

# Les matières volatiles de la houille

Par ACHILLE DELCLÈVE

N° 1, volume 6, juillet 1921, de *Chimie et Industrie*.

## PRÉAMBULE

De la teneur en matières volatiles des charbons dépendent leurs propriétés et qualités, les usages auxquels ils conviennent, les différentes classes dans lesquels on les range, ainsi que leur inflammabilité et celle de leurs poussières.

C'est pourquoi l'Administration belge des Mines tient compte de cette teneur, non seulement pour la répartition en catégories des produits des charbonnages, mais encore pour le classement des mines poussiéreuses.

Mais, la perte à la calcination est loin d'être constante, pour toutes les houilles de même qualité. L'importance de cette perte est influencée, notamment, par leur plus ou moins grand degré de pureté et c'est ce qui a conduit les chimistes à la rapporter au charbon pur, au moyen de la formule aussi simple qu'elle est d'ailleurs inexacte :

$$V' = \frac{100 V}{100 - C}$$

Dans un mémoire publié dans le tome XLIII des *Annales de la Société géologique de Belgique*, mémoire dont l'objet essentiel était d'appliquer à une étude stratigraphique du bassin houiller de la Campine, les données fournies par l'analyse des charbons, l'auteur de ce compte-rendu a montré que cette formule est absolument fautive; qu'elle peut conduire à des erreurs très importantes, lorsque la teneur en cendres C est élevée; qu'au surplus, elle est basée sur des hypothèses contraires à la réalité des faits, puisqu'elle admet que les cendres ont le même poids que les matières stériles et que les matières volatiles ont été dégagées uniquement par le charbon pur.

Il était permis d'affirmer a priori, l'inexactitude de ces hypothèses. Utilisant des résultats d'analyse des échantillons recueillis en Cam-

pine, lors des recherches par sondage, résultats publiés en 1903 dans nos Annales, par MM. A. Meurice et L. Denoël, j'ai indiqué l'importance des erreurs ainsi commises. Après avoir exposé le procédé graphique, préconisé par mon Collègue M. M. Delbrouck et qui nécessite deux analyses, portant sur deux échantillons de concentrations différentes, j'ai émis l'avis :

1° Que le diagramme exprimant la relation fort complexe qui, pour un mélange charbonneux déterminé, permet de calculer la teneur en matières volatiles de ce mélange, en fonction de sa teneur en cendres, n'est pas nécessairement une ligne droite ;

2° Qu'il doit être compris entre deux points limites, situés à une certaine distance des axes, dont un indique la teneur en cendres du charbon le plus pur et dont l'autre correspond à la perte à la calcination des stériles ;

3° Que ce diagramme devrait être tracé par points, à la suite d'un nombre suffisant d'analyses effectuées sur des mélanges à divers degrés d'épuration ;

4° Qu'il conviendrait de renoncer à cette notion, théoriquement inexacte, de la teneur en matières volatiles du charbon pur, ou tout au moins, qu'on ne devrait déterminer cette teneur par le calcul, qu'en se servant des résultats d'analyse d'un échantillon ne contenant plus que très peu de cendres.

#### PREMIÈRE PARTIE

M. Achille Delclève, ingénieur chimiste de la Société des houillères de Saint-Etienne, a publié récemment dans la revue « Chimie et Industrie », les résultats très intéressants des études analytiques qu'il a faites, en vue de rechercher les causes de l'inexactitude de la formule simpliste, généralement utilisée pour la détermination de la teneur en matières volatiles du charbon pur. Les études de M. Delclève ont été provoquées par une remarque de M. Dessemond, ingénieur principal de la même Société, qui a constaté que la teneur en matières volatiles, ainsi calculée, croît régulièrement quand, dans un charbon de même origine, le taux des cendres s'élève.

Examinant, dans la partie théorique de son mémoire, les principales impuretés minérales des houilles, M. Delclève indique les modi-

fications chimiques qu'elles subissent, tant à l'incinération que lors de la calcination en vase clos, et il montre l'importance relative des pertes de poids qui en résultent.

Nulles pour la silice et les silicates, ces pertes sont notables pour la pyrite et pour les composés du calcium : carbonates, sulfates ou chlorures. Toutefois, il peut se produire, lors de l'incinération d'une houille pyriteuse, une sulfatation de la chaux de la calcite, qui correspond à une majoration de son poids.

Ces considérations théoriques, confirmées par des essais faits par l'auteur, lui permettent d'affirmer que :

« 1° Le poids des cendres n'est pas égal au poids des impuretés minérales dont elles dérivent et que, par conséquent, le pourcentage de la houille pure n'est pas exactement la différence entre 100 et la teneur en cendres ;

» 2° Une partie au moins des impuretés minérales émettent des matières volatiles, puisqu'elles perdent du poids et, par conséquent, c'est à tort qu'on accorde à la seule houille pure cette propriété. »

M. Delclève s'occupe ensuite des réactions qui peuvent se produire au rouge, entre le carbone et certains corps à l'état gazeux, provenant de la dissociation des impuretés, tels que le soufre des pyrites ou l'anhydride carbonique des carbonates.

Puis il examine le cas spécial d'un charbon à 20 % d'impuretés et 20 % de matières volatiles, ayant la composition centésimale suivante :

Houille pure . . . . .	80 %
Silice et silicates. . . . .	14 %
Carbonate de calcium . . . . .	2 %
Pyrite de fer . . . . .	4 %

Une telle composition suppose que la silice et les silicates, c'est-à-dire les schistes accompagnant la houille, ne donnent aucune perte à la calcination et ne changent pas non plus de poids, lors de l'incinération, ce qui paraît peu vraisemblable. En effet, ces schistes sont généralement bitumineux et ils contiennent, tout au moins, des silicates hydratés.

Tenant compte uniquement des modifications subies par la calcite et par la pyrite, l'auteur admet qu'un tel charbon perdra, à la calcination, 1,60 % de matières volatiles, due à ces deux impuretés, et 0,24 %, par suite de l'action de l'anhydride carbonique sur le carbone, au rouge.

D'autre part, ces mêmes impuretés subissent à l'incinération, une perte correspondant à 0.60 % du poids du charbon brut.

Alors que la formule usuelle donnerait, pour la teneur en matières volatiles du charbon pur,  $\frac{20 \times 100}{100 - 19,40} = 24,87$ ; on peut écrire, en faisant abstraction des pertes dues aux dites impuretés,

$$\frac{(20 - 1,84) \times 100}{100 - 20} = 22,70$$

Dans le tableau III de son mémoire, M. Delclève a réuni les données correspondant à dix échantillons hypothétiques, différents, qu'on obtiendrait théoriquement, en divisant convenablement, en tranches successives, le produit du lavage du charbon défini plus haut.

Ce tableau renseigne :

Les quantités de houille pure et d'impuretés minérales de chaque échantillon ;

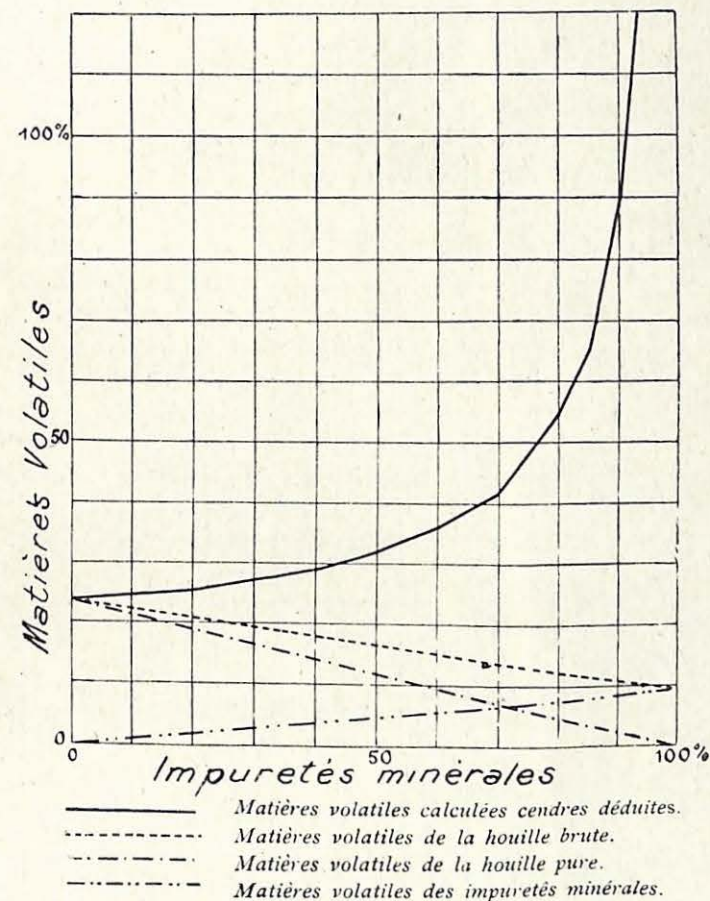
Les teneurs en matières volatiles de la houille et des impuretés ;

La teneur en cendres.

Toutes ces teneurs ont été calculées en supposant que les impuretés minérales et le charbon sont parfaitement homogènes; que par suite, ils conservent la même composition et qu'ils subissent les mêmes transformations, quelles que soient les proportions du mélange examiné.

La deuxième colonne du tableau III fait connaître la valeur de la teneur en matières volatiles du charbon, cendres déduites, d'après la formule  $V' = \frac{V \times 100}{100 - C}$ . Cette valeur est manifestement exagérée; cela ressort également de l'examen du graphique n° 1, reproduit ci-après, qui a été dressé au moyen des données hypothétiques du même tableau.

GRAPHIQUE 1



## DEUXIÈME PARTIE

Dans la seconde partie de son mémoire, M. Delclève expose les résultats des essais de laboratoire qu'il a effectués, en vue de vérifier expérimentalement, l'exactitude de ses déductions théoriques.

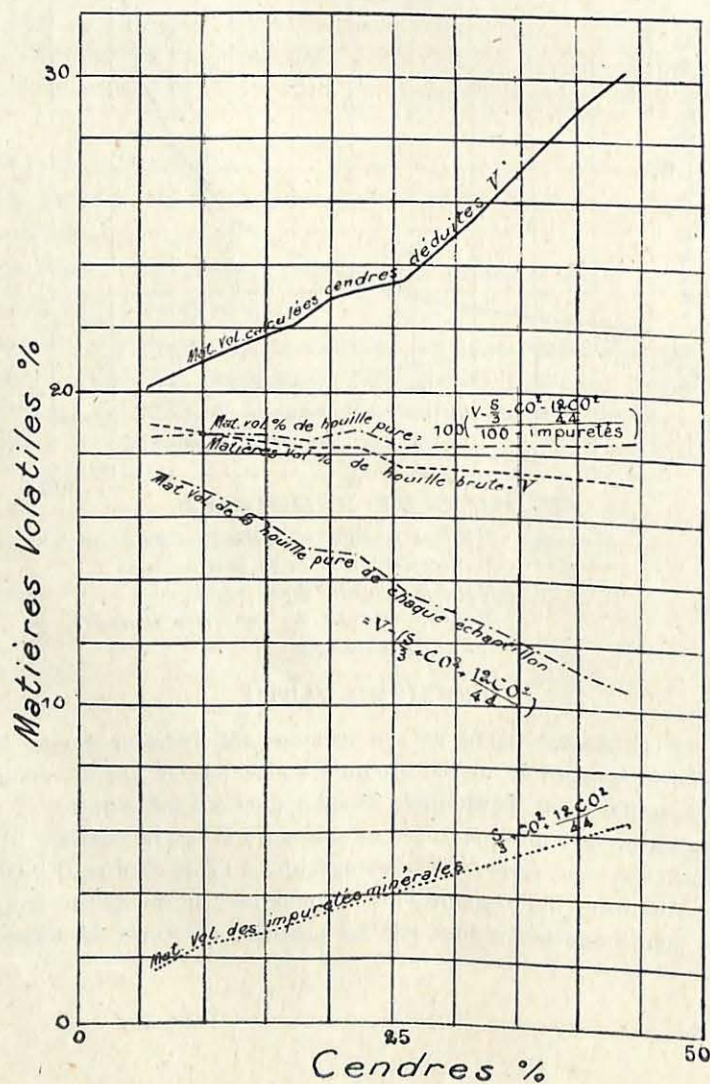
Ayant prélevé un échantillon de plusieurs kilogs de charbon, il a préparé, par une série de lavages exécutés à l'aide d'un petit laveur de laboratoire, huit échantillons secondaires, de moins en moins purs, dans lesquels il a dosé, par les procédés habituels, les teneurs

en cendres, en matières volatiles et en soufre. Il a, en outre, déterminé, pour chacun de ces échantillons, la teneur en anhydride carbonique, par la méthode de Mohr et à l'aide de l'appareil de Schroedter.

Chaque analyse a été faite trois fois et on a adopté, comme résultats, les moyennes des deux teneurs les plus voisines.

Ces résultats sont consignés dans le tableau IV du mémoire; ils ont permis à l'auteur de calculer les valeurs des expressions ci-après indiquées, valeurs dont il s'est servi pour établir le graphique n° 2.

GRAPHIQUE 2



La reproduction de cet intéressant graphique me dispense de recopier ici, toutes les données numériques contenues dans les divers tableaux du mémoire; d'autre part, l'étude que j'ai faite de ces données et du graphique, m'a suggéré les réflexions suivantes :

1° *Teneur en cendres* = C. — Elle augmente régulièrement, depuis l'échantillon n° 1, qui contient 6,22 % de cendres, jusqu'au n° 8, où il en existe 43,50 %, soit environ sept fois plus ;

En corrigeant ces termes, d'après les principes théoriques exposés dans la première partie, on obtient respectivement 6,84 % et 42,74 % ;

2° *Teneur en matières volatiles de la houille brute* = V. — Elle décroît progressivement, mais très lentement, de telle sorte qu'elle est de 18,85 % pour l'échantillon n° 1 et qu'elle reste encore de 17,17 pour le n° 8.

3° *Teneur en soufre* = S. — L'augmentation de cette teneur, qui est de 1,91 %, pour l'échantillon n° 1, et de 2,78 % seulement, pour le n° 8, est loin de correspondre à l'accroissement des autres impuretés minérales. Il est donc probable que ce soufre provient en grande partie, de la houille proprement dite et que les matières stériles, qui accompagnent celle-ci, en contiennent assez peu.

4° *Teneur en anhydride carbonique* = CO<sup>2</sup>. — Tandis que l'échantillon n° 1 a fourni 0,70 % de CO<sup>2</sup>, le n° 8 en a dégagé 4,45 %, soit 6,4 fois plus. La remarque qui vient d'être faite, à propos des sulfures, ne s'applique donc pas aux carbonates; ceux-ci restent concentrés dans les matières stériles.

5° *Valeur de V'*. — La valeur des matières volatiles, cendres déduites, est manifestement exagérée, lorsqu'elle est calculée en tenant compte uniquement, de la teneur en cendres et des matières volatiles du charbon brut, par la formule déjà rappelée. En effet, cette formule donne 20,10 % pour l'échantillon n° 1 et 30,35 % pour le n° 8. Le graphique n° 2 montre l'augmentation progressive de ce résultat et fait ressortir son inexactitude flagrante.

6° *Matières volatiles de la houille pure.*

$$V'' = 100 \frac{V - \left( \frac{S}{3} + CO^2 + \frac{CO^2 \times 12}{44} \right)}{100 - C'}$$

Les trois termes retranchés de la teneur du charbon brut, correspondent au soufre volatilisé, à l'anhydride carbonique des carbonates et à la perte de carbone, occasionnée par l'action oxydante de ce gaz.

En rapportant la quantité de matières volatiles, ainsi obtenue, à 100 de houille pure, on trouve, pour la teneur en matières volatiles de cette houille, des résultats très concordants, pour les huit échantillons analysés, ainsi qu'il est indiqué dans le tableau suivant, dans lequel j'ai mis en regard ces résultats, ceux de la formule usuelle et les teneurs du charbon brut, fournies par l'analyse.

No des échantillons	Résultats bruts des analyses				Teneurs Corrigées		
	Cendres C	Matières volatiles V	Soufre S	CO <sup>2</sup>	Matières volatiles cendres déduites V'	Impuretés dans la houille crue C'	Matières volatiles de la houille pure V''
1	6,22	18,85	1,91	0,70	20,10	6,84	18,50
2	10,20	18,75	1,90	1,22	20,87	10,39	18,49
3	17,82	18,20	2,16	1,83	22,14	17,68	18,40
4	21,67	18,18	2,25	2,12	23,20	21,34	18,73
5	25,55	17,64	2,36	2,58	23,43	24,91	18,08
6	31,70	17,52	2,47	3,14	25,43	30,68	18,33
7	40,25	17,20	2,66	4,07	28,88	39,35	18,38
8	43,50	17,17	2,78	4,45	30,35	42,74	18,49

### CONCLUSIONS

La méthode généralement utilisée pour calculer la teneur en matières volatiles des charbons, cendres déduites, conduit à des résultats beaucoup trop élevés. Tout au plus, pourrait-elle fournir une première approximation, pour des houilles contenant peu de cendres.

M. Delclève propose soit la standardisation du taux des cendres, pour les échantillons servant à déterminer la teneur en matières volatiles, soit « la recherche d'un coefficient propre à apporter la correction nécessaire au calcul pour une houille donnée ».

D'autre part, en me faisant parvenir, très aimablement, un tiré à part de son mémoire, il m'a écrit notamment ceci :

« Un moyen de correction qui m'a été suggéré par notre Ingénieur principal, M. Dessemond, consiste à retrancher des matières volatiles sur charbon brut, le taux de CO<sup>2</sup> déplaçable par l'action de l'acide chlorhydrique à froid, sur le charbon. La formule deviendrait alors :

$$\gg 100 \frac{\text{matières volatiles sur charbon brut} - \text{CO}^2 \text{ des impuretés}}{100 - \text{cendres}}$$

» = matières volatiles du charbon pur.

» On obtient ainsi des résultats, sinon exacts absolument, du moins beaucoup plus constants et qui se traduisent sensiblement par une droite, quand on les porte au graphique.

» L'analyse des charbons comporterait donc trois opérations :

» 1° Détermination de la teneur en cendres ;

» 2° id. matières volatiles ;

» 3° id. CO<sup>2</sup>.

» Cette dernière détermination peut être très rapidement et facilement faite, avec l'appareil de Schroedter ou tout autre analogue ».

Ayant appliqué la formule simplifiée de M. Delclève, à quelques-uns des échantillons dont la composition est renseignée dans le tableau ci-dessus, j'ai obtenu :

$$\text{Pour l'échantillon n}^\circ 1 - \frac{18,15}{93,78} = 19,35 \text{ au lieu de } 18,50$$

$$\text{Id. n}^\circ 3 - \frac{16,37}{82,18} = 19,92 \quad \text{id. } 18,40$$

$$\text{Id. n}^\circ 6 - \frac{14,38}{68,30} = 21,05 \quad \text{id. } 18,33$$

$$\text{Id. n}^\circ 8 - \frac{12,72}{56,50} = 22,51 \quad \text{id. } 18,49$$

Cette formule, bien supérieure à l'ancienne méthode de calcul des teneurs en matières volatiles, cendres déduites, ne tient compte ni du soufre distillé, ni de l'action oxydante de l'anhydride carbonique, sur le carbone incandescent, ni surtout de l'influence, parfois très importante, des schistes bitumineux.

Il serait cependant intéressant d'en essayer l'application aux charbons belges et d'effectuer sur ces charbons, des recherches

analytiques approfondies, en s'inspirant des beaux travaux de M. Delclève, dans le but de fixer les méthodes à suivre, pour déterminer leur teneur réelle en matières volatiles.

En attendant je crois pouvoir conclure :

1° Que toutes les houilles donnent des cendres, lors de leur incinération et que la notion théorique de houille pure ne répond à aucune réalité ;

2° Qu'il ne faut pas confondre les impuretés, qui ne peuvent être séparées des houilles par lavage, avec les substances stériles qui y sont mélangées ;

3° Que ces substances donnent toujours une perte à la calcination et sont également modifiées, pendant l'incinération ; que les transformations qu'elles subissent ne sont pas dues uniquement à la présence dans les houilles de carbonates et de sulfure ; mais qu'il importe de ne pas négliger les conséquences de la distillation des schistes bitumineux, qu'elles contiennent très fréquemment.

Décembre 1921.

V. FIRKET.

## L'Industrie houillère américaine

(Bassin de Pittsburgh)

PAR

M. R. COURAU

Directeur général des Mines de la Houve

ET

J. MAJORELLE

ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur civil des Mines

(Revue de l'Industrie Minérale — 1<sup>er</sup> mars 1922)

De cet important mémoire, nous extrayons le chapitre relatif à « la Sécurité et au Contrôle de l'Etat », persuadés qu'il intéressera grandement les lecteurs des *Annales des Mines*.

### CHAPITRE III

#### Sécurité. — Contrôle de l'Etat

§ I. — *Organes de contrôle locaux (Etats)*. — Pour se rendre un compte exact de l'organisation du contrôle des mines aux Etats-Unis, il ne faut pas perdre de vue le caractère fédéral des institutions américaines, chacun des Etats ayant ses services administratifs propres et sa législation intérieure spéciale.

Dans l'Etat de Pennsylvanie, que nous prendrons comme exemple, le contrôle relève d'une direction des mines (*Department of Mines*) créée par la loi locale du 14 avril 1913. Le directeur des mines (*Chief of the Department of Mines*) est nommé pour quatre ans par le gouverneur, après avis du Sénat local ; il a la haute direction des services de contrôle, peut suspendre les contrôleurs de leurs fonctions (sauf appel de ceux-ci auprès du gouverneur) et a