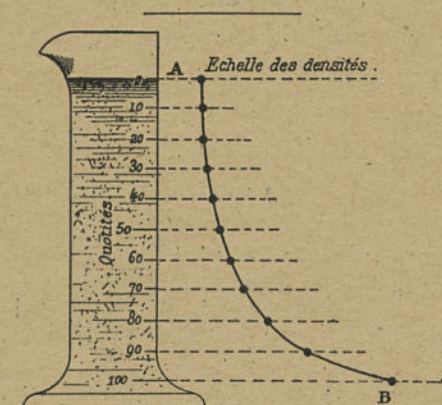


Fig. 1. — Le charbon est supposé être ordonné dans l'éprouvette en couches de densités croissantes
Les points de la courbe sont à une distance proportionnelle à la densité, du point de la couche correspondant.

du sommet à la base, nous plaçons le charbon à étudier en quantité suffisante, pour que le niveau supérieur du charbon dans l'éprouvette soit au zéro de la graduation et que d'autre part, par un procédé quelconque, nous disposions le charbon dans cette éprouvette en couches de densités croissantes, la densité la plus faible étant au 0 de la graduation, la densité la plus forte étant au 100 (fig. 1).

Si nous portons en abscisses dans le plan médian de l'éprouvette au niveau de chaque tranche une longueur proportionnelle à la densité de la couche correspondante, nous obtiendrons ainsi une courbe dont l'abscisse au point 0 de la graduation représentera la densité la plus faible A, du charbon et au point 100 la densité B, la plus forte.

La courbe ainsi obtenue n'est autre que la courbe Q.

Les divisions de l'éprouvette représentent les quotités de charbon de densité inférieure à celle qui correspond à chaque division.

Cette représentation facilite la lecture des caractéristiques et dans la suite il sera facile de s'y rapporter en supposant une éprouvette graduée en 100 parties égales, correspondant à autant de divisions de l'axe des quotités.

Mode opératoire. — *Matériel nécessaire* — 1° Une éprouvette E de 400 mm. de profondeur, diamètre intérieur 36 mm. Contenance 400 cm³.

2° Un capuchon C en ébonite recouvrant l'éprouvette E, percé en son milieu d'un trou de 10 mm. sur le bord duquel se trouve une règlette en ébonite R graduée de millimètre en millimètre jusqu'à 100 mm., et de deux autres trous T' et T'', pour les additions d'eau et le brassage (fig. 3)

3° Une sonde S en verre, à bout plat de 20 à 25 mm. de diamètre. Tige de 8 mm. de diamètre et 450 mm. de longueur munie d'un repère correspondant au zéro de la règlette R.

4° Une poire P en caoutchouc, munie d'un clapet automatique (fig. 5).

Cette poire se prolonge par un tube en verre V de 400 mm. de longueur, diamètre extérieur 7 à 8 mm., trou intérieur le plus grand possible.

A défaut de poire on peut souffler dans l'éprouvette. Toutefois ce procédé présente des dangers par suite des projections.

5° Une pipette I ou un tube gradué pour les additions d'eau (fig. 4).

Le mode opératoire consiste à partir d'un liquide lourd et à

APPAREILS NÉCESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION
DES CARACTÉRISTIQUES

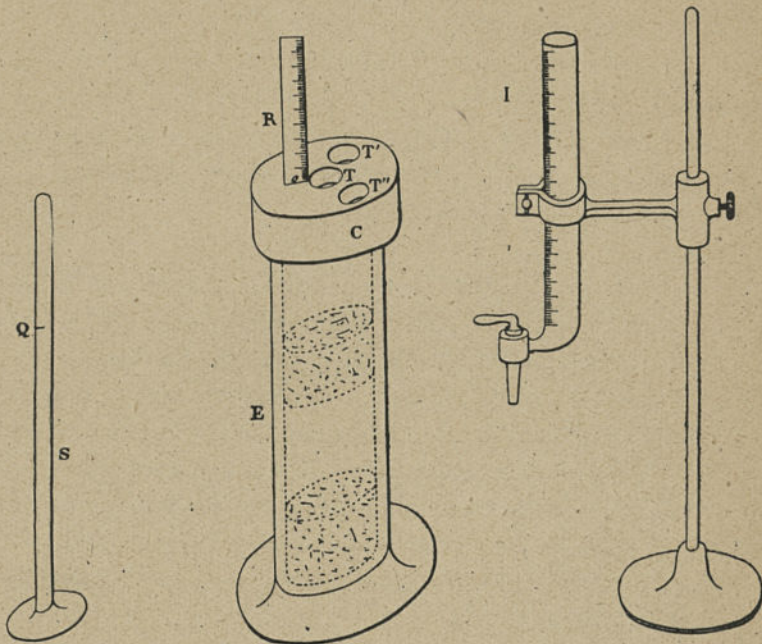


Fig. 2. — Sonde à bout plat en verre

Cette sonde porte en Q, un repère gravé dont la hauteur correspond au zéro de l'éprouvette ci-contre.

Fig. 3. — Eprouvette E, son capuchon en ébonite C, et sa règle R

T, trou pour le passage de la sonde S ; T' trou pour les additions d'eau ; T'' trou pour les insufflations.

Fig. 4. — Pipette pour les additions d'eau

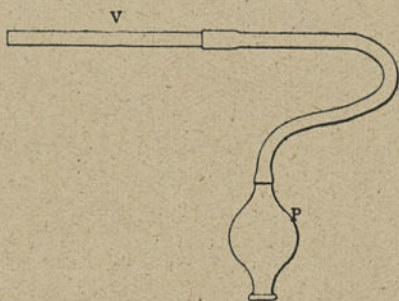


Fig. 5. — Poire en caoutchouc munie d'un tube en verre V, pour les insufflations

Les appareils ci-dessus sont en vente chez POULENC FRÈRES, 86, rue Vieille-du-Temple, Paris.

en diminuer graduellement la densité par des additions successives d'un liquide léger. Avant chaque addition on lit sur la réglette R l'épaisseur des dépôts.

La poire P, sert au brassage du mélange par injection d'air après chaque addition.

Comme liquide lourd, l'acide sulfurique concentré ($D = 1,85$) suffit dans la majorité des cas.

La densité de ses solutions dans l'eau suit assez exactement la loi des mélanges pour que dans la pratique on puisse considérer comme exactes les densités calculées.

Par exemple. — On introduit dans l'éprouvette après avoir enlevé le capuchon 50 cm³ d'acide sulfurique puis 50 cm³ du charbon à étudier préalablement criblé 1 à 2 mm. par exemple.

On mélange et on brasse par insufflation avec la poire en caoutchouc. Les parties lourdes de densités supérieures à 1,85 tombent au fond. On mesure la hauteur des dépôts à la sonde.

La chute des particules lourdes étant d'autant moins rapide que leur densité se rapproche plus de celle du liquide ambiant, la hauteur lue sur la sonde ne doit être enregistrée que lorsque les lectures sont constantes.

2° Addition de 10 cm³ d'eau dans l'éprouvette. Densité du mélange :

$$\frac{50 \times 1,85 + 10}{50 + 10} = 1,71$$

Brassage et mesure de la hauteur des dépôts.

3° Nouvelle addition de 10 cm³ d'eau. Densité du mélange :

$$\frac{50 \times 1,85 + 20}{50 + 20} = 1,61$$

Brassage et mesure de la hauteur des dépôts, etc.

L'écart entre les densités de deux essais va en diminuant avec la densité. On obtient ainsi des points très rapprochés dans les régions de la caractéristique qui correspondent aux faibles densités.

Ces régions étant précisément celles du charbon proprement dit, la caractéristique s'y établit avec une très grande précision.

La hauteur des différents dépôts établie par les précédentes opé-

rations, pour en déduire les points correspondants de la caractéristique il faut les rapporter à la hauteur primitive du charbon total éprouvé, qui est la hauteur indiquée par la réglette lorsqu'aucune ne surnage plus, à 1,15 de densité, pour la majorité des cas.

Cette hauteur sera d'ailleurs facile à constater, la hauteur des dépôts ne variant plus avec les additions d'eau.

La densité de 1,15 est atteinte par 24 additions de 10 cm³ d'eau, dans les 50 cm³ d'acide sulfurique, versés dans l'éprouvette au début de l'opération.

Tableau des densités successives de mélange d'eau
et d'acide sulfurique concentré.

*Additions successives de 10 cm³ d'eau dans 50 cm³ d'acide sulfurique
à 1,85 de densité*

1 ^{re} Addition	40 cm ³ d'eau	Densité	du mélange	1.71
2 ^e	—	20	—	1.61
3 ^e	—	30	—	1.53
4 ^e	—	40	—	1.47
5 ^e	—	50	—	1.425
6 ^e	—	60	—	1.38
7 ^e	—	70	—	1.35
8 ^e	—	80	—	1.32
9 ^e	—	90	—	1.30
10 ^e	—	100	—	1.28
11 ^e	—	110	—	1.26
12 ^e	—	120	—	1.25
13 ^e	—	130	—	1.235
14 ^e	—	140	—	1.22
15 ^e	—	150	—	1.21
16 ^e	—	160	—	1.20
17 ^e	—	170	—	1.19
18 ^e	—	180	—	1.18
19 ^e	—	190	—	1.175
20 ^e	—	200	—	1.17
21 ^e	—	210	—	1.165
22 ^e	—	220	—	1.16
23 ^e	—	230	—	1.155
24 ^e	—	240	—	1.15

Caractéristiques de teneurs en cendres. — Pour établir cette caractéristique, préparer à l'avance autant de solutions de densités différentes que l'on désire obtenir de points.

Placer dans chacune de ces solutions une quantité déterminée d'un échantillon moyen du charbon à étudier. Après brassage, enlever la partie qui surnage, la laver et en prendre la teneur en cendres.

Etude des caractéristiques Q

Quand on établit les caractéristiques d'échantillons de charbons prélevés dans un même gisement en des points différents, on constate que l'allure générale des courbes Q ainsi obtenues reste la même (1).

On peut aisément s'en rendre compte par l'inspection des trois groupes de caractéristiques ci-joints provenant d'échantillons prélevés à des époques différentes dans les mêmes gisements (fig. 6, 7, 8).

L'allure de la courbe Q fait donc partie intégrante de la nature du charbon et peut servir à la définir.

D'après leurs caractéristiques on peut diviser les charbons en deux grandes catégories.

1° *Les charbons à caractéristiques continues* (fig. 9), c'est-à-dire contenant dans leur masse des particules de toutes les densités comprises entre la densité inférieure A et la densité supérieure B.

A cette classe appartiennent les charbon d'Ahun, de Faymoreau d'Oviédo, de Firminy (couche du Soleil) Anzin et Tartaras, caractéristiques page 20.

Ces charbons ont en général la propriété de contenir beaucoup de poussières (2).

Le lavage en est difficile, car l'élimination des stériles seuls est insuffisante, la teneur en cendre de ces charbons provenant surtout des impuretés constitutionnelles qu'ils contiennent.

L'opération du lavage est d'autre part rendue particulièrement onéreuse par l'abondance des poussières entraînés dans les bassins à schlamms.

(1) M. Henry arrive aux mêmes conclusions (*R. U. M.*, 1903, 2^e volume).

(2) Ceux de Tartaras contiennent peu de poussières.

CARACTÉRISTIQUES DE FINS-FINS 3^e MONTRAMBERT
PRÉLEVÉS A ÉPOQUES DIFFÉRENTES

Février 1903 — Caractéristique n° 1
 Novembre — — — 2
 Mars 1904 — — — 3

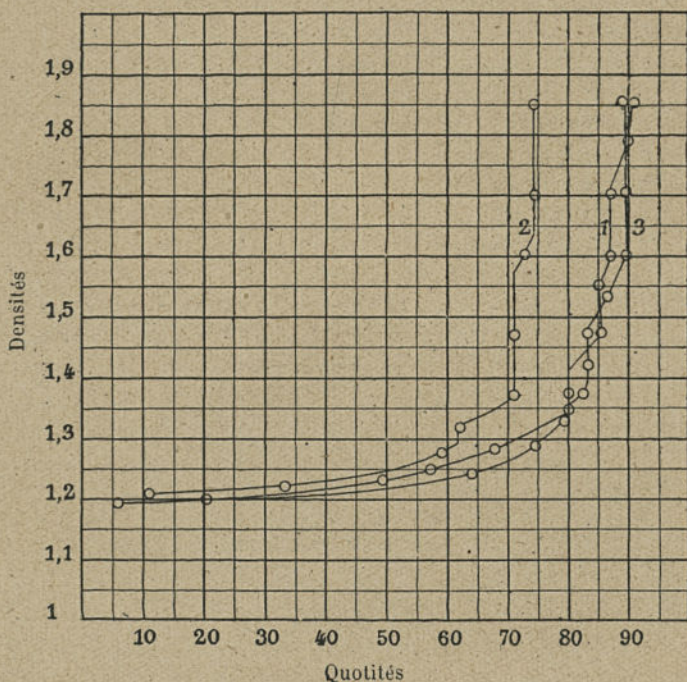


Fig. 6.

On remarquera la grande analogie d'allure de ces différentes caractéristiques. Une même lacune se constate dans les trois échantillons à la densité 1,65. Les différences de teneurs en cendres de ces échantillons proviennent presque exclusivement des quantités plus ou moins grandes d'impuretés *mécaniques*.

CARACTÉRISTIQUES DE CHARBONS FINS D'AHUN (CREUSE)
PRÉLEVÉS A DES ÉPOQUES DIFFÉRENTES

Février 1903 — Caractéristique n° 1
Octobre — — — — — 2

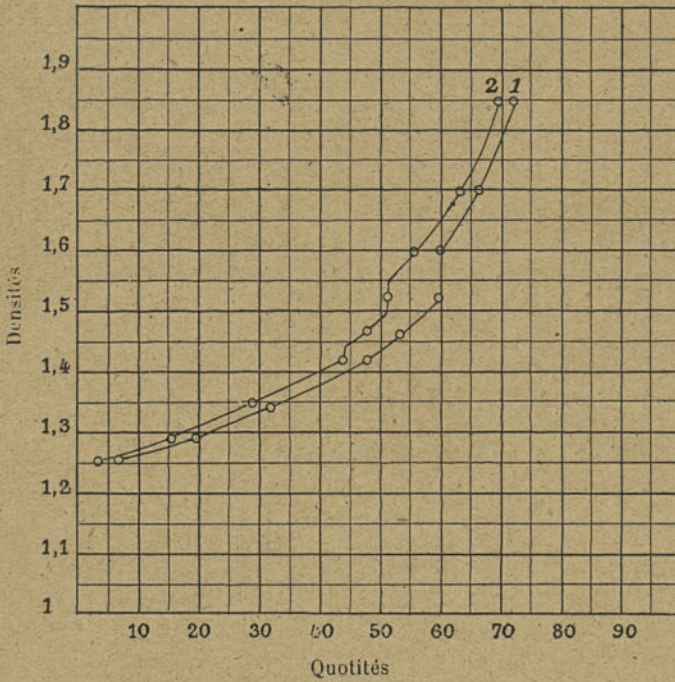


Fig. 7

L'analogie d'allure persiste.

La même lacune de densité vers 1,55 se retrouve dans les deux échantillons. On remarquera que les caractéristiques de ces échantillons diffèrent totalement de ceux de la figure 6.

La teneur en cendres de ces derniers provient en effet surtout des impuretés mécaniques, tandis que dans ceux de la présente figure elle provient d'impuretés constitutionnelles.

CARACTÉRISTIQUES DE CHARBONS FINS D'AHUN (CREUSE)
PRÉLEVÉS A DES ÉPOQUES DIFFÉRENTES

Février 1903 — Caractéristique n° 1
Octobre — — — — — 2

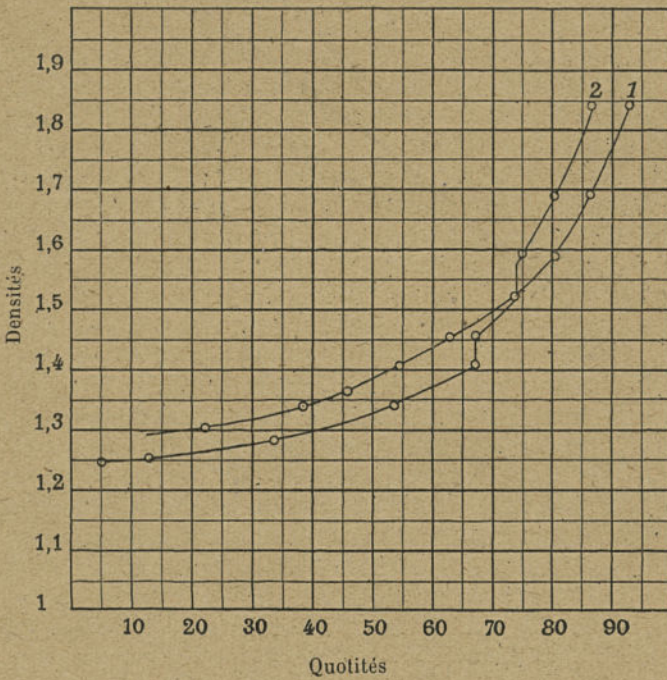


Fig. 8.

L'analogie d'allure persiste toujours.
 Toutefois l'échantillon n° 2 paraît provenir de la même couche que ceux étudiés dans la figure 7.
 On y retrouve en effet la même lacune de densité à 1,55 et la même densité inférieure 1.25.
 Ces échantillons contiennent très peu d'impuretés mécaniques.

CHARBONS A CARACTÉRISTIQUES CONTINUES

- Caractéristique n° 1 Ahun (Creuse)
 — 2 Firminy (Couche du Soleil)
 — 3 Oviedo (Espagne)
 — 4 Tartaras (Loire)
 — 5 Anzin-Lagrange (Nord)
 — 6 Faymoreau (Vendée)

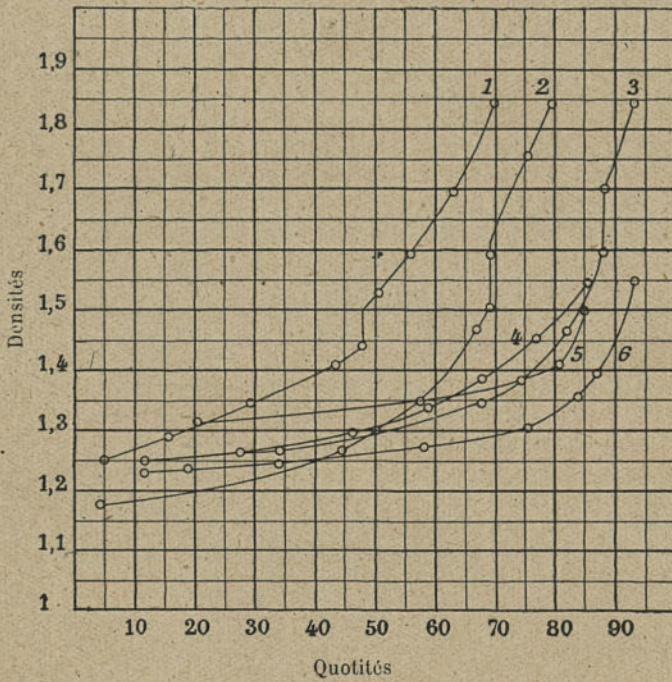


Fig. 9.

Ces charbons contiennent beaucoup d'impuretés constitutionnelles et sont tous d'un traitement délicat. Lavage difficile, en général.

On remarquera la grande densité des charbons de la caractéristique n°5. Densité inférieure 1,32

CHARBONS A CARACTÉRISTIQUES DISCONTINUES

Caractéristiques nos 1, 2, 3, 4	Montrambert (Loire).
— 5	Courrières.
— 6	L'Arbre-Saint-Michel (Belgique).

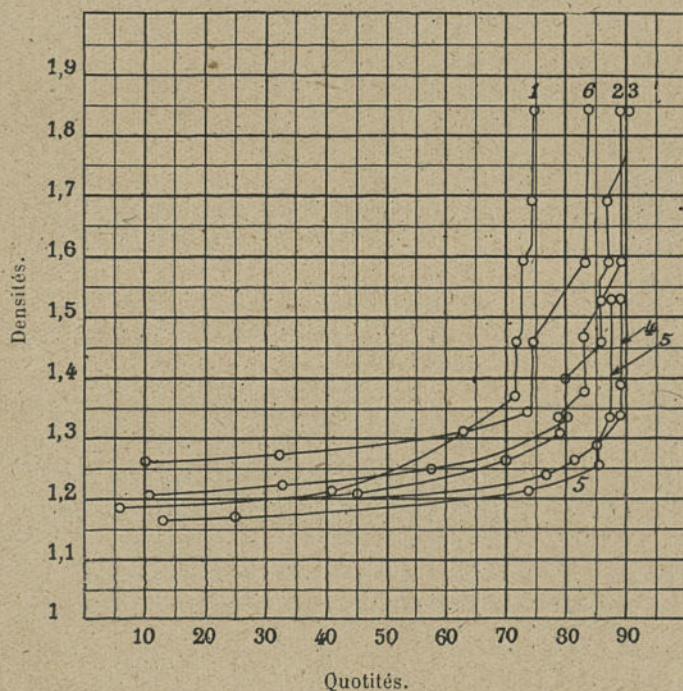


Fig. 10.

Ces charbons contiennent surtout des impuretés mécaniques. Ils sont d'un traitement facile. Le lavage n'en présente pas de difficultés.

On remarquera la grande légèreté des charbons de Courrières (densité inférieure 1,17) et la densité élevée de ceux de L'Arbre-Saint-Michel (densité inférieure 1,27).

2° *Les charbons à caractéristiques discontinues*, c'est-à-dire pouvant se scinder nettement en une partie légère qui occupe la partie supérieure de l'éprouvette dont il a été question précédemment et une partie lourde qui occupe la partie inférieure.

A cette classe (1) appartient un grand nombre des charbons du bassin de la Loire, du Nord et de la Belgique (fig. 10).

C'est le type classique des charbons appelés dans le bassin de la Loire « non barrés ».

Leur caractéristique comprend :

1° Un tronçon A B (fig. 11) continu, partant de la densité la plus faible qui est d'environ 1,17 pour les charbons de Courrières, 1,20 pour ceux de la Loire et atteint 1,27 pour certains charbons belges (L'Arbre-Saint-Michel).

2° Plusieurs tronçons à densités plus élevées CD, EF, indiquant des particules impures.

3° Un tronçon vertical indiquant un passage brusque des dépôts de densités relativement faibles à des densités élevées.

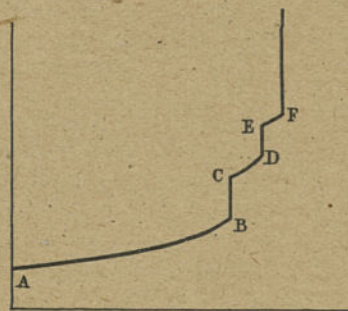


Fig. 11.

Ces charbons subissent en général facilement les opérations de lavage en raison de la netteté de séparation de densité entre la classe légère et la classe lourde.

2° Loi qui relie les teneurs en cendres aux densités

La teneur en cendres t d'une particule de densité δ est en général une fonction de cette densité.

$$t = \varphi(\delta)$$

probablement linéaire dans la majeure partie des cas.

Chaque quantité dQ de charbon de densité δ apporte donc dans la masse qui a une densité inférieure à δ une quantité de cendres

(1) Les charbons d'Anzin (Lagrange) sont à caractéristiques continues.

tdQ . La quantité de cendres contenues dans cette masse et donc

$$\int_A^{\delta} tdQ$$

et sa teneur en cendres totale T

$$T = \frac{\int_A^{\delta} tdQ}{Q} = \text{fonction de } \delta$$

L'intégration de la fonction tdQ implique la connaissance exacte de la fonction $t = \varphi(\delta)$ fonction essentiellement variable dans chaque cas. Sa connaissance ne présente qu'un intérêt limité, aussi est-il plus simple de mesurer directement T en prélevant des échantillons dans les quantités Q qui ont permis de tracer par points la caractéristique de densités.

Les teneurs en cendres de ces quantités Q permettent de tracer par points la courbe.

$$T = \text{fonction de } \delta$$

et d'obtenir ainsi la caractéristique de teneurs en cendres.

Les solutions liquides employées pour les séparations ne faussent pas les teneurs en cendres si on prend la précaution d'opérer sur des solutions organiques lourdes brûlant, ou s'évaporisant sans laisser de résidus, telles que le bromoforme, chloroforme, iodure d'éthyle, acide sulfurique, etc. (1).

Si on se représente l'éprouvette dont il a été question précédemment dans laquelle les particules de charbon ont été classées par ordre de densité, la caractéristique de densités est représentée par la courbe *ab* (fig. 12),

Pour figurer la caractéristique de teneurs en cendres, traçons sur MN des divisions proportionnelles à la teneur en cendres. On établit alors la caractéristique T par points en portant en abscisses les den-

(1) L'acide sulfurique attaque les carbonates. On peut admettre toutefois que les sulfates produits ne faussent pas les valeurs de T, les carbonates denses tombant au fond de l'éprouvette.

sités de solution liquide et en ordonnée la teneur en cendres du charbon qui surnage cette solution (1).

CONSTRUCTION DES CARACTÉRISTIQUES DE TENEURS EN CENDRES

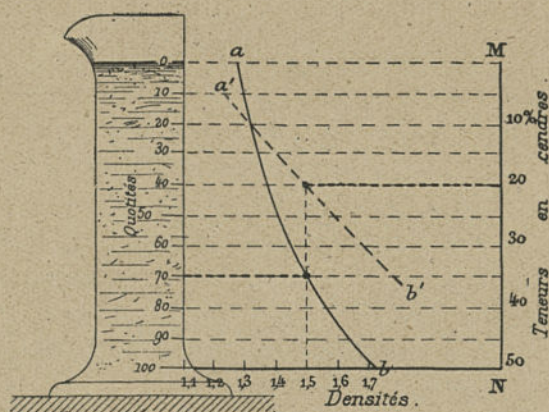


Fig. 12.

La caractéristique de teneur en cendres est la courbe $a'b'$.

On a ainsi une courbe $a'b'$.

En possession des deux courbes ab et $a'b'$ tous les problèmes relatifs au lavage se résolvent facilement.

Peut-on savoir par exemple quelle quantité de charbon à 20 0/0 de cendres on peut retirer par lavage de celui qui correspond aux caractéristiques ab et $a'b'$, — la caractéristique $a'b'$ montre qu'il faut prendre tout ce qui surnage à la solution de densité 1.50 et la caractéristique ab indique que 70 0/0 du charbon brut surnage cette solution. On peut donc par lavage retirer théoriquement du charbon étudié 70 0/0 de lavés à 20 0/0 de cendres. (En volume).

Ce dernier exemple permet de se rendre compte de toute l'importance que présentent les caractéristiques en ce qui concerne l'étude commerciale d'un charbon.

(1) La caractéristique de teneurs en cendres pourrait aussi être construite en portant les teneurs en cendres correspondantes à chaque tranche sur une échelle parallèle à l'échelle des densités.

CARACTÉRISTIQUES DE VOLUME ET CARACTÉRISTIQUES DE TENEURS EN CENDRES

Charbons d'Ahun (Creuse).
Teneur en cendres 35,20

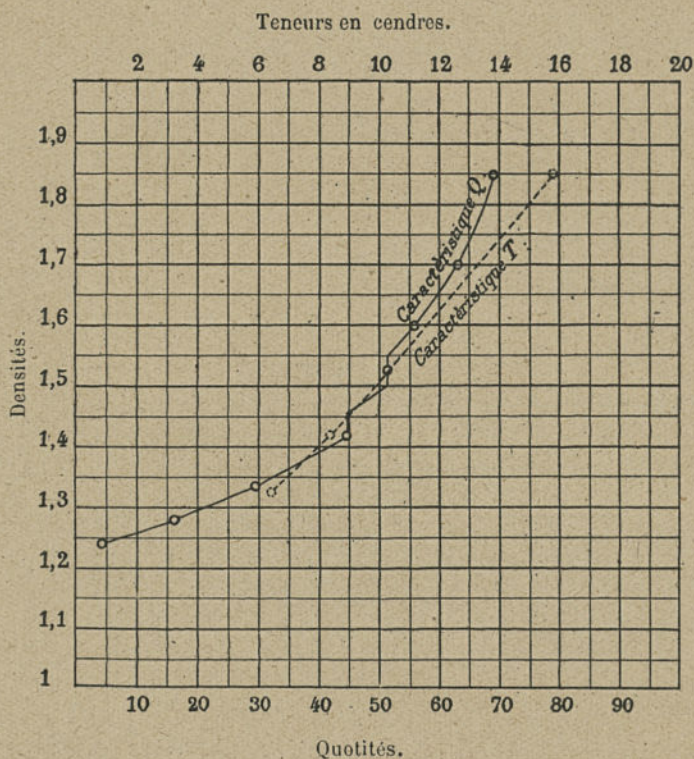


Fig. 13.

Ces deux caractéristiques montrent que ces charbons contiennent en volume

62 0/0	de charbon à	13 0/0	de cendres
52	—	10 0/0	—
42	—	8 0/0	—
27	—	6 0/0	—

Ce serait une très mauvaise opération commerciale que de vouloir les ramener à des teneurs en cendres inférieures 10 0/0.

C'est un moyen d'investigation puissant, jetant une clarté remarquable sur ces questions complexes d'étude intime des charbons au point de vue de leur lavage.

En permettant de connaître ce que peut théoriquement donner un charbon, elles indiquent le but vers lequel doit tendre la pratique et tracent un chemin à tous les errements.

CHAPITRE III

APPLICATION DES CARACTÉRISTIQUES A L'ÉTUDE DU LAVAGE

Le lavage est l'opération qui consiste à classer par densités les corps qui composent la masse du charbon, éliminer les parties les plus lourdes, schistes et classe intermédiaire et recueillir les plus légères qui forment le charbon lavé proprement dit.

Les teneurs en cendres étant, dans une certaine mesure, proportionnelles à la densité, il en résulte que les particules les plus légères seront les plus pures et inversement.

On ne connaît pas actuellement de procédés qui permettent de procéder d'une façon différente.

Le meilleur mode de lavage est celui qui conduit à la classification théorique telle qu'elle a été obtenue pour l'établissement des caractéristiques. Toutefois ce mode de lavage ne paraît pas jusqu'à présent avoir reçu de solution économique.

C'est cette classification que visent les lavoirs à marche discontinue tel le lavoir Evrard de la Société des Houillères de Saint-Etienne.

Aussi a-t-on recours à différents appareils qui donnent une classification plus ou moins voisine de la classification théorique.

Le principe fondamental du fonctionnement de ces appareils réside dans la tendance marquée des particules charbonneuses pures et légères à épouser les mouvements de l'eau dans laquelle elles sont plongées, en raison de leur faible densité relative par rapport à l'eau. Elles s'isolent de ce fait des particules lourdes dont le mouvement propre est discordant par rapport à celui de l'eau.

En raison de ce fait le classement exige une différence appréciable de densités entre les classes à séparer. Il nécessite que la densité relative des particules charbonneuses par rapport à l'eau soit faible.

Les charbons pour lesquels cette méthode donnera les meilleurs résultats, seront donc les charbons légers et à caractéristique discontinue — dits non barrés — (fig. 10).

Pour ces mêmes raisons ces appareils permettront de saisir difficilement les faibles nuances de densité qui existent entre la classe légère et la classe intermédiaire. Cette dernière sera moins un classement qu'un brouillage constitué d'un mélange des deux parties.

C'est bien, en effet, ce que l'on constate. La classe intermédiaire ou mixte telle que la donnent les appareils de lavage contient une proportion de charbon pur jamais inférieure à 50 0/0 et atteignant même 90 0/0.

Ainsi donc le but du lavage est d'isoler dans le charbon :

- 1° La partie la plus légère qui constitue les lavés proprement dits ;
- 2° La partie de densité moyenne qui constitue la classe mixte ou les barrés ;
- 3° La partie la plus lourde qui constitue schistes ou refus.

Le lavage a donc théoriquement pour effet de scinder la caractéristique en deux ou trois tronçons, chacun ne comprenant aucune des densités appartenant aux autres.

Le premier tronçon relatif aux lavés, contiendra par exemple toutes les densités comprises entre 1.15 et 1.40 (fig. 14).

Le deuxième, toutes celles comprises entre 1.40 et 1.70.

Le troisième, toutes les densités supérieures à 1.70.

Soit dQ la quantité de charbon brut contenue entre les densités δ et $\delta + d\delta$.

Dans les opérations du lavage de ces charbons, cette quantité de charbon dQ se conserve, mais se répartit entre les lavés, la classe mixte et les schistes. S'il n'y a pas désagrégation des particules charbonneuses au cours du lavage, cette quantité dQ doit se retrouver dans les tronçons.

Toutefois les quantités Q étant des pourcentages, il faut prendre

comme unité de longueur les projections de chacun des tronçons sur l'axe des Q .

CARACTÉRISTIQUE D'UN LAVAGE AVEC CLASSE INTERMÉDIAIRE

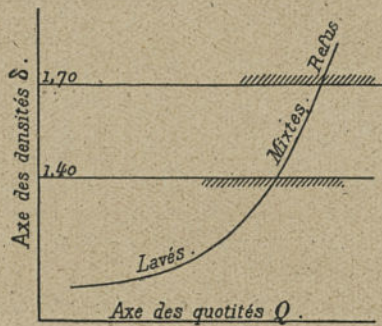


Fig. 14.

Ce lavage donne trois produits, les lavés de densité inférieure à 1.40 par exemple :
 La classe mixte comprenant toutes les particules comprises entre 1.40 et 1.70 ;
 Les refus de densité supérieure à 1.70

Soit $\alpha\beta$ la projection sur l'axe des Q d'un tronçon MN de charbon brut compris entre les deux densités dd' (fig. 15).

$\alpha\beta$ représentera la quantité de charbon comprise entre ces deux densités, contenus dans 100 parties, poids ou volume de charbon brut.

Supposons que nous voulions étudier le charbon relatif au tronçon MN.

On en prendra 100 parties et déterminera la caractéristique correspondante. Cette caractéristique ne contenant pas de densités inférieures à d , commencera en d .

Ne contenant pas de densités supérieures à d' elle finira en d'' .

D'autre part le charbon brut ne contient qu'une quantité $\alpha\beta$ de particules de densités comprise entre d et d' .

Dans ces conditions les dQ de la courbe MN se retrouveront dans

la courbe dd'' , mais amplifiées dans le rapport des quantités 100 et $\alpha\beta$.

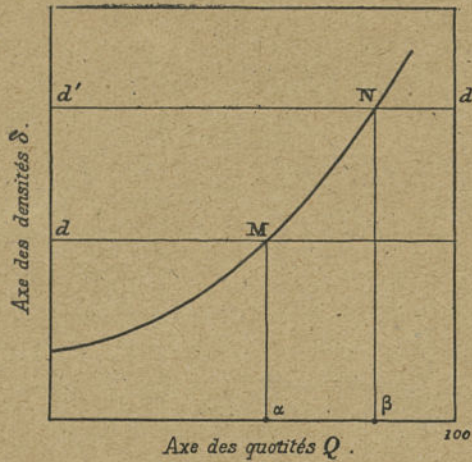


Fig. 15.

CONSTRUCTION DES CARACTÉRISTIQUES THÉORIQUES
DANS LE LAVAGE D'UN CHARBON

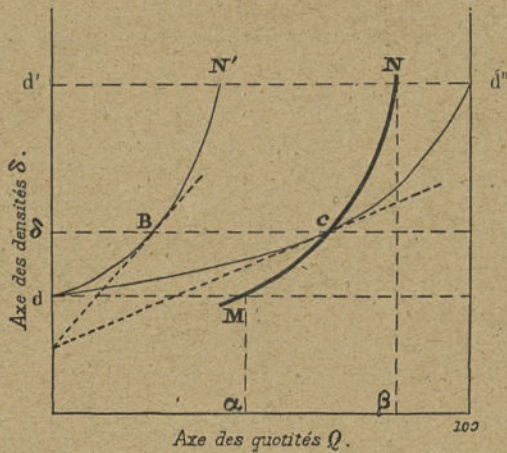


Fig. 16.

Pour construire ces caractéristiques il suffit d'amplifier les tronçons de la caractéristique du charbon initial dans le rapport de ses projections sur l'axe des quantités.

Si on représente par $Q' = \varphi(\delta)$ la courbe dd''
on aura identiquement

$$dQ' = \frac{100}{\alpha\beta} dQ$$

Ou en intégrant

$$Q' = \frac{100}{\alpha\beta} Q + C^te$$

C'est-à-dire que la courbe Q est une homographique de la courbe Q' obtenue en amplifiant les abscisses dans le rapport $\frac{100}{\alpha\beta}$.

La courbe dd'' s'obtiendra donc de la façon suivante (fig. 16).

On transporte parallèlement à lui-même le tronçon MN en dN' .

La courbe dd'' s'en déduit immédiatement par amplification des abscisses Q dans le rapport de 100 à $\alpha\beta$.

Il convient de noter que dans cette amplification les tangentes aux courbes dN' et dd'' à un point de même ordonnée se rencontrent sur l'axe des δ .

Ainsi donc la courbe dd'' est la caractéristique des particules du charbon brut de caractéristique MN , comprises entre les densités d et d' .

Examinons comme conséquence quelles seront les caractéristiques des lavés et refus provenant du lavage d'un charbon déterminé.

1° Lavage en deux catégories

Dans ce mode de lavage, la caractéristique des charbons bruts est scindée en deux tronçons. Le tronçon inférieur correspond aux produits lavés proprement dits comprenant toutes les particules de densité inférieure à une densité D et le tronçon supérieur toutes les densités supérieures à D .

Soit MN la caractéristique des charbons bruts (fig. 17).

Les caractéristiques des produits obtenus se déduiront de l'amplification des tronçons MN' et NN' et deviendront MN'' et DN .

Les longueurs $\alpha\alpha'$ et $\alpha\beta$ représentent les quantités respectives théoriques de lavés et de refus à obtenir.

Dans la pratique aucun appareil de lavage n'étant parfait les courbes obtenues s'écarteront plus ou moins des courbes théoriques suivant les tracés en pointillé.



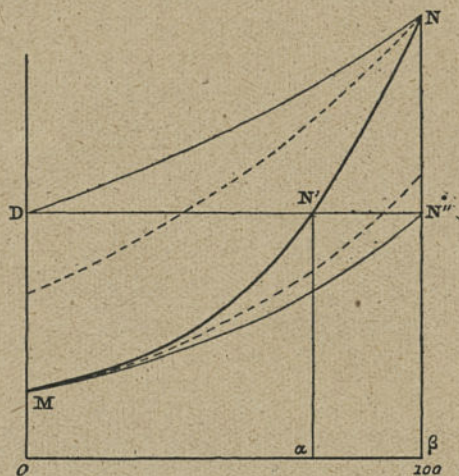
CONSTRUCTION DES CARACTÉRISTIQUES THÉORIQUES
DANS LE CAS D'UN LAVAGE SANS CLASSE MIXTE

Fig. 17.

La caractéristique des lavés résulte de l'amplification MN'' du tronçon MN , celle des refus de l'amplification DN du tronçon NM' .

Les traits pointillés représentent les caractéristiques expérimentales.

Exemple n° 1 (fig. 18). — Cet exemple se rapporte au lavage de charbons fins criblage 0,6 à caractéristique discontinue, par un appareil centrifuge (Turbo classeur).

Les exemples ultérieurs se rapporteront au lavage de charbons par les appareils actuellement en usage, bac à pistons et dérivés.

Dans cet exemple la densité D de scission de la caractéristique brute est d'environ 1,37. Les caractéristiques théoriques qui en sont la conséquence sont tracées en pointillé. En leur comparant les caractéristiques des produits obtenus on fait les remarques suivantes :

1° *Refus*. — La caractéristique des refus décèle — tronçon L — la présence de particules légères, 32 0/0, en volume, de densités inférieures à 1,37. Théoriquement ces particules devraient se trouver dans les lavés. Les deux caractéristiques sont absolument sem-

CARACTÉRISTIQUE DE LAVAGE SANS CLASSE MIXTE

MINES DE MONTRAMBERT
Menus criblés 0-6.

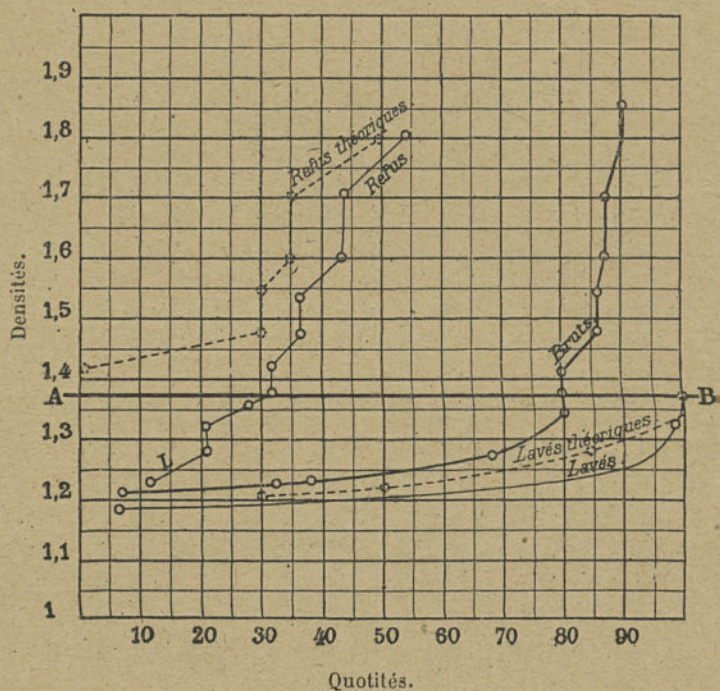


Fig. 18.

La caractéristique des refus épouse de très près la caractéristique théorique.
On remarquera que les lavés contiennent toutes les particules de densité inférieure ce qui ne se produira dans les exemples suivants que pour le lavage des dimensions supérieures à 4 mm.

Teneur en cendre des	bruts	16.70
—	lavés	9.54
—	refus	47.20

CARACTÉRISTIQUES DE LAVAGE SANS CLASSE MIXTE

MINES DE FIRMINY ET ROCHE-LA-MOLIERE

Menus criblés 0-4.

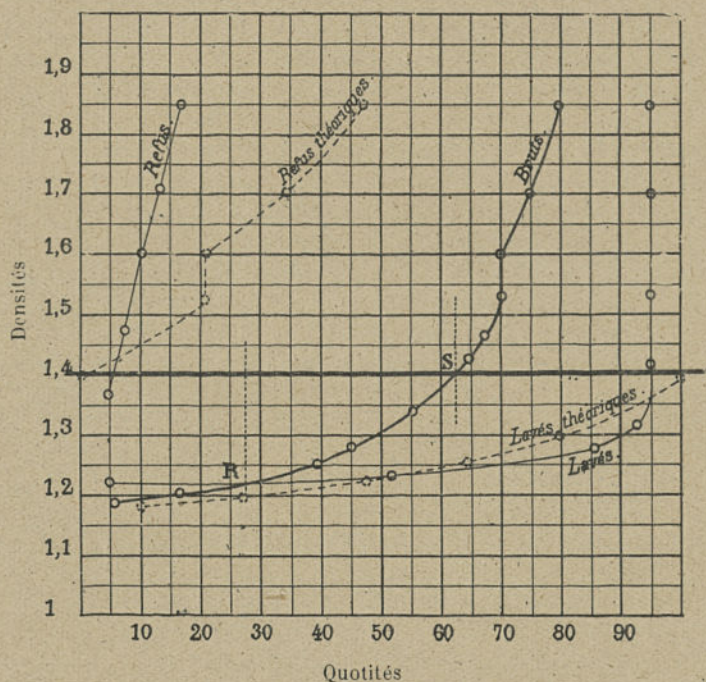


Fig. 49.

Les caractéristiques expérimentales s'écartent notablement des caractéristiques théoriques.

Les refus ne sont pas exacts et sont plus denses qu'ils ne peuvent être; la prise d'échantillon n'a porté dans cette classe que sur les parties lourdes.

On remarquera, contrairement à l'exemple précédent, que les lavés ne contiennent pas les particules de densité inférieures à 1,22 du charbon traité.

C'est la perte par entraînement dans les bassins à schlamms.

Dans ce cas elle représente en volume environ 30 0/0 du charbon traité.

blables; elles seront identiques si par un moyen quelconque on supprime l'entraînement de particules légères avec les refus.

Le lavage sera dans ce cas théoriquement parfait.

2° *Lavés*. — La caractéristique des lavés s'écarte de la caractéristique théorique et indique plus de particules légères qu'elle ne devrait théoriquement en contenir. Ce fait provient de ce que la prise d'échantillons a porté sur des particules un peu plus légères que la moyenne. Nous retrouverons d'ailleurs ce fait dans l'exemple suivant.

Une particularité remarquable est à signaler. On retrouve dans les lavés une forte proportion — 90 0/0 — de particules de densités inférieures à 1,22.

Cette particularité est caractéristique de l'appareil car dans les fines lavées au moyen de bac à piston, nous verrons dans la suite qu'il n'existe jamais de particules de diamètre inférieur à 4 mm. et de densités inférieures à 1,22. Ces particules distraites du charbon par le courant d'eau qui traverse le lavoir vont se déposer dans les bassins à schlamms.

Exemple n° 2 (fig. 49). — Les échantillons qui ont servi à établir les caractéristiques de cet exemple proviennent d'une des installations de lavage les plus récentes du bassin de la Loire. Criblage 0,4 mm. Ils m'ont été remis à titre documentaire et leur étude laisse entrevoir clairement les erreurs que l'on peut être exposé à faire dans les prises d'échantillons.

Comme précédemment les caractéristiques théoriques sont tracées en pointillé.

1° *Refus*. — La caractéristique des refus est totalement distincte de la caractéristique théorique. Elle indique beaucoup plus de particules lourdes que les refus ne doivent contenir.

Les particules de densités supérieures à 1,40 qui existent dans le charbon brut ne se retrouvent pas dans les lavés et en quantité infime dans les refus. La prise d'échantillons n'a donc pas englobé ces particules, et toutes déductions qu'on peut tirer de leur analyse

sont entachées d'erreurs. Les teneurs en cendres de refus de cet exemple sont de beaucoup plus élevées que ce qu'elles doivent être. Si cette teneur en cendres forme la base du réglage celui-ci est vicié de prime abord.

2° *Lavés.* — La caractéristique indique 5 0/0 de particules lourdes dont l'origine paraît être étrangère au lavage. Elle donne lieu aux mêmes observations que dans le cas précédent, en ce qui concerne la prise d'échantillons qui a porté sur des particules plus légères que la moyenne des lavés.

La caractéristique dénote aussi l'absence complète dans les lavés de particules de densités inférieures à 1.22, qui, ainsi que nous l'avons vu précédemment, sont entraînés dans les bassins à schlamms.

L'examen des caractéristiques indique que, seules les particules de densités comprises entre 1.22 et 1.40 entrent dans la composition des lavés, la proportion de ceux-ci par rapport au charbon brut sera de 32 à 33 0/0 en volume (tronçon RS de la caractéristique des bruts (fig. 19). En poids cette proportion serait encore notablement réduite et correspondrait à environ 250 kgr. de lavés par 1.000 kgr. de charbon traité. La perte sèche serait donc de 75 0/0,

alors que dans l'exemple précédent elle n'excède pas 25 0/0.

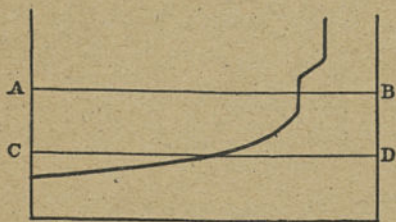


Fig. 20.

Les charbons ne sont évidemment pas les mêmes dans les deux cas. Toutefois le lavage du premier charbon donnerait lieu aux mêmes observations si la scission des caractéristiques au

lieu de se faire en AB se faisait à une densité inférieure, par exemple en CD (fig. 20), région dans laquelle la caractéristique est continue.

Ces deux exemples permettent déjà de voir l'influence économique du mode de lavage adopté sur les prix de revient et quelles différences énormes on peut être appelé à constater.

Si, dans les deux cas que nous venons d'étudier, le prix de revient

du charbon rendu à l'atelier de lavage est le même A, du fait des pertes seules, ce prix de revient sera $\frac{A}{0,75} = 1,33 A$ environ dans le

premier cas et $\frac{A}{0,25} = 4 A$ dans le second.

Le prix de revient varie du simple au triple.

Cette question sera d'ailleurs étudiée dans les paragraphes ultérieurs.

2° Lavage en trois catégories

Ce mode de lavage est indispensable quand on se fixe à la fois une teneur en cendres déterminée dans les lavés et dans les schistes ou refus.

Si on se reporte en effet à l'éprouvette qui nous a servi à donner une représentation imagée des caractéristiques, éprouvette dans laquelle le charbon a été classé en couches de densités croissantes, pour recueillir des lavés à teneur en cendres déterminée, il faudra enlever toutes les couches supérieures AB (fig. 21).

Pour isoler des schistes à teneur en cendres déterminée, il faudra isoler toutes les couches inférieures à CD.

La partie M, comprise entre les tranches AB et CD, constitue ce qui reste après avoir retiré les particules légères L, et les particules lourdes S de la teneur en cendres qui a été fixée.

Cette classe M, est appelée suivant les régions, crus, barrés, mixtes, ou classe intermédiaire.

Dans ce mode de lavage, la caractéristique des charbons bruts est donc scindée en trois tronçons HB, BD, DI, correspondant aux sections AB et CD précédentes (fig. 22).

L'amplification de ces tronçons donnera les caractéristiques des produits du lavage soit :

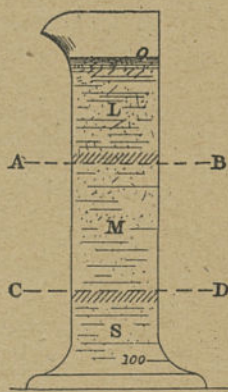


Fig. 21.

CARACTÉRISTIQUE HB". — Amplification du tronçon HB, rapport $\frac{\sigma\gamma}{\alpha\alpha}$, lavés

CARACTÉRISTIQUE B'D". — Amplification du tronçon BD, rapport $\frac{\sigma\gamma}{\alpha\beta}$, mixtes.

CONSTRUCTION DES CARACTÉRISTIQUES DE LAVAGE AVEC CLASSE MIXTE

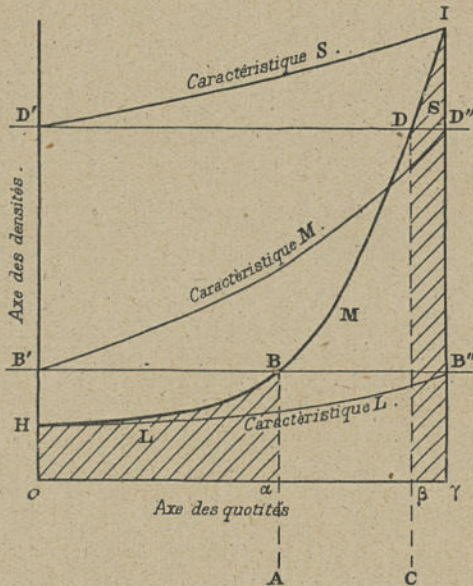


Fig. 22.

La caractéristique du charbon traité étant HI, celle des lavés sera HB" résultant de l'amplification du tronçon HB ; celle des mixtes sera B'D" résultant de l'amplification du tronçon BD ; celle des refus D'I résultant de l'amplification du tronçon DI.

CARACTÉRISTIQUE D'I. — Amplification du tronçon DI, rapport $\frac{\sigma\gamma}{\beta\gamma}$, schistes ou refus.

Exemple n° 2 bis (fig. 23). — Charbons à caractéristique continue, criblage 4-8. Appareils de lavage dérivés du bac à piston.

CARACTÉRISTIQUES DE LAVAGE AVEC CLASSE MIXTE

MINES DE FIRMINY ET ROCHE-LA-MOLIERE

Criblés 4-8

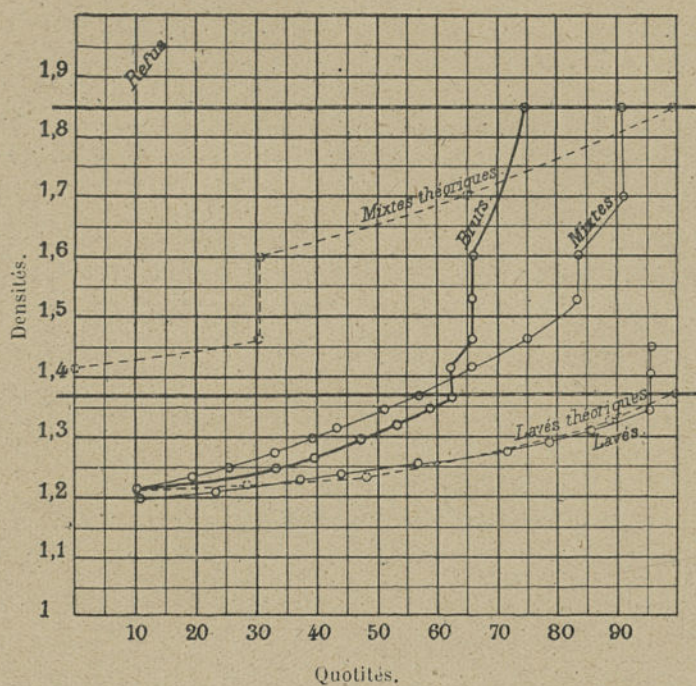


Fig. 23.

La caractéristique expérimentale des mixtes s'écarte sensiblement de la caractéristique théorique.

Celle des lavés s'en approche beaucoup.

On remarque que les lavés ne décèlent pas de perte dans les particules de faibles densités.

Les caractéristiques théoriques sont tracées en pointillé, elles supposent que les lavés comprennent toutes les particules de densités inférieures à 1.37, et les refus, toutes les particules de densités supérieures à 1.85.

Refus. — Il n'y a pas dans les refus de particules de densités inférieures à 1.85.

Mixtes ou Crus. — Leur caractéristique diffère sensiblement de la caractéristique théorique. Elle indique que 57 0/0 des particules de cette classe ont une densité inférieure à 1.37 et devraient appartenir à la classe des lavés.

Lavés. — Leur caractéristique se confond avec la caractéristique théorique. (1) Elle indique toutefois la présence probablement accidentelle d'une certaine quantité — environ 4 0/0 — de particules lourdes.

Sauf en ce qui concerne les mixtes, dont la séparation est d'ailleurs délicate, cet exemple dénote un bon lavage auquel on ne peut chercher à apporter que des améliorations de détail.

Exemple n° 3. — (fig. 24) Charbons à caractéristique discontinue, criblage 0,15.

Appareils de lavage dérivés du bac à piston.

Il convient de prime abord de remarquer que ces charbons comprennent les fines, qui étaient exclues dans le cas précédent. Le criblage est, d'autre part, beaucoup plus étendu — 0,15 au lieu de 4,8.

Refus. — Il est difficile de déterminer dans cet exemple une démarcation nette en ce qui concerne les produits obtenus.

La création d'une classe intermédiaire ne présente d'intérêt que pour obtenir des refus de densités et par suite de teneurs en cendres élevées.

(1) La caractéristique des lavés indique 30 0/0 de particules de densités inférieures à 1,22. Cela tient à ce que cet exemple a trait à des charbons de criblage supérieur à 4 mm.

CARACTÉRISTIQUES DE LAVAGE AVEC CLASSE MIXTE

MINES DE MONTRAMBERT

Criblage 0,15

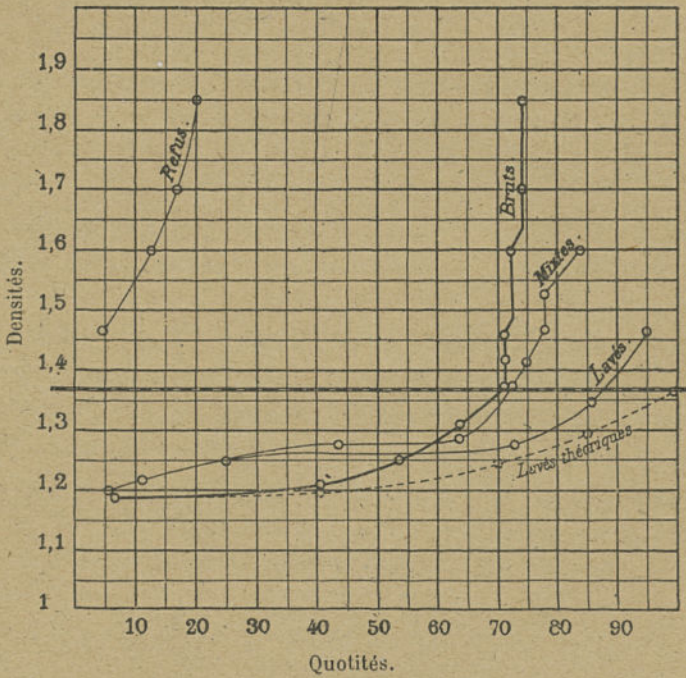


Fig. 24

Les caractéristiques expérimentales diffèrent totalement des caractéristiques théoriques.

Cet exemple indique que le lavoir avait un besoin sérieux d'être amélioré.

La caractéristique des schistes ou refus, qui indique une certaine quantité de particules de densités relativement faibles, est plus mauvaise que celle que nous avons trouvée dans le cas précédent.

Mixtes ou Crus. — Cette classe doit comprendre toutes les particules comprises entre la densité supérieure des lavés — 1,37 — et la densité inférieure des refus — 1,85 —, c'est-à-dire d'après la caractéristique des charbons bruts, environ 3 0/0 du charbon traité.

La classe mixte ne joue donc qu'un rôle insignifiant dans le lavage de ces charbons et il eût été certainement plus économique de ne laver en deux catégories, lavés et refus à la condition de calibrer avant lavage.

Aussi la classe mixte est-elle constituée en majeure partie de charbon pur distrait à la classe des lavés — 72 0/0 — et probablement d'une quantité notable de particules de densités élevées.

Lavés. — Leur caractéristique s'éloigne de la caractéristique théorique. Elle indique des particules appartenant un peu à toutes les densités.

Elle présente un point d'inflexion accentué au voisinage de la densité de 1,25. Les lavés contiennent notablement moins de particules de densités inférieures qu'ils ne devraient en contenir.

L'absence de ces éléments légers provient de l'entraînement provoqué par le courant d'eau qui traverse le lavoir, fait que nous avons déjà constaté dans l'exemple n° 2, (fig. 19).

Cet exemple dénote un lavage insuffisant et sûrement onéreux.

CHAPITRE IV

DES PERTES

Le but que se propose l'opération du lavage est, en partant de produits impurs et non marchands, d'obtenir des produits ayant une valeur commerciale. C'est, comme toute industrie, une simple transformation. Le charbon lavé est un produit manufacturé et, à ce titre, il ne peut être obtenu sans déchets.

La meilleure marche sera celle qui, partant d'une matière première déterminée, permettra de donner au produit obtenu le maximum de valeur commerciale avec le minimum de frais et de déchets.

La question des frais de transformation est surtout une question d'installation. Il n'entre pas dans le programme de cette étude d'en aborder la discussion, et dans ce chapitre sera seulement développé la question des déchets de transformation ou pertes.

Les études précédentes ont permis de discerner et reconnaître les résultats du lavage. Elles ont montré comment on pouvait évaluer les pertes que cette opération entraînait.

Nous allons étudier dans ce chapitre quelles sont ces pertes, et quelles peuvent être leurs conséquences économiques, tant pour celles qui sont inhérentes à la nature du charbon, que pour celles qui proviennent de l'imperfection des appareils de transformation.

1° *Pertes inhérentes à la nature du charbon.* — Pour amener le charbon brut à une teneur en cendres déterminée il faut lui enlever une certaine quantité d'impuretés dont il est souillé.

Ces impuretés sont : soit constitutionnelles, c'est-à-dire pro-

viennent de la nature même du charbon, les particules pures et impures s'étant déposées simultanément ou à peu d'intervalle lors de la formation du gisement ; soit mécaniques, c'est-à-dire proviennent de particules impures incorporées dans la masse postérieurement à sa formation.

L'élimination complète des impuretés constitutionnelles exigeant la désagrégation de la molécule charbon, est un problème qui relève du domaine de la chimie.

Toutefois leur élimination partielle est le plus souvent possible. Les particules impures communiquent au fragment qui les contient une densité d'autant plus grande que leur nombre est plus élevé. On pourra donc trouver, dans la masse qui constitue le charbon, des parcelles de toutes les densités, constituant les maillons d'une chaîne partant des parcelles les plus pures pour arriver aux plus impures. — Charbons à caractéristique continue — (fig. 9).

L'étude des caractéristiques T fixera sur la quantité de charbon de la teneur en cendres que l'on s'est imposée, que l'on pourra retirer du charbon brut étudié.

Le reliquat constituera la perte. Ce sera une perte réelle, s'il n'est pas possible de tirer un parti économique de ce reliquat.

On pourra en diminuer l'importance, si par un second traitement on peut en retirer des produits ayant une valeur marchande — mixtes ou crus.

Quand les impuretés sont d'ordre mécanique, leur élimination est un des problèmes les plus simples qu'on puisse se poser en matière de lavage. Les caractéristiques de proportion Q fixeront sur les proportions de ces impuretés, les caractéristiques de teneurs en cendres T sur les variations de teneurs en cendres que leur élimination entraîne. En général cette élimination est insuffisante pour atteindre de basses teneurs en cendres.

Toutefois, dans certains cas particuliers, la transformation demande à être poussée plus loin et l'étude doit être alors envisagée comme pour les charbons à caractéristique continue.

L'exemple n° 2 (fig. 19) de lavage de charbons à caractéristique continue a montré les pertes énormes auxquelles on s'expose quand on cherche à pousser trop loin le lavage de cette catégorie de charbons.

On ne peut y parer dans une certaine mesure, qu'en employant des appareils de lavage possédant la faculté de réglage, c'est-à-dire permettant d'obtenir, avec les charbons traités, des produits à teneurs en cendres variables suivant les exigences commerciales.

Cette faculté de réglage se trouve dans les bacs à piston à marche discontinue des Houillères de Saint-Etienne — type Evrard — et dans le turbo-classeur.

Le traitement des charbons à caractéristique continue exige donc une marche particulièrement prudente, demandant encore à être secondée du côté commercial.

Pertes provenant des appareils de lavage.

Aucun appareil de lavage n'ayant un fonctionnement parfait, la scission des particules denses et des particules légères ne se fera jamais d'une façon absolue.

Le but du lavage étant d'isoler dans la masse du charbon traité les particules légères pour en former la classe des lavés, il y aura perte toutes les fois que des particules pures seront distraites de cette classe au profit des classes secondaires.

L'étude des caractéristiques de lavage a décelé la présence de particules pures dans les classes mixtes de crus ou barrés.

Elle a aussi démontré l'existence de pertes d'une autre nature, les pertes par entraînement ou pertes par schlamms.

1° *Pertes de classe mixte.* — Ces pertes ont une importance variable suivant l'importance que l'on donne à cette classe dans le lavage.

Au puits Monterrad de la Compagnie des Mines de Firminy, on admet que la classe mixte représente, dans le lavage des braisettes de 15 à 17 0/0 du charbon traité. Cette classe mixte contient d'après les caractéristiques environ 50 0/0 de particules pures ; la proportion de celles-ci qui sont distraites de la classe des lavés représente donc de 7,5 à 8,5 0/0 du charbon brut.

Au puits Sagnat de la même Compagnie, le lavage des fines 0,10

donne une proportion d'environ 15 à 20 0/0 de mixtes contenant jusqu'à 90 0/0 de particules pures — 2 décembre 1903.

Au puits Dièvre de la Compagnie des Mines de Montrambert, je n'ai pu connaître la proportion relative des mixtes de lavage. Ils contiennent 70 0/0 de particules pures. En admettant la même proportion que pour le puits Monerrad, l'entraînement de parcelles pures par la classe mixte représenterait donc 10 à 12 0/0 du charbon traité.

Du fait de la création de cette classe de mixtes, on s'astreint donc dans les installations de lavage actuelles, à recueillir une quantité plus faible de lavés (1).

Cette classe mixte trouve bien en général un écoulement, mais sa valeur marchande est inférieure d'environ 50 0/0 à celle du charbon lavé.

Dans les charbons à caractéristique continue qui donnent souvent lieu à des pertes extrêmement élevées si on veut obtenir des produits lavés très purs, la création de la classe des mixtes peut permettre dans une certaine mesure, d'atténuer l'importance commerciale de cette perte.

Il n'en est plus de même avec les charbons à caractéristique discontinue, qui devraient donner des produits commerciaux avec des pertes relativement faibles sans le concours de la classe mixte. La création de cette classe constitue donc dans ce cas un véritable cercle vicieux dont l'influence n'est pas contestable sur le prix de revient du lavage, qu'elle grève vigoureusement.

Prenons par exemple le cas du puits Sagnat, où en traitant des charbons à caractéristique nettement discontinue, on obtenait environ 17 0/0 de mixtes contenant dans un échantillon 90 0/0 de particules pures. Dans ce cas, la classe créée pour les besoins du lavage était purement artificielle.

Les 17 0/0 de mixtes ainsi créés enlèvent au charbon traité 15,3 0/0 de ses particules pures qui sont vendues $\frac{a}{2}$ au lieu d'être

(1) On peut se demander si, en supprimant la classe mixte, les parcelles pures qui s'y trouvent n'iraient pas dans la classe des refus. Il en irait certainement beaucoup moins, le fonctionnement d'un appareil de lavage, étant d'autant meilleur, qu'il traite des matières présentant des écarts de densité plus élevés.

vendues a . La perte par tonne brute est donc de $\frac{a}{2} \times 0,153$, soit actuellement environ 2 fr.

On conçoit donc quelle importance peut acquérir cette perte dans une installation de lavage, toujours destinée à traiter de grosses quantités de charbon et quel trou béant elle peut occasionner dans le rendement commercial de l'installation.

C'est à tort que, dans la plupart des installations actuelles de lavage, on a voulu généraliser la création de cette classe mixte et l'appliquer indistinctement à tous les charbons.

On ne doit pas perdre de vue que le but primordial du lavage est d'obtenir du charbon lavé et que la meilleure marche sera celle qui permettra, avec un charbon déterminé, d'en retirer la plus grande quantité possible de lavés. Aussi dans une installation ne doit-on pas craindre de multiplier les moyens de contrôle qui peuvent permettre de regarder constamment le lavage à son véritable point de vue et empêcher l'esprit de s'égarer sur des considérations secondaires.

Des moyens de contrôle suffisants ne laisseraient pas passer inaperçues les pertes énormes que nous avons rencontrées dans l'étude du lavage de l'exemple n° 2 (fig. 19), pertes qui rendent le lavage de ces charbons absolument onéreux dans les conditions où il est conçu.

Pertes par schlamms

Dans le cas particulier du traitement des menus, à la perte par classe intermédiaire, vient se greffer une autre perte par schlamms ou moure, dont l'importance peut rendre prohibitif le traitement de certains charbons légers, tels que la plupart de ceux du bassin du Nord. Cette perte est corrélative de l'emploi des bacs à piston.

Nous avons vu — page 27 — que le principe fondamental sur lequel repose le lavage des charbons réside dans la tendance nettement marquée des particules pures et légères à épouser les mouvements de l'eau dans laquelle elles sont plongées et ce, en raison de leur faible densité relative par rapport à l'eau.

Dans une étude précédente — voir *Bulletin trimestriel de l'Industrie Minérale*, 4^e série 1904, p. 714, — j'ai eu l'occasion de montrer

que l'influence de la ténuité sur les particules subissant le traitement se traduisait par une diminution apparente de la densité.

Cette tendance des particules pures à épouser les mouvements de l'eau sera d'autant plus marquée que ces particules seront plus ténues, et celles-ci seront presque toutes entraînées par le courant qui traverse les bacs à piston.

Le fonctionnement normal de ces appareils exigeant une eau fluide, on est obligé de faire précéder le retour des eaux au lavoir par des bassins de décantation où l'eau dépose la majeure partie des particules qu'elle tient en suspension.

Ce sont ces dépôts de bassins de décantation qui constituent les schlamms ou mourre.

La nature de ces dépôts varie avec la vitesse du courant d'eau qui traverse le lavoir. Pour des vitesses faibles ces dépôts seront constitués de poussières impalpables. Au fur et à mesure que la vitesse augmente, le courant entraîne dans les bassins des particules de plus en plus volumineuses, mais toujours légères, qui viennent se joindre aux poussières.

Pratiquement on peut admettre qu'au-dessous de 4 mm. le courant entraîne dans les bassins de décantation toutes les particules qui ont une densité inférieure à 1,22.

Les criblés 0,4 de la couche du Soleil (Puits Monterrad de la Compagnie des Mines de Firminy et Roche-la-Molière) contiennent 25 0/0 en volume de particules de densités inférieures à 1,22 (1). On n'en trouve plus trace dans les lavés. Dans les criblés 0,15 fins Montrambert, cet entraînement est très marqué à partir de la densité de 1,275 (2).

Ces particules pures et légères ainsi entraînées se retrouvent toutes dans les bassins de décantation où elles vont former à une certaine distance des déversoirs, des zones à teneur en cendres très souvent inférieure à celle des lavés eux-mêmes.

Dans le traitement des fines, l'influence du courant qui traverse le lavoir est celle d'un véritable lavage qui entraînerait dans les bassins de décantation les parcelles les plus pures, en ne laissant

(1) Voir fig. 49, page 34.

(2) — 24 — 41.

comme produit marchand dans le lavoir qu'une classe de lavés de second choix, à teneur en cendres relativement élevée.

Dans le bassin de la Loire, où la densité minima des particules se tient aux environs de 1,20, la proportion de particules entraînées peut à la rigueur être considérée comme faible.

Mais il en est différemment avec certains charbons du Nord, dont la densité minima tombe en dessous de 1,20. Un échantillon des mines de Courrières, criblage 0,5 a indiqué 75 0/0 de particules de densités inférieures à 1,22 et 50 0/0 de particules de densités inférieures à 1,20. Le lavage de ces fines au bac à piston serait un véritable désastre, car elles seraient presque toutes envoyées dans les bassins de décantation.

Aussi dans beaucoup d'exploitations du Nord, ne lave-t-on pas les fines au-dessous de 5 mm. et préfère-t-on les mélanger à l'état brut à des charbons lavés de criblage supérieur.

Les caractéristiques décèlent facilement les pertes par schlamms et peuvent permettre, dans une certaine mesure, d'en calculer l'importance.

Etude des pertes par schlamms d'après les caractéristiques

Les études précédentes ont permis de déterminer les caractéristiques théoriques de lavage d'un charbon déterminé.

Dans la pratique, les courbes que l'on obtiendra s'écarteront d'autant moins des courbes théoriques que le lavage sera plus parfait.

Leur allure suffira à discerner les pertes ou l'approximation du lavage, en les supposant établies d'après des échantillons bien moyens.

L'opération du lavage répartit les particules entre les différentes catégories de produits que cette opération donne.

L'ensemble des caractéristiques représente donc la totalité du charbon brut, moins toutefois les parties entraînées dans les bassins de décantation. Pour calculer la proportion de ces particules entraînées d'après les caractéristiques, on peut employer la méthode suivante :

Plaçons-nous par exemple dans le cas du traitement des charbons.
Étude analytique et comparative des charbons.

bons en deux catégories, lavés et refus, limités par une densité Δ (fig. 25).

La caractéristique MN des charbons bruts se décompose, dans le lavage, en deux courbes, la courbe MN' pour les lavés et la courbe PQ pour les refus.

Soit dQ la quantité de charbon comprise entre les densités δ et $\delta + d\delta$ contenu dans les charbons bruts.

Si la courbe MN' était une caractéristique de lavage parfait, on aurait dq étant la quantité de charbon comprise entre les densités δ et $\delta + d\delta$ contenu dans les lavés

$$dq \times \frac{Ox}{100} = dQ$$

$\frac{Ox}{100}$ étant, ainsi que nous avons vu précédemment, le rapport d'amplification.

Si l'y a perte dp , il faut substituer à l'équation précédente l'équation suivante.

$$dQ - dp = dq \frac{Ox}{100}$$

dp étant la perte infiniment petite sur la quantité dQ , d'où en intégrant depuis la valeur minima de δ jusqu'à Δ

$$Q - P = q \frac{Ox}{100}$$

$$P = Q - q \frac{Ox}{100}$$

En d'autres termes, pour connaître la perte par schlamms en particules de densités inférieures à la densité limitée Δ ,

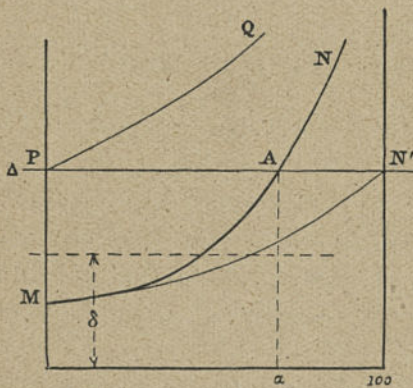


Fig. 25.

il suffit de ramener la caractéristique des lavés à l'échelle des charbons bruts de densité inférieure à Δ (1).

La perte est indiquée par la différence des abscisses.

(1) Dans le cas du traitement en trois catégories, la différence des abscisses comprend, outre la perte, le charbon contenu dans la classe mixte, qui n'en est jamais dépourvue (Voir fig. 18, 19, 23, 24).

Exemple. — *Étude des pertes par schlamms et classe mixte des charbons, figure. 24 page 41.*

Les caractéristiques de lavage de ces charbons montrent d'une façon frappante l'influence des pertes par schlamms.

ÉTUDE DES PERTES AU LAVAGE D'APRÈS
LES CARACTÉRISTIQUES

(Lavage suivant caractéristiques fig. 24).

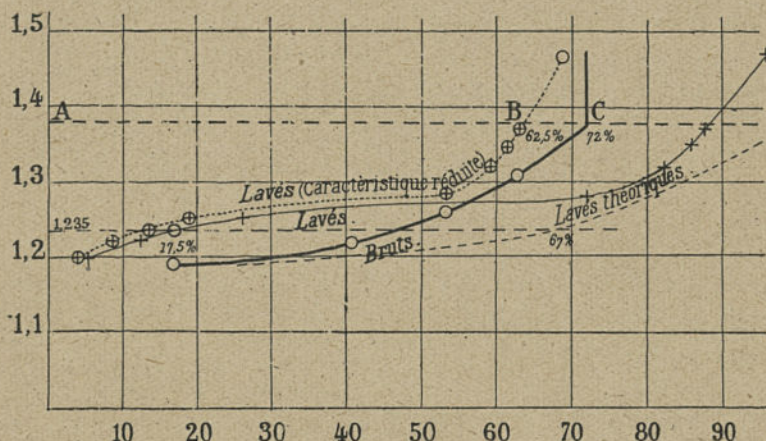


Fig. 26.

Ces caractéristiques montrent en particulier que les lavés ne contiennent que 17,5 0/0 de particules de densité inférieure à 1,235, alors qu'ils en devraient contenir 67,0/0.

La perte est indiquée par la différence des abscisses, entre la courbe des bruts et la courbe en pointillés.

Par exemple, la perte en charbons de densités inférieures à 1,37 correspondant à

9,50 0/0 de cendres est de $\frac{72 - 62,5}{72} = 11,0 \text{ 0/0}$.

En ramenant la caractéristique des lavés à l'échelle de celle des bruts, c'est-à-dire en multipliant toutes les abscisses par $\frac{72}{100}$ on

obtiendra la courbe en pointillé qui, par comparaison avec la caractéristique des bruts donnera, ainsi que nous l'avons vu précédemment, la perte qui s'est produite au cours du lavage sur les charbons de densité inférieure à la densité de comparaison.

Dans l'exemple précédent, la classe des lavés est limitée par la densité de 1,37.

Pour cette densité l'écart des abscisses $AC = 72$, $AB = 62,5$ est égal à $AC - AB$ soit 9,5.

On a donc perdu au cours du lavage $\frac{9,5}{72}$ soit 11,8 0/0 des particules de densités inférieures à 1,37. Les particules manquant à l'appel se sont réparties entre la classe intermédiaire et les bassins de décantation.

Les caractéristiques précédentes montrent que ces pertes deviennent très considérables pour des particules de densités inférieures à 1,28.

A cette densité la caractéristique des lavés présente un point d'inflexion.

Pour une densité de 1,233, par exemple, on constate que les lavés ne contiennent que 17,5 0/0 de particules de densités inférieures alors qu'ils devaient en contenir 67 0/0.

La différence est absorbée presque entièrement par les bassins de décantation. Ainsi qu'on pourra, en effet, s'en rendre compte par les caractéristiques page 41 auxquelles se rapportent cet exemple, la classe intermédiaire n'est guère plus riche en particules légères que la classe des lavés, aussi retrouve-t-on presque toutes ces particules dans les bassins de décantation, où elles se déposent en zones parfois plus pures que les lavés eux-mêmes.

Cette perte par schlamms a une certaine importance. En distayant des lavés l'élément le plus léger et par suite le plus pur, elle en augmente la densité moyenne et par suite la teneur en cendres.

Ce fait seul suffirait à expliquer les difficultés que l'on rencontre assez souvent pour obtenir des menus lavés à teneur en cendres équivalente à celle de lavés d'un criblage plus élevé.

Cette perte par schlamms est une perte sèche. Elle est corrélative de l'emploi d'appareils de lavage dérivés du bac à piston, qui exi-

gent l'emploi d'eau fluide et contenant peu de particules en suspension.

Si, avec ces appareils, on peut restreindre la perte par schlamms, on ne peut jamais l'annihiler. Elle devient comparable à la perte de chaleur emportée par les gaz qui traversent un foyer.

CHAPITRE V

ÉTUDE D'UN CHARBON EN VUE DE SON LAVAGE.

Le but du lavage est essentiellement commercial. Son rôle primordial est, soit de donner une valeur marchande à des charbons qui n'en ont pas, soit d'augmenter leur valeur.

Il en résulte qu'avant de procéder au lavage d'un charbon, on doit, ainsi que dans toute opération commerciale, mettre en balance les frais que cette opération occasionne et les avantages qu'on peut en retirer.

Ces frais sont de deux sortes :

1° Les frais de traitement proprement dits. Ces frais sont à peu près indépendants de la nature du charbon traité.

Ils comprennent la main d'œuvre de lavage, la force nécessaire, la consommation d'eau, l'entretien, l'intérêt et l'amortissement du capital engagé.

Dans le bassin de la Loire, ces frais oscillent autour de 1 fr. par tonne de charbon traité.

2° Les frais provenant des pertes inhérentes au lavage proprement dit.

L'importance de ces derniers frais est de beaucoup plus considérable que celle des premiers.

Leur évaluation est assez délicate quand les ateliers de lavage ne sont pas pourvus des moyens de contrôle indispensables, ce qui est le cas dans beaucoup de ces installations.

L'organisation générale de l'exploitation paraît souvent délaissier l'atelier de lavage. Dans beaucoup de Compagnies il y aurait certainement des améliorations très importantes à apporter de ce côté

et l'exemple de la page 34 suffit à fixer sur l'influence qu'elles peuvent avoir sur les prix de revient de lavage.

L'atelier de lavage et de préparation doit toujours posséder une autonomie complète, l'atelier achetant son charbon à la mine à un prix d'ordre de n francs et le vendant après transformation à la clientèle.

Les améliorations ou perfectionnements sont de ce fait, considérablement facilités.

Dans la plupart des cas, une partie importante de la production doit passer par l'atelier de lavage. Une amélioration ou un traitement judicieux peuvent augmenter très notablement la valeur marchande des charbons traités et les sacrifices qui résultent de l'organisation d'un service spécial trouvent ainsi une ample rémunération.

L'amélioration des prix de revient de transformation doit suivre parallèlement celle des prix de revient d'extraction, de façon à ce que ces dernières améliorations restent définitivement acquises et ne soient pas absorbées et au-delà par les frais de transformation.

Au sein de l'atelier de préparation, le charbon se subdivise en différentes catégories y, v, z, \dots avant chacune leur valeur marchande. Dans la suite, nous appellerons valeur transformée la somme de ces valeurs. Le lavage ne vise qu'à obtenir une seule de ces catégories, celles des lavés y, y^2, y^3, \dots . Les autres catégories z, v , sont des catégories satellites, de valeur faible ou nulle et dont on doit chercher à diminuer l'importance.

Le point particulièrement intéressant à connaître est la quantité théorique de charbon commercial, à l'état « y », contenue dans le charbon brut.

Cette quantité est donnée par les caractéristiques. De sa connaissance, on déduit la valeur théorique du charbon brut, c'est-à-dire la valeur de la quantité de charbon à l'état y qu'on pourrait théoriquement en retirer.

Le rapport entre la valeur transformée et la valeur théorique peut être appelé rendement commercial du lavage.

La meilleure installation du lavage donnera toujours une valeur

transformée inférieure à la valeur théorique et c'est cette valeur théorique qui seule peut servir de guide dans toutes les améliorations à introduire.

La valeur théorique d'un charbon est variable suivant les produits que l'on veut obtenir. Avec un charbon déterminé il existe toutefois une qualité de lavés qui correspond au maximum de valeur théorique.

Plaçons-nous par exemple dans le cas suivant (fig. 27).

Charbon à 27,20 de cendres contenant d'après la caractéristique

Charbon à	7 0/0 de cendres	47 0/0
—	8 0/0	—	64 0/0
—	9 0/0	—	67 0/0
—	10 0/0	—	70 0/0
—	11 0/0	—	73 0/0
—	12 0/0	—	77 0/0
—	13 0/0	—	80 0/0
—	14 0/0	—	82 0/0

Valeur commerciale supposée 15 fr. la tonne pour 10 0/0 de cendres.

Bonification ou dépréciation 0,50 par tonne et par unité en plus ou en moins de 10 0/0.

La valeur théorique du charbon pour chaque teneur en cendres, sera donnée par le tableau suivant :

TENEUR en cendres	PROPORTION	VALEUR du charbon brut «théorique» à 15 fr. la T.	BONIFICATION	DÉPRÉCIATION	VALEUR totale théorique
7 0/0	47 0/0	7 fr. 05	0,70		7,75
8 0/0	64 0/0	9 60	0,64		10,24
9 0/0	67 0/0	10 05	0,335		10,38
10 0/0	70 0/0	10 50			10,50
11 0/0	73 0/0	10 95		0,365	10,58
12 0/0	77 0/0	11 55		0,77	10,78
13 0/0	80 0/0	12 »		1,20	10,80
14 0/0	82 0/0	12 30		1,64	10,66

ETUDE COMMERCIALE DU TRAITEMENT D'UN CHARBON
PAR LAVAGE EN DEUX CLASSES

PROVENANCE AHUN (GREUSE)

Criblage 0-6. — Teneur en cendres 27,20.

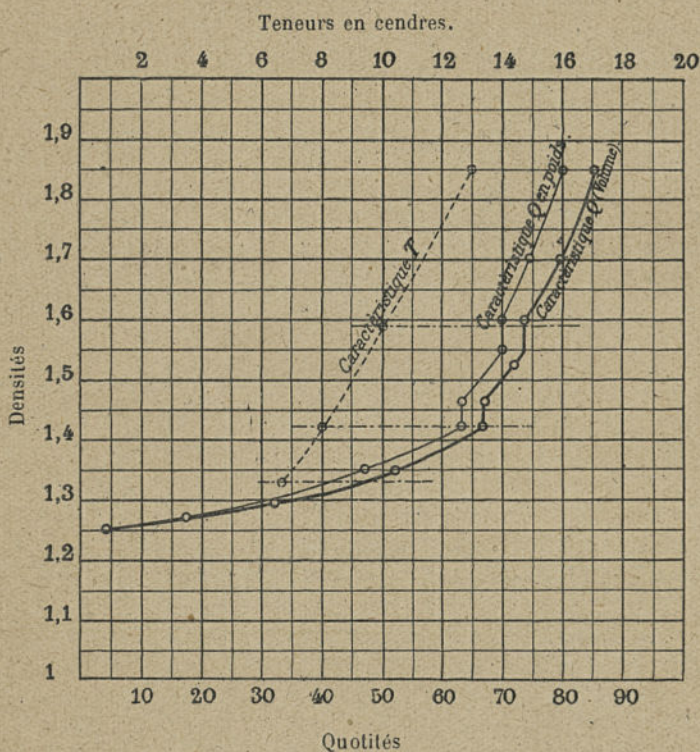


Fig. 27.

Ces caractéristiques indiquent que ce charbon contient :

En poids 47 0/0 de charbon à 7 0/0 de cendres			
—	64 0/0	—	8 0/0
—	67 0/0	—	9 0/0
—	70 0/0	—	10 0/0
—	73 0/0	—	11 0/0
—	77 0/0	—	12 0/0
—	80 0/0	—	13 0/0
—	82 0/0	—	14 0/0

Le maximum de valeur théorique est donc atteint pour un lavage donnant des lavés à 13 0/0 de cendres.— 10^F 80

Ce tableau montre qu'il est mauvais de laver à moins de 8 0/0 de cendres.

Au point de vue commercial, on doit donc viser avec ces charbons l'obtention de produits lavés à 13 0/0 de cendres.

Supposons qu'en cherchant à atteindre ce but on obtienne avec 1.000 kgr. de charbon brut :

1° Lavage en deux catégories :

Lavés à 13 0/0 650 kgr. à 13 fr. 50	8 80
Schlamms 100 kgr. à 5 fr.	0 50
Refus 250 kgr.	
La valeur transformée sera de	9 30

et le rendement de lavage $\frac{9,30}{10,80} = 86\ 0/0$

En lavant ces charbons à 14 0/0 de cendres on pourra facilement obtenir :

Lavés à 14 0/0 de cendres 700 kgr. à 13 fr.	9 40
Schlamms 100 kgr. à 5 fr.	0 50
Refus 200 kgr.	
Valeur transformée	9 60
Valeur théorique pour lavés à 14 0/0 de cendres	10 66

Rendement de lavage $\frac{9,60}{10,66} = 90\ 0/0$.

Cet exemple montre qu'il peut être souvent plus avantageux de pousser le lavage moins loin, quitte à sacrifier sur le prix de vente. Dans le cas précédent les 1.000 kgr. de charbon traité, donneront 9,60 en lavant à 14 0/0 de cendres et vendant le charbon lavé 13 fr. la tonne tandis qu'ils ne donneront que 9,30 en lavant à 13 0/0 de cendres et vendant les produits lavés 13 fr. 50.

Il y a plus d'avantage dans ce cas à obtenir des lavés à 14 0/0 de cendres pour les vendre 13 francs la tonne, que de recueillir des lavés à 13 0/0 de cendres qui seront vendus 13 fr. 50. L'écart atteindrait plusieurs francs par tonne avec les lavés à 7 0/0 de cendres.

Supposons maintenant que, pour tirer parti des refus provenant du lavage à 8 0/0 de cendres on fasse un lavage avec classe intermédiaire. La classe intermédiaire, telle que la donnent les appareils actuellement employés, contient en moyenne 60 0/0 de parcelles pures distraites des lavés.

Le lavage se fera donc approximativement comme suit :

Lavés à 8 0/0 de cendres	425 kgr. à 16 fr.	6 80
Schlamms	100 kgr. à 5 fr.	0 50
Classe intermédiaire.	275 kgr. à 8 fr.	2 20
	Valeur transformée.	<u>9 50</u>

Valeur théorique maxima, 10,80.

Rendement de lavage $\frac{9,50}{10,80} = 88 \text{ 0/0}$.

En supposant que l'on puisse tirer parti de la classe intermédiaire, le rendement de lavage est encore inférieur dans ce cas précédent à celui que donnerait le lavage en deux catégories, lavés à 14 0/0 de cendres et refus.

On peut être amené à étudier au point de vue commercial une infinité de combinaisons. L'influence de la combinaison choisie sur les prix de revient ressort nettement de l'inspection des tableaux précédents.

On doit en général éviter de se fixer a priori la teneur en cendres à obtenir dans les produits lavés, tel charbon ne permettant de l'atteindre qu'au prix de pertes extrêmement élevées, et dont les cas étudiés antérieurement peuvent donner une idée. L'influence de ces pertes sur le prix de revient dépasse souvent et de beaucoup, en importance, les variations que l'on peut être appelé à constater dans les prix de revient d'extraction.

Le choix de la teneur en cendre des lavés découle d'une double conception économique et commerciale dont le lavage poursuit la réalisation.

L'exemple précédent porte sur un charbon à caractéristique continue.

Dans le cas des charbons à caractéristique discontinue, les études sont considérablement simplifiées, le nombre de combinaisons étant limité.

Dans ces charbons, il est une teneur en cendres particulière que décèle l'inspection de la caractéristique.

Soit ABC une caractéristique discontinue (fig. 28). Le tronçon AB est en général faiblement incliné.

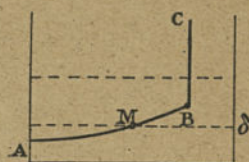


Fig. 28.

Il en résulte qu'une très faible variation au lavage de la densité de scission δ , et par suite de la teneur en cendres, correspondra à de grandes variations du point d'intersection M.

Les pertes au lavage deviennent donc très élevées si on veut obtenir dans les lavés des teneurs en cendres inférieures à celles relatives au point B. Cette teneur en cendres au point B a donc une importance économique considérable.

Étudions pour lavage l'échantillon de charbon dont la caractéristique se trouve ci-jointe (page 62). Cet échantillon est un type parfait de charbon à caractéristique discontinue. En dehors de la partie AB qui comprend toutes les particules charbonneuses la caractéristique n'indique que des particules de densités élevées.

Pour étudier la valeur théorique de ce charbon pour ces différentes teneurs en cendres, dressons le même tableau que pour les charbons précédemment étudiés.

TENEUR en cendres	PROPORTION	VALEUR théorique pour lavés à 15 fr. la tonne	BONIFICATION	DÉPRÉCIATION	VALEUR totale théorique
3,50	44 %	6 fr. 60	1,43		8,03
4, »	71 %	10 65	2,13		12,78
4,50	80 %	12 »	2,20		14,20
5, »	83 %	12 45	2,07		15,52
5,50	89 %	13 35	2 »		15,35
11,40	100,00	15 »		0,70	14,30

ÉTUDE COMMERCIALE DU TRAITEMENT D'UN CHARBON PAR LAVAGE EN TROIS CLASSES

PROVENANCE : ROCHE-LA-MOLIERE (LOIRE)

Criblage 0-10. Teneur en cendres 11,40.

Teneurs en cendres.

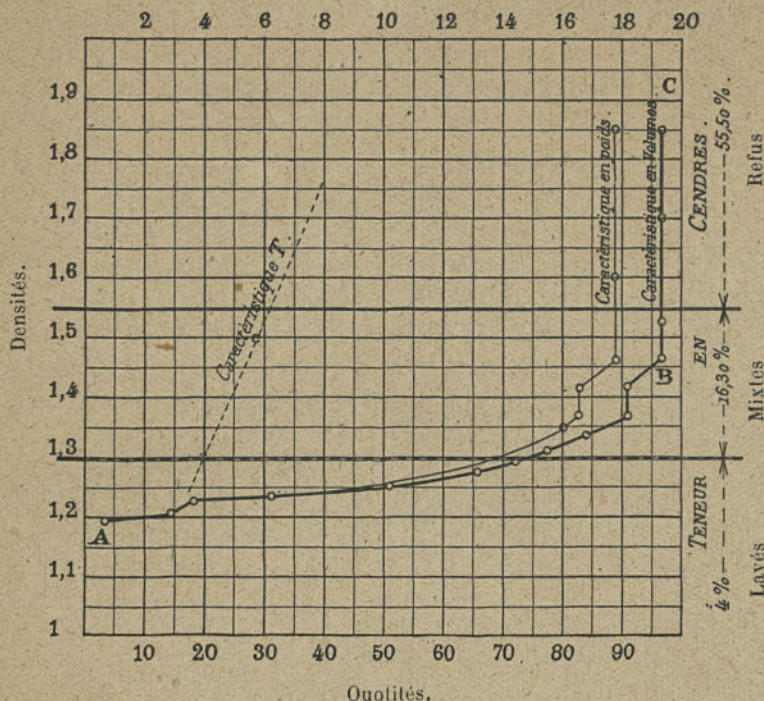


Fig. 29.

Ce charbon contient en poids 44 0/0 de charbon à 3,50 0/0 de cendres.

—	71 0/0	—	4 0/0	—
—	80 0/0	—	4,50 0/0	—
—	83 0/0	—	5 0/0	—
—	89 0/0	—	5,50 0/0	—

Le lavage théorique, en limitant les lavés à la densité de 1,30,

les mixtes aux densités comprises entre 1,30 et 1,55,

les refus aux densités supérieures à 1,55

donnerait les résultats suivants :

Lavés à 4 0/0 de cendre	68 0/0 en poids.
Mixtes à 16,30 0/0	— 21 0/0 —
Refus à 55 0/0	— 11 0/0 —

Cette caractéristique n'est qu'à titre d'exemple, car ce charbon ne contenant que des impuretés mécaniques, il serait préférable de ne le laver qu'en deux classes, lavés et refus, ou même, en raison de sa faible teneur en cendres ne pas la laver du tout.

Avec des lavés à 4 0/0 de cendres les refus auraient 28 0/0 de cendres.

On fait fréquemment fausse route en exigeant des refus à haute teneur en cendres.

L'écart que l'on constate entre les deux caractéristiques en poids et en volume ci-dessus provient de ce que les échantillons avant servi à établir chacune de ces deux caractéristiques, tout en ayant la même origine, ne sont pas absolument identiques.

Ce tableau montre que le traitement le plus avantageux pour ces charbons est celui qui donnerait des lavés à 5,50 0/0 de cendres.

Dans la pratique les refus à teneurs en cendres inférieures à 35 0/0 ont une valeur commerciale qui n'est pas nulle. Dans le bassin de la Loire on en trouve l'écoulement. En tenant compte de la valeur des refus, les conclusions précédentes peuvent varier notablement.

Supposons qu'on trouve l'écoulement de ces refus aux conditions suivantes :

de 15 à 20 0/0 de cendres	10 fr. la tonne.
de 20 à 25 0/0 —	8 fr. —
de 25 à 30 0/0 —	6 fr. —
de 30 à 35 0/0 —	4 fr. —
de 35 à 40 0/0 —	2 fr. —

La proportion et la teneur en cendre des refus se déduisent du tableau précédent.

LAVÉS		REFUS				VALEUR théorique totale des 1000 kil. de charbon brut
TENEUR en cendres	VALEUR par 1000 kil. de charbon brut	PROPORTION % pour 1000 kil. de charbon brut	TENEUR en cendres	PRIX aux 1000 kil.	PRIX par 1000 kil. de charbon brut	
3,50	8,03	56	17,8	10	5,60	13,63
4 »	12,78	29	29,5	6	1,74	14,52
4,50	14,20	20	39 »	2	0,40	14,60
5 »	14,52	17	42,5	»	»	14,52
5,50	15,35	11	59 »	»	»	15,35
11,40	14,30	0	»	»	»	14,30

L'inspection de ce tableau montre que le lavage à 5,50 0/0 de cendres donne encore les meilleurs résultats économiques.

Les valeurs théoriques précédemment établies indiquent la part maximum qu'on peut théoriquement retirer du charbon traité.

Pratiquement le fonctionnement toujours imparfait des appareils de lavage provoque quelques écarts avec le classement théorique.

Ces écarts peuvent modifier les conclusions que l'on peut tirer de l'examen des valeurs théoriques.

Dans le cas du lavage en deux catégories, on peut, sans trop de difficulté reconstituer pratiquement le tableau précédent si on dispose d'appareils de lavage permettant d'obtenir successivement différentes teneurs en cendre. Il suffit de mesurer pour chaque teneur la proportion de lavés obtenus par rapport au charbon brut traité. En possession de ces documents et des données commerciales de vente, la marche correspondant au maximum de rendement s'établit facilement.

La même marche à suivre permettra de discuter le lavage avec classe mixte. La valeur commerciale de cette classe, n'étant pas nulle, en raison de sa teneur en cendres toujours peu élevée, devra intervenir dans les conclusions. On devra lui assigner une importance déterminée en rapport avec celle qui est indiquée par les caractéristiques, car on ne doit pas perdre de vue que la création de cette classe est très onéreuse, pour des raisons qui ont été déjà indiquées.

En règle générale on ne doit la prévoir que lorsque le lavage vise l'obtention de produits particulièrement purs, et seulement dans ce cas.

Le choix de l'installation ou des appareils de lavage découlera de ces considérations, la meilleure installation ou le meilleur appareil étant celui ou celle qui permettra d'obtenir le maximum de valeur transformée.

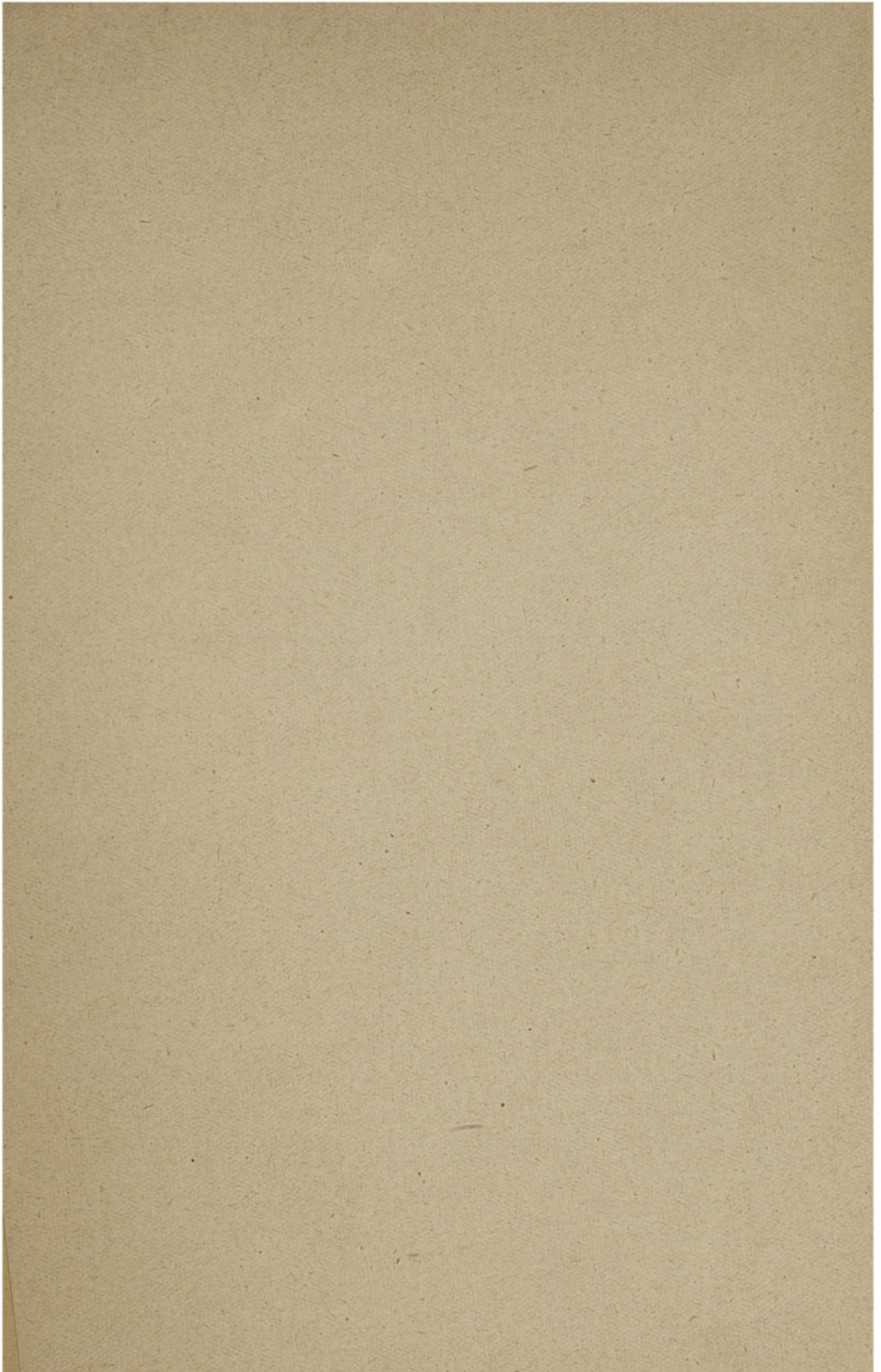
Le but du lavage du charbon est plus élevé que celui de retirer brutalement les quelques impuretés qu'il peut contenir. Son but est essentiellement commercial. L'atelier de lavage est à la mine ce que le laminoir est au haut-fourneau. L'un est le complément de l'autre et ils concourent simultanément à la prospérité d'une exploitation.

C'est grâce aux méthodes simples qui précèdent, que mon ami, M. P. Moreau, ingénieur principal aux mines de Villebœuf, a pu augmenter de près de dix pour cent la production en charbons marchands des mines de Villebœuf. Il a suffi pour cela de déterminer d'après les caractéristiques la teneur en cendres économique, et orienter le lavage et la vente dans ce sens.



TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I ^{er} . — Étude analytique des charbons	3
CHAPITRE II. — Courbes caractéristiques et classification des charbons d'après leurs caractéristiques	9
CHAPITRE III. — Application des caractéristiques à l'étude du lavage. . .	27
CHAPITRE IV. — Des pertes	43
CHAPITRE V. — Étude d'un charbon en vue de son lavage	53



EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

F. CANCEL. — Échantillonnage et analyse du Charbon.

Manuel pour l'échantillonnage et l'analyse du charbon. — Examen de la qualité, détermination de la quantité ou évaluation du poids des charbons. Classification des houilles. Des différents charbons et de leurs emplois. Essai de criblage. Prélèvement et préparation des échantillons. Analyse et essais divers. Livraison des combustibles en wagons, par voie fluviale ou maritime. Evaluation des stocks. Altération des combustibles entassés, par F. Cancel, ancien élève de l'École d'Arts et Métiers d'Aix, ancien inspecteur des réceptions de combustibles à la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M., arbitre près le Tribunal de commerce de la Seine. Un volume in-8° raison (16 × 25) de 136 pages. Broché (310 gr.) 25 fr. 50

E. COMBEAU. — De la houille.

De la houille, ses producteurs dans le monde entier, son emploi, ses particularités. Introduction, généralités. De la préparation mécanique des combustibles. Analyses et essais de la houille et du coke. Des chauffeurs. Étude des bassins houillers au point de vue commercial : France, Royaume-Uni, Allemagne, Autriche-Hongrie, Belgique. États-Unis, Russie. Renseignements statistiques sur la houille. Appendice (cahier des charges de la division des combustibles de la Compagnie P.-L.-M.), par E. Combeau, ingénieur civil des Mines, ex-directeur de mines, inspecteur (en retraite) du Service des combustibles de la Compagnie P.-L.-M., ancien administrateur des Hospices de Saint-Etienne. Un volume in-8° de 229 pages, contenant 22 figures dans le texte. Relié (610 gr.) 42 fr.

P. MAHLER. — Étude des combustibles.

Étude sur les combustibles : solides, liquides et gazeux. Mesure de leur pouvoir calorifique, valeur des combustibles, pouvoir calorifique, chaleur de combustion, obus calorimétrique, analyse des combustibles, altération et distillation des houilles, combustibles liquides, pétrole, alcools. Détermination des matières volatiles des houilles, fusibilité des cendres, combustion complète des gaz, par P. Mahler, ingénieur civil des mines. Un volume in-8° raison (25 × 16) de 107 pages, avec 8 figures dans le texte et de nombreux tableaux. Broché (250 gr.) 22 fr. 50

E. FISCHER. — Essai des combustibles.

Manuel pour l'essai des combustibles et le contrôle des appareils de chauffage. Analyse et détermination du pouvoir calorifique des combustibles. — Analyse des gaz des foyers. — Combustibles solides, liquides et gazeux, par le D^r F. Fischer, professeur à l'Université de Göttingue, traduit d'après la quatrième édition allemande, par le D^r L. Gautier. Un volume in-12, avec 54 figures dans le texte. Relié (350 gr.). Prix 20 fr.

O. SIMMERSBACH. — La Chimie du coke.

Historique de la chimie du coke. Modification chimique, au cours de la formation, du charbon coke naturel. Le pouvoir agglomérant du charbon, ses causes. Relations entre le pouvoir cokéfiant et le gonflement, le rendement en coke, l'oxydation à l'air, la teneur en cendres du charbon et la température de cokéfaction. Rendement en coke théorique et pratique. Composition chimique et rendement en coke du charbon. But de la cokéfaction et emploi du coke. Théorie de la cokéfaction. Aspect et constitution du coke. Composition chimique du coke. Propriétés physiques du coke. Pouvoir thermo-chimique et calorifique du coke. Méthodes d'analyses chimiques, méthodes d'essais physiques, par Oscar Simmersbach, professeur-directeur de l'Institut métallurgique de l'École Technique royale de Breslau, traduit sur la 2^e édition allemande par Pierre Lemoine, ingénieur des Arts et Manufactures. Un volume in-8° de 318 pages contenant 46 figures dans le texte et 8 planches hors texte. Relié. (850 gr.) 63 fr.

L. LECOQ. — Lavage des charbons.

Quelques notes sur les différents principes de lavage des charbons, par Lambert Lecocq, Chief Engineer du Rheolaveur Washery Department. The Butterley C^o Ltd. Une brochure in-8° contenant 25 figures dans le texte (120 gr.) 11 fr. 50

