

# La lutte contre les poussières

## REUNION D'EXPERTS

tenue à Genève du 1<sup>er</sup> au 17 décembre 1952

COMPTE RENDU par :

**J. STASSEN,**  
Ingénieur  
du Corps des Mines, à Liège.

**A. HOUBERECHTS,**  
Professeur à l'Université de Louvain,  
Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines (Hasselt),  
Président de la Réunion.

**E. DEMELENNE,**  
Ingénieur Principal  
du Corps des Mines, à Mons.

### SAMENVATTING

Huidig verslag geeft een overzicht over de mededelingen van de deskundigen inzake voorkoming en bestrijding van het stof in de mijnen, tunnels en groeven, op hun samenkomst te Genève, in het Internationaal Bureau van de Arbeid, van 1 tot 17 December 1952.

Het tracht de beginselen naar voren te brengen die meer bepaald de belgische mijnindustrie interesseren.

Men is er nu eenparig over akkoord dat de technische middelen tot voorkoming en bestrijding van het stof de meest doeltreffende afweer vormen tegen de pneumoconioses.

Met zekerheid wordt aangenomen dat het stofrisico van vier factoren afhangt, namelijk de concentratie van het stof, de fijnheid der stofdeeltjes, de duur van blootstelling aan het stof en tenslotte de aard zelf van het stof.

De bepaling van het stofgehalte in de lucht is een essentiële vereiste om de maatregelen tot voorkoming en bestrijding te orienteren.

Om deze reden wordt in de huidige aflevering van de « Annalen der Mijnen », alleen de kwestie van de monstername, de meting en de ontleding van het stof behandeld.

Na bondig de verschillende apparaten voor de opname van stofmonsters beschreven te hebben, wordt de studie van de courante monstername aangevat, van de meting en de ontleding van het stof in het laboratorium, rekening houdend met het standpunt van de dokter zowel als met dat van de ingenieur.

Teneinde de heersende arbeidsvoorwaarden in de ondergrondse werken der mijnen te kunnen vergelijken met de normen over de toelaatbare gehalten, moet men beschikken over geschikte tabellen betreffende de stofcontrole. Deze tabellen laten toe de plaatsen te bepalen waar zich stofbestrijdingsmaatregelen opdringen en tevens de vooruitgang te volgen die inzake voorkoming en bestrijding van het stof geboekt wordt.

### RESUME

Le présent rapport résume l'ensemble des communications préparées pour la réunion d'experts, en matière de prévention et de suppression des poussières dans les mines, les galeries et les carrières, tenue à Genève au Bureau International du Travail, du 1<sup>er</sup> au 17 décembre 1952.

Il se borne à dégager les notions qui intéressent plus particulièrement l'industrie minière belge.

A l'heure actuelle, on est unanimement d'accord pour estimer que les méthodes techniques de prévention et de suppression des poussières constituent le moyen de lutte le plus efficace contre les pneumoconioses.

On peut admettre, aujourd'hui, avec certitude que le risque coniotique dépend de l'action de quatre facteurs, à savoir : le taux de concentration des poussières, la finesse des poussières, la durée de l'exposition aux poussières et enfin la nature de la poussière.

La connaissance de la concentration des poussières en suspension dans l'air est essentielle pour orienter les mesures de prévention et de suppression des poussières.

C'est pour cette raison que, dans la présente livraison des *Annales des Mines*, est seule traitée, à cause de l'importance du problème, la question relative à « l'Echantillonnage, la Mesure et l'Analyse des poussières ».

Après avoir sommairement décrit les appareils d'échantillonnage, les auteurs abordent l'étude du processus de l'échantillonnage courant, de la mesure et de l'analyse des poussières en laboratoire, en tenant compte à la fois de l'objectif du « médecin » et de l'objectif de l'« ingénieur ».

Enfin, pour permettre de comparer les conditions régnant dans les ateliers de travail des mines avec les taux admissibles fixés par des normes, il est nécessaire de disposer de tableaux bien ordonnés, des contrôles d'empoussiérement. Ces derniers permettent également de se rendre compte des progrès accomplis dans le programme de la lutte contre les poussières et indiquent quels sont les endroits où des mesures de prévention et de suppression des poussières sont à prendre.

Depuis que l'on s'est aperçu que le mineur, exposé aux poussières de charbon ou de roche, est guetté par une maladie grave, dénommée « sclérose pulmonaire », la lutte pour l'élimination de ces poussières a été engagée dans tous les pays miniers du monde.

Dans certains, elle est menée, depuis plusieurs années, avec de grands moyens et les résultats obtenus sont déjà très importants; dans d'autres pays, par contre, cette lutte est à peine commencée.

C'est pour faire le point de cette situation et pour permettre d'unifier les efforts dispersés que le Bureau International du Travail a pris l'heureuse initiative de convoquer à Genève, en décembre dernier, une réunion d'experts en cette matière de lutte contre les poussières dans les mines et carrières.

Etaient représentés à cette réunion, les pays suivants :

Allemagne : 3 délégués. Angleterre : 4 délégués. Australie : 1 délégué. Autriche : 1 délégué. Belgique : 3 délégués. Canada : 1 délégué. Chili : 1 délégué. Etats-Unis : 3 délégués. France : 4 délégués. Indes : 1 délégué. Italie : 1 délégué. Norvège : 1 délégué. Pays-Bas : 1 délégué. Pérou : 1 délégué. Suède : 1 délégué. Suisse : 1 délégué. Union-Sud-Africaine : 2 délégués.

Parmi ces trente délégués, il y avait deux médecins, les autres étant des ingénieurs des mines appartenant soit à l'Administration, soit à l'Industrie, soit encore à des Instituts de recherches sur la silicose.

\* \* \*

Empêcher la formation des poussières dans les opérations minières est une précaution élémentaire souhaitable contre les risques présentés par des atmosphères poussiéreuses.

Malheureusement, la nature même des opérations mécaniques intervenant dans l'extraction des charbons fait, de l'élimination intégrale des poussières, un but qui ne sera vraisemblablement jamais atteint.

C'est pourquoi, il convient d'étudier le problème de la suppression des poussières aux points mêmes de leur formation, qui, à notre avis, est le facteur primordial de succès dans la lutte contre les poussières, car les poussières que l'on n'a pas pu supprimer à leur point d'émission et qui ont été mises en suspension sont difficiles à éliminer.

La connaissance de la concentration des poussières en suspension dans l'air est essentielle pour orienter les mesures de prévention et de suppression des poussières. Les taux de concentration des poussières en suspension varient largement selon les mines et les chantiers de travail, et la connaissance de ces variations, qui ne peut s'acquérir que par des mesures, est un élément fondamental pour l'ingénieur chargé de la lutte contre les poussières.

Les mesures de l'empoussiérement sont également importantes du point de vue psychologique, car elles constituent le seul moyen de déterminer si l'atmosphère ambiante est raisonnablement saine.

Une méthode de mesure n'atteindra cependant pleinement son but que si les résultats qu'elle fournit permettent d'évaluer approximativement le risque existant pour la santé des travailleurs.

Ensuite, il ne suffit pas d'équiper les chantiers de dispositifs capables d'abattre ou d'éliminer dans une proportion aussi forte que possible toutes poussières susceptibles d'être produites; mais il faut aussi contrôler et vérifier la manière d'utiliser cet équipement en vue d'en obtenir la plus grande efficacité possible.

Enfin, il est nécessaire de préciser quelles sont les catégories de personnes qui devraient recevoir une formation professionnelle en matière de prévention et de suppression des poussières, quelle est la nature de cette formation et, comment et où elle devrait être donnée.

A la lumière de ce qui précède, le Conseil d'Administration du Bureau International du Travail a fixé comme suit l'ordre du jour de la réunion :

- 1) Prévention de la formation des poussières.
- 2) Suppression des poussières aux points mêmes de leur formation.
- 3) Moyens destinés à empêcher les poussières déposées de passer en suspension dans l'air.
- 4) Elimination des poussières en suspension dans l'air.
- 5) Echantillonnage, mesure et analyse des poussières.
- 6) Equipement de protection individuelle.
- 7) Inspection et entretien des dispositifs de prévention et de suppression des poussières.
- 8) Instruction et formation professionnelle du personnel.
- 9) Problèmes spéciaux (température et altitude).
- 10) Collaboration sur le plan international.

91 rapports, établis pendant les mois précédant la réunion, par les délégués des pays précités ainsi

que par le B.I.T., y furent présentés et discutés au cours des trois semaines que dura cette réunion.

Tous les experts ont d'abord été d'accord pour estimer qu'à l'heure actuelle, les *méthodes techniques* de prévention et de suppression des poussières constituent le moyen de lutte le plus efficace contre les pneumoconioses dans les mines.

Ensuite, ils ont, à l'unanimité, adopté les conclusions générales suivantes :

« 1) Dans l'état des connaissances actuelles, toutes les poussières produites au cours des opérations effectuées dans les mines, les galeries et carrières devraient être considérées comme capables d'être nocives si elles sont inhalées en quantité suffisante; les poussières contenant de la silice libre devraient être considérées comme spécialement nocives, les particules dangereuses étant inférieures à 5 microns de diamètre.

« 2) Dans toutes les opérations effectuées dans les mines, les galeries et les carrières, le dégagement de poussières nocives, de même que l'accumulation de ces poussières et leur propagation lorsqu'elles se trouvent en suspension dans l'air, devraient être évités dans toute la mesure du possible.

« 3) Dans les mines, les galeries et les carrières où se trouvent des poussières nocives, des mesures appropriées devraient être prises en vue de la protection du personnel contre ces poussières et de la prévention des pneumoconioses.

« 4) Dans toutes les mines, galeries et carrières où l'on a recours à des procédés humides de prévention et de suppression des poussières, il devrait être prévu un système approprié de distribution d'eau.

« 5) L'eau utilisée pour la suppression des poussières ne devrait présenter aucun risque pour la santé.

« 6) Les poussières devraient être supprimées le plus près possible de leur point de formation.

« 7) Les dispositifs efficaces de prévention et de suppression des poussières devraient être incorporés, et de préférence dès la construction, dans les machines et autres engins considérés.

« 8) Lorsqu'on prend une mesure particulière destinée à réduire la production de poussières, on devrait se soucier des répercussions défavorables qu'elle pourrait avoir sur la production de poussières dans l'ensemble des opérations. »

Enfin, et toujours à l'unanimité, les experts ont formulé, sur chacun des points à l'ordre du jour, des recommandations de caractère pratique que nous reproduirons plus loin.

Dans le présent rapport, nous nous proposons de mettre, à la disposition des lecteurs, un résumé des travaux de la réunion qui nous occupe.

Nous traiterons successivement les 10 points de l'ordre du jour précité, et, pour chacun d'eux, nous donnerons :

1) Les *recommandations* formulées par les experts. (Celles-ci seront reproduites en italique au début de chaque paragraphe).

2) Une *synthèse* des rapports présentés et des discussions y relatives.

Toutefois, étant donné qu'il convient, avant de parler des moyens de lutte contre les poussières, de savoir où ceux-ci devront être mis en œuvre, il nous a semblé opportun de commencer par le point 5 de l'ordre du jour « Echantillonnage, mesure et analyse des poussières », qui nous indiquera la façon de mesurer la teneur en poussière d'une atmosphère et, par conséquent, de repérer les endroits insalubres.

## CHAPITRE I

### POINT 5

## ECHANTILLONNAGE, MESURE ET ANALYSE DES POUSSIÈRES

### § 1. APPAREILS D'ECHANTILLONNAGE

« Les appareils de prélèvement des poussières utilisés dans les mines, les galeries et les carrières devraient permettre de mesurer les concentrations de particules et d'agrégats de poussières en suspension dans l'air, soit par dénombrement des particules dans une tranche appropriée située en dessous du diamètre de 5 microns, soit par pesée, soit par d'autres paramètres sûrs.

« Les appareils utilisés pour la mesure courante de l'empoussiérage devraient être simples et avoir été reconnus fidèles à cette fin ».

Un grand nombre d'appareils différents ont été utilisés par les chercheurs pour la mesure de la con-

centration des poussières en suspension dans l'air. Ils sont en général classés en six groupes : percussion, filtration, photométrie, précipitation thermique, lavage ou sédimentation.

Nous adopterons cependant une autre classification qui est fonction du but poursuivi. Nous distinguerons :

1) Les appareils utilisés pour la mesure courante de l'empoussiérage dans les mines;

2) Les appareils scientifiques, capables de nous renseigner sur la granulométrie des particules, leur poids, leur diamètre moyen et leur composition minéralogique et chimique.

## 1) Appareils utilisés pour la mesure courante de l'empoussièrement

### Le précipitateur thermique.

L'appareil étalon adopté en Grande-Bretagne est le précipitateur thermique.

La figure 1 et sa légende suffisent pour rappeler brièvement le fonctionnement de cet appareil.

L'échantillon est ainsi recueilli sous forme appropriée pour le comptage et la mesure du calibre des particules au microscope.

Malheureusement, le précipitateur thermique n'est pas un instrument portatif et il exige, en outre, des opérateurs spécialisés, aussi bien pour le prélèvement des échantillons au fond, que pour le comptage ultérieur des lames au laboratoire.

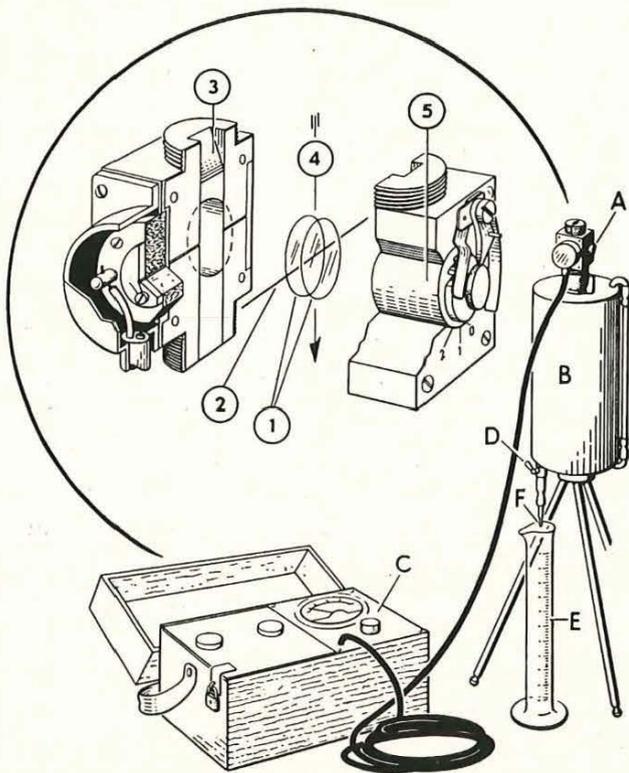


Fig. 1. — Précipitateur thermique.

1. Plaques de verre.
2. Fil à résistance électrique;
3. Orifice d'aspiration;
4. Direction de l'air;
5. Bouchon.

L'air entraîné à travers l'orifice d'aspiration rencontre un fil électrique chauffé. Ce dernier exerce une répulsion sur les poussières, qui se déposent sur deux plaques de verre formant les parois d'un canal étroit.

La tête A du précipitateur est solidement vissée sur l'aspirateur B et un courant de 1,2 A est lancé de la boîte de contrôle C. Lorsque le robinet D est ouvert, l'eau s'écoule dans le verre gradué E. L'ajutage F contrôle le débit qui ne devrait pas dépasser 7 cm<sup>3</sup>/min.

Après l'échantillonnage, l'écoulement de l'eau est interrompu et le volume relevé avec précision. Le courant électrique est interrompu, la tête du précipitateur est enlevée et les plaques de verre sont retirées pour analyse ultérieure au microscope.

En vue de remédier à ce premier inconvénient, on vient de construire, tout dernièrement, un nouveau modèle plus compact et plus léger. Le nouvel instrument présente (à part l'aspirateur) l'aspect extérieur d'une lampe électrique portable pour mineur et a un encombrement analogue.

Pour obtenir des résultats comparables, au précipitateur thermique, il est indispensable de normaliser la méthode d'emploi et le procédé de comptage d'une manière précise.

Des instructions détaillées ont été publiées en ce qui concerne :

- la sélection et la préparation des lames couvre-objet;
- la densité optimum du dépôt;
- le montage des lames couvre-objet;
- l'équipement du microscope;
- le réticule et le grossissement;
- la procédure de comptage;
- la définition des critères pour l'appréciation des agrégats.

Même avec ces instructions, il a été indispensable de réunir les opérateurs dans un laboratoire pour un cours et de procéder ensuite à un échange de lames, pour obtenir un degré de concordance satisfaisant dans la détermination des résultats des échantillonnages.

Vu ces difficultés, et du fait de la nécessité de prélever un très grand nombre d'échantillons, les Anglais ont décidé de choisir, en outre, un instrument d'échantillonnage dont la manœuvre puisse être apprise en peu de temps et qui permette de prélever un échantillon susceptible d'être mesuré rapidement en laboratoire. En Grande-Bretagne on a retenu, à cet effet, la pompe à main P.R.U.

### La pompe à main P.R.U.

La figure 2 illustre clairement le fonctionnement de l'appareil construit par MM. Watson et Homan (1).

Dans cette méthode, l'air chargé de poussières est aspiré à travers une pièce de papier filtre, la tache résultante étant mesurée photo-électriquement à l'opacimètre (fig. 3).

La pompe à main P.R.U. ne convient pas pour mesurer la concentration des poussières de roche (travaux préparatoires au rocher et postes de remblayage — poussières blanches).

Le premier pas dans la normalisation de l'emploi de la pompe fut de donner des instructions précises concernant :

- la méthode à suivre lors des prélèvements des échantillons;
- la manipulation de la pompe;
- son entretien (l'importance de ce point est à souligner).

Lorsqu'il fut décidé d'utiliser des appareils d'échantillonnage « simples » et « rapides », il fut clairement stipulé que les résultats fournis par ces instruments devraient pouvoir être rapportés à

(1) Centre de Recherches sur les Pneumoconioses.

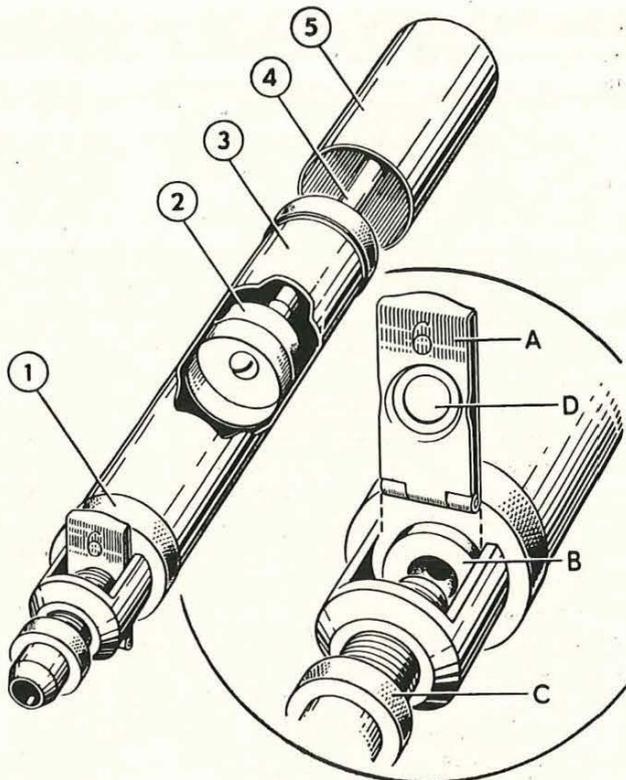


Fig. 2. — Pompe à main P.R.U.

pour l'échantillonnage des poussières en suspension.

1. Soupape d'arrêt (à l'intérieur de l'anneau moleté).
2. Coupelle en cuir. — 3. Cylindre. — 4. Piston.
5. Poignée.

Le clip porte-filtre A est engagé et appliqué contre l'anneau en caoutchouc B par rotation de l'anneau moleté C. Après pompage, la tache de poussière déposée sur le papier-filtre D est mesurée à l'opacimètre.



Fig. 5. — Opacimètre.

ceux donnés par le précipitateur thermique.

Il fallait donc établir une relation sûre entre l'opacité de la tache (densité) et le nombre effectif des particules comprises entre 1 et 5 microns contenues dans 1 cm<sup>3</sup> d'air.

Si l'on désigne par D la densité optique de la tache, et par Q le nombre des particules produisant

la tache, MM. Watson et Houman ont trouvé que la relation suivante était valable pour le papier Whatman n° 1

$$Q = a.D^b$$

où a et b sont des constantes..

L'expérience a permis d'attribuer à l'exposant b la valeur 1,5. C'est pour cette raison que l'échelle du galvanomètre du densitomètre P.R.U. (c'est-à-dire l'appareil mesurant l'opacité de la tache ou la densité optique de la tache) a été graduée en  $D^{1,5} \times 100$ .

$$D^{1,5} \times 100$$

Il s'agit ensuite d'obtenir le rapport

$$\frac{D^{1,5} \times 100}{n}$$

= p où n désigne le nombre de coups de pompe donnés pour produire la tache considérée.

Le volume d'air déplacé lors de chaque course du piston est pratiquement constant et l'on n'a pas besoin d'en tenir compte dans le calcul, du fait qu'il peut être inclus dans le facteur d'étalonnage c.

Ainsi, pour des échantillons prélevés pendant la même durée, à l'aide du précipitateur thermique et de la pompe à main, le nombre de particules/cm<sup>3</sup> est déterminé comme suit :

$$N = c. \frac{D^{1,5} \times 100}{n} = c. p.$$

Si l'on connaît le facteur de corrélation c, le nombre de particules par cm<sup>3</sup> N peut être calculé à partir de p.

MM. Watson et Houman ont insisté sur le fait qu'il n'existait pas de valeur unique pour c et que la valeur effective pour chaque tache dépendait des caractéristiques physiques de la poussière et spécialement de sa répartition granulométrique.

Dans les houillères du Pays de Galles, à la suite de nombreux contrôles entre la pompe P.R.U. et le précipitateur thermique, le facteur de corrélation c a été trouvé pratiquement constant et voisin de 1500; on a adopté cette valeur dans tous les contrôles courants.

Lorsque la pompe P.R.U. fut introduite dans d'autres bassins houillers, on a constaté des écarts considérables et imprévisibles dans le facteur d'étalonnage. Dans les divisions de Durham et du Nord par exemple, les valeurs du facteur d'étalonnage se sont échelonnées lors des contrôles courants entre 450 et 5.500, ce qui a conduit à la conclusion que le facteur de corrélation devrait probablement être déterminé pour chaque veine et pour chaque taille (suivant la méthode d'exploitation adoptée).

MM. Catchpole, Greenham et White ont confirmé que la principale variation du facteur de conversion était due à la répartition granulométrique des particules dans les nuages de poussières dont proviennent les échantillons. Ils ont trouvé également que, si l'on reportait les résultats donnés par le précipitateur thermique selon les valeurs de  $D^{1,5}$ , les points correspondants se répartissaient autour d'une droite qui ne passait jamais par l'origine.

Il est apparu, par conséquent, qu'une loi de la forme

$$Q = K + a. D^{1.5}$$

s'accorderait mieux avec les résultats que la relation

$$Q = a. D^{1.5}$$

adoptée par MM. Watson et Houman.

La nature des résultats ainsi obtenus est illustrée à la figure 4.

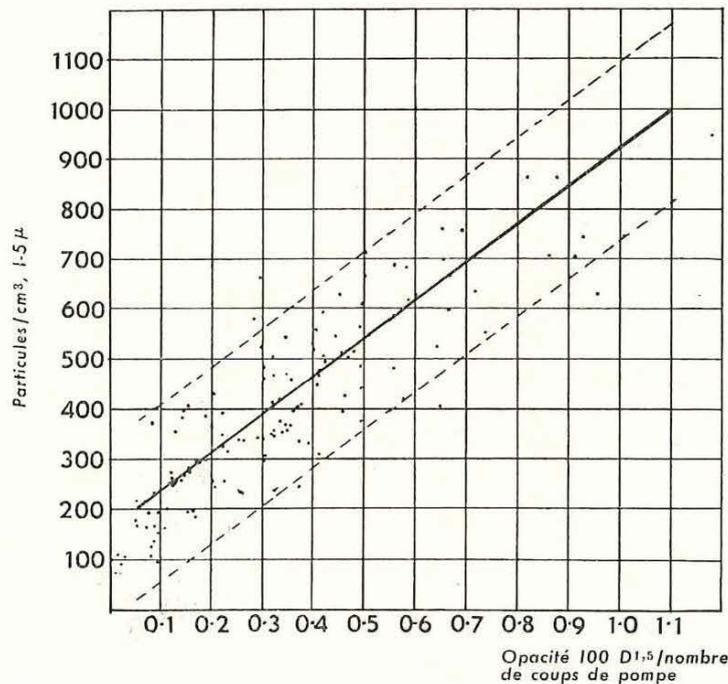


Fig. 4. — Relation entre les résultats obtenus à la pompe P.R.U. et au précipitateur thermique.

En conclusion, pour ramener les résultats obtenus par la pompe à main à ceux fournis par le précipitateur thermique, il est essentiel d'opérer d'une façon normalisée.

Le processus actuel peut être schématisé comme suit, pour la détermination du facteur de corrélation « c » :

a) 30 échantillons prélevés au précipitateur thermique, ainsi que les lectures correspondantes de densité pour la pompe P.R.U. (8 à 12 échantillons prélevés à la pompe P.R.U. pour chaque échantillon prélevé au P.T.) sont utilisés pour le calcul d'une droite moyenne initiale;

b) dans chaque mine de charbon, chaque veine fait l'objet d'un échantillonnage dans les conditions d'empoussiérage les plus diverses. Il convient d'insister sur le fait que les échantillons devraient être prélevés sur une gamme étendue de densités optiques;

c) on calcule la droite moyenne et la limite d'erreur correspondante;

d) tout perfectionnement ou changement dans les méthodes d'échantillonnage ou toute modification apportée à la méthode d'exploitation ou survenue dans l'état physique de la veine nécessitera le calcul d'une nouvelle droite moyenne.

Enfin, M. Walton et ses collaborateurs ont imaginé d'adjoindre des sélecteurs à la pompe afin d'éliminer les grosses particules et de surmonter ainsi quelques-unes des difficultés dues à la présence de ces dernières sur le papier filtre.

Actuellement, on dispose déjà de suffisamment d'éléments qui prouvent que la pompe P.R.U.

est un instrument utile pour la mesure courante des poussières en suspension.

#### Le conimètre.

En Grande-Bretagne, l'utilisation du conimètre est limitée principalement au prélèvement d'échantillons de poussières de roche.

Nous avons déjà décrit le conimètre dans un numéro précédent des Annales des Mines (2) (fig. 5).

Cet appareil est très utilisé en Autriche, en Suède et surtout en Union Sud-africaine où l'on prélève annuellement environ 450.000 échantillons d'air chargé de poussières.

Comme dans le cas des deux autres instruments, il est indispensable de normaliser la méthode d'utilisation et le mode de comptage des particules.

La technique sud-africaine pour la préparation de couches adhésives sur les lames du conimètre, à partir d'une solution de gelée de paraffine dans le xylène, donne d'excellents résultats du point de vue de la reproductibilité et de l'uniformité, et les

(2) « Annales des Mines », novembre 1952, pp. 758 à 779.

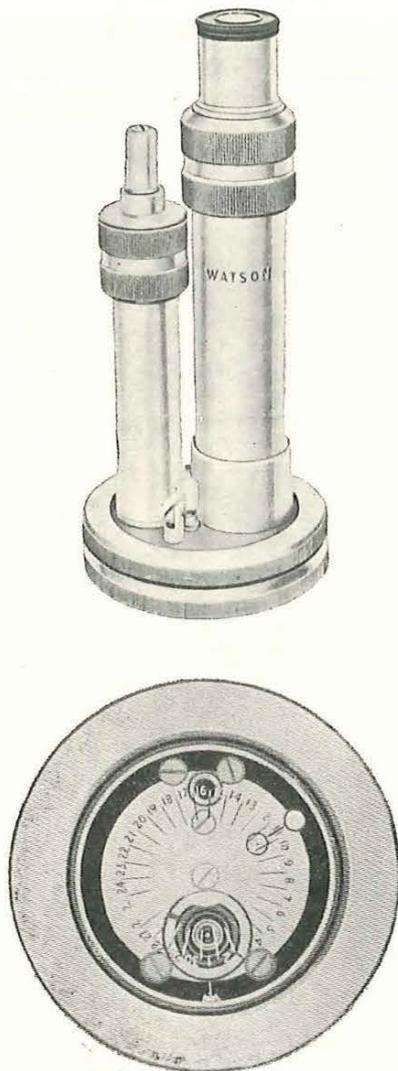


Fig. 5. — Conimètre.

résultats sont supérieurs à ceux obtenus en appliquant, au moyen du doigt, une gelée de glycérine.

D'autre part, MM. Hamilton, Wainright et Walton ont montré que les pellicules minces telles que celles utilisées d'une manière conventionnelle conduisaient à un nombre exagéré de particules fines et à une évaluation trop faible du nombre de particules plus grosses en raison du choc et du rebondissement de ces dernières sur la lame. Des films plus épais (environ 1 micron d'épaisseur) agissent comme un matelas et éliminent considérablement ces erreurs.

C'est à la suite de ces recherches que des règles précises ont été définies en Grande-Bretagne, pour essayer de normaliser la préparation des lames. Cependant, certaines divergences à ce sujet n'ont pas encore été complètement dissipées.

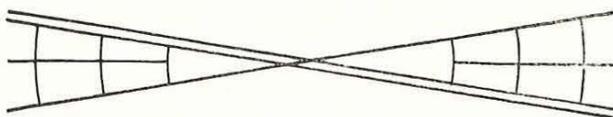


Fig. 6. — Réticule.

Pour la facilité du comptage des particules, on adopte généralement le réticule perfectionné représenté à la figure 6.

### Le tyndalloscope.

Plusieurs appareils de mesure des poussières sont basés sur la méthode optique. Celle-ci a le grand avantage de ne modifier en aucune façon l'état primitif de la poussière pendant les mesures.

Il existe actuellement en Allemagne un instrument léger, le tyndalloscope dont le maniement est facile. Cet instrument a été décrit par M. Walkenhorst, (5).

Le tyndalloscope est représenté à la figure 7.

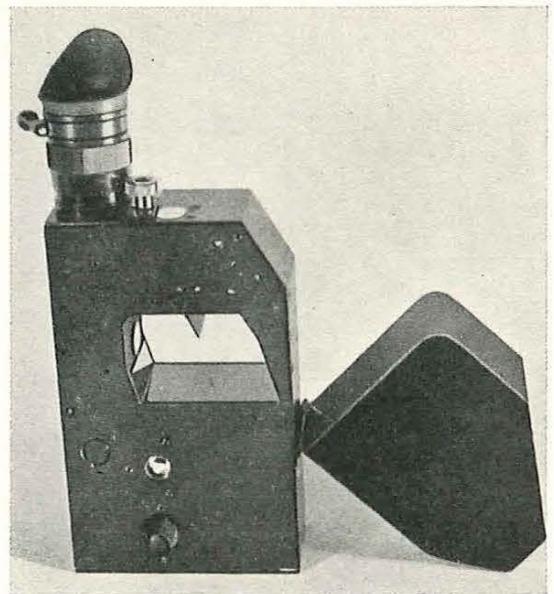


Fig. 7. — Tyndalloscope.

La partie inférieure du bâti contient un accumulateur qui sert de source de courant et une source lumineuse. La lumière primaire est divisée en deux faisceaux au moyen d'une lame semi-transparente. L'un pénètre dans la chambre à poussières représentée ouverte sur la figure 7. En présence de poussières, il s'y produit de la lumière diffusée (effet Tyndall); l'intensité de cette lumière diffusée dépend de la concentration en poussières et est proportionnelle à l'intensité de la lumière primaire. L'autre faisceau sert de faisceau de comparaison et son intensité peut être réduite à volonté au moyen de prismes polarisateurs. Les deux faisceaux lumineux sont enfin réunis et amenés à la même intensité sur une lame spéciale dont le champ visuel est divisé en deux parties.

De la réduction d'intensité du faisceau de comparaison, laquelle peut être lue sur un cadran, on déduit l'intensité de lumière diffusée. A partir de cette dernière valeur, on peut, au moyen de tables

(5) Chef de la Section de Physique de l'Institut de Recherches sur la Silicose de l'Association mutuelle professionnelle d'assurance contre les accidents dans l'Industrie minière de Bochum.

établies en tenant compte de la nature des poussières, déterminer la teneur en poussières en  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

L'appareil n'est pas conçu pour des recherches scientifiques. Il présente l'avantage d'être d'un maniement simple et de permettre des lectures, même dans les emplacements difficiles au fond.

De plus, on a essayé de compléter le tyndalloscope, d'un dispositif simple permettant de séparer les poussières examinées d'après leurs constituants minéralogiques.



Fig. 8. — Microscope polarisant additionnel.

On utilise à cet effet, un microscope polarisant additionnel portatif; il est reproduit à la figure 8.

On prélève, dans la poussière de la mine, un échantillon qui est examiné en lumière polarisée au moyen de l'instrument précité.

Les poussières de roche ont la propriété de faire tourner le plan de polarisation de la lumière, tandis que les poussières de charbon ne possèdent pas ce pouvoir. On peut ainsi séparer immédiatement la poussière de roche de la poussière de charbon.

Une analyse plus poussée permet ensuite de diviser la poussière de roche en quartz, en chaux, en feldspath et en mica. Il est ainsi facile d'avoir une vue d'ensemble des divers constituants individuels.

L'instrument donne enfin une idée approximative de la dimension des particules de la poussière recueillie.

## 2) Appareils scientifiques

### Les appareils filtrants.

L'appareil filtrant le plus commode utilise des filtres en papier en forme de dés, du type « filtres de Soxhlet », qui permettent le prélèvement d'une quantité de poussières relativement importante et qui peuvent fonctionner disposés parallèlement au courant d'air, sans que l'on risque de perdre une partie de l'échantillon recueilli.

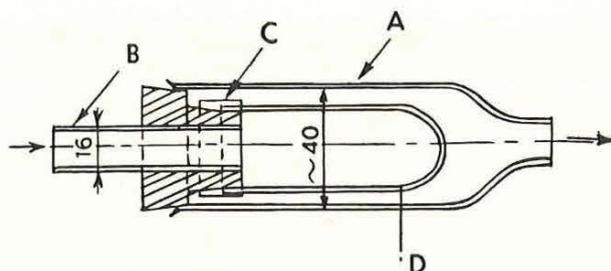


Fig. 9. — Porte-filtre pour filtre Soxhlet.

- A. Porte-filtre;
- B. Ajustage d'entrée d'air;
- C. Manchon de fixation du filtre;
- D. Filtre.

L'appareil de captage comporte trois éléments essentiels : le porte-filtre, le compteur de débit d'air et l'éjecteur à air comprimé qui crée la dépression nécessaire au fonctionnement du système (fig.9).

Cet appareil a été décrit en détail dans la communication n° 22 de l'Institut d'Hygiène des Mines et nous y renvoyons le lecteur.

La quantité de poussières recueillie se détermine par différence de pesée du filtre, avant et après le prélèvement.

L'échantillon prélevé, généralement important, peut se prêter à une analyse chimique ou à un examen minéralogique.

### Le Midget-Impinger du Bureau of Mines des Etats-Unis.

Le Midget-Impinger est un instrument de prélèvement des poussières par barbotage. (fig. 10 et 11).

Aux Etats-Unis, on n'emploie pratiquement que cet appareil depuis de nombreuses années.

Il a également été décrit dans la Communication n° 67 de l'Institut d'Hygiène des Mines.

En principe, l'air est aspiré à travers l'appareil à raison de 3 litres par minute par établissement d'une dépression donnée (305 mm d'eau) au niveau du tube de sortie d'un flacon barboteur.

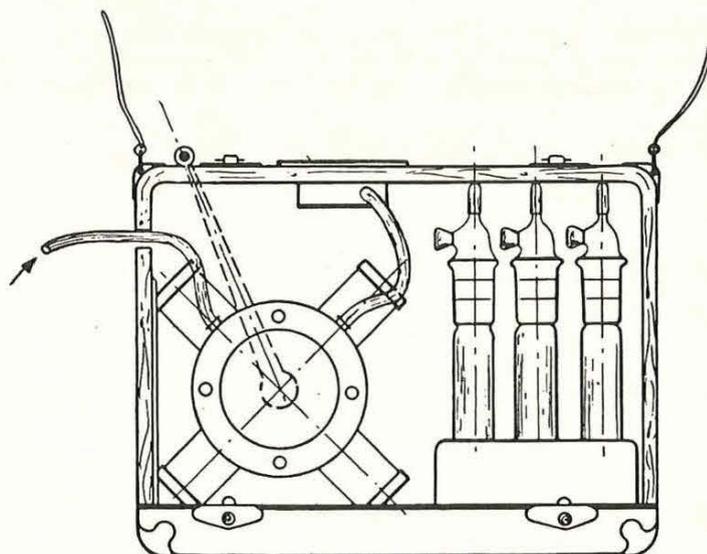


Fig. 10. — Midget-Impinger.

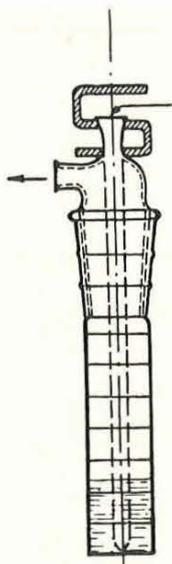


Fig. 11. — Flacon laveur pour Midget Impinger.

Le tube d'entrée se termine par un orifice de 1 mm de diamètre, après lequel l'air percute une surface plane, puis barbote dans un liquide mouillant et s'échappe ensuite dans l'air.

Les poussières récoltées dans le liquide peuvent ensuite être pesées, analysées chimiquement ou examinées microscopiquement, pétrographiquement ou par diffraction aux rayons X.

Toutefois, si cet appareil est reconnu efficace pour capter les particules de 1 à 5 microns, il est, de l'avis de nombreux expérimentateurs, d'une efficacité réduite pour les particules inférieures ou égales au micron.

Le Professeur Dautrebande (4) pense que cette efficacité réduite tient au principe même de l'appareil :

« Si la percussion réalisée sur la surface plane » dans le flacon laveur permet de retenir un grand » nombre de particules au-dessus du micron, la » plupart des particules sub-microniques échappent » à cet effet et, enfermées dans des bulles d'air de » taille variable, sortent de l'appareil sans avoir pu » y être captées ».

Un appareil élimine ce défaut. C'est le Midget Scrubber D 18 du Professeur Dautrebande, dont nous reprenons ci-dessous les termes pour en exposer le principe.

#### Le Midget Scrubber D 18.

« Le scrubber est la réplique d'un aérosolateur à » filtrations liquides successives, mais qui, au lieu » de fonctionner en surpression par entrée d'air au » niveau de son orifice inférieur et sortie à l'ori- » fice supérieur, est au contraire soumis à une dé- » pression au niveau de son orifice supérieur, l'entrée » d'air aspiré se faisant par l'orifice inférieur.

» De même que les aérosolateurs de ce genre ont » recours à des couches liquides successives turbu- » lentes pour briser les bulles d'air et retenir dans

» la solution génératrice, par filtrations fractionnées, » les particules supérieures à 0,1 micron en moyenne, » de même en marche inversée, l'appareil en question » capte dans l'air toutes les particules jusqu'à une » taille moyenne supérieure à 0,1 micron.

» L'appareil représenté (fig. 12) est constitué par » un éjecteur d'air centré dans un venturi, lui-même

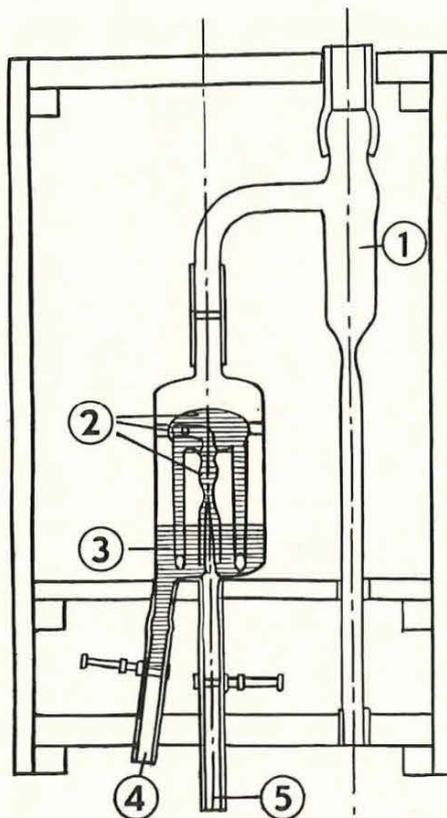


Fig. 12. — Schéma du Midget scrubber D 18.

1. Trompe;
2. Cyclones;
3. Liquide collecteur;
4. Tube de vidange;
5. Aspiration d'air.

» relié par sa base au liquide de captage. Immé- » diatement au-dessus du venturi existent trois ré- » gions où le mélange air liquide est intimement » soumis à de puissants mouvements de cyclone et » de turbulence, qui rendent obligatoire le contact » de la totalité de l'air avec le liquide. Après ces » régions turbulentes et cycloniques, le mélange » air-liquide redescend par deux tubes latéraux (soit » rectilignes, soit de préférence plusieurs fois cou- » dés) vers la partie inférieure de l'appareil, où il » barbote une dernière fois dans le liquide de cap- » tage. Comme l'évaporation du liquide de captage » sous l'influence d'une dispersion intense, est » accompagnée d'une chute de température de plu- » sieurs degrés, le refroidissement de l'air à son en- » trée dans l'appareil doit provoquer une certaine » condensation du liquide autour des poussières » charriées par cet air plus chaud; l'efficacité du » processus de retention des très petites poussières » en est évidemment améliorée, d'autant plus que le

(4) Dautrebande : « Aspects nouveaux de la lutte contre les poussières », 1952.

» contact entre l'air et le liquide est mécaniquement rendu obligatoire et intime.

» On a tout d'abord voulu rechercher si, vis-à-vis des fines poussières, l'efficacité de cet appareil était supérieure à celle du Midget-Impinger. Une technique simple permet de se faire rapidement une opinion à ce sujet : elle consiste à relier l'orifice de sortie d'un Midget-Impinger à l'orifice d'entrée d'un Midget-Scrubber et à faire passer l'air chargé de fines poussières par les deux appareils successivement. Si des particules échappent au Midget-Impinger en raison de leur faible taille et si le nouvel appareil est plus efficace que le Midget-Impinger vis-à-vis des particules microniques ou sub-microniques, on doit les retrouver dans le liquide de barbotage du Midget-Scrubber. C'est ce qui se produit en effet.

» Pour se rendre compte quantitativement de l'efficacité de ce scrubber, il suffit de relier deux scrubbers en série et d'aspirer l'atmosphère chargée de particules à travers les deux appareils successivement. On constate que la quantité de poussières trouvées dans le deuxième scrubber est inappréciable.

» La dépression requise pour le barbotage peut être obtenue au moyen d'une simple trompe à eau qui permet des débits d'air de 3 à 6 litres/minute. Si l'on veut augmenter le débit d'air à travers l'appareil (de 6 à 10 litres/minute), on peut raccorder son orifice supérieur à un éjecteur d'air ou à une pompe aspirante, soit manuelle, soit électrique ».

\* \* \*

Jusqu'à présent, nous n'avons parlé que des appareils d'échantillonnage rapide, c'est-à-dire dont la durée de prélèvement est relativement courte.

Nous verrons au paragraphe 2 qu'il est possible, à l'aide de ces appareils d'échantillonnage rapide, de définir un processus d'échantillonnage tout à fait pratique permettant de répondre à l'objection des grandes variations de concentration des poussières pendant un poste de travail.

Cependant, certains auteurs anglais ont signalé les mérites des appareils d'échantillonnage prolongé pour assurer la conformité avec les normes d'empoussièrement prescrites en Grande-Bretagne.

Des appareils expérimentaux ont déjà été construits et nous en parlerons plus loin.

Mais si l'on utilisait de tels appareils, d'après M. Wynn, (5) une révision très importante des normes pourrait cependant s'avérer nécessaire.

En effet, les méthodes actuelles d'échantillonnage en Grande-Bretagne sont destinées à assurer la conformité aux normes prescrites, pendant les périodes d'activité générale et de production maximum de poussières.

Un appareil donnant la moyenne pour l'ensemble d'un poste de travail, y compris les moments d'inactivité, fournirait une estimation nettement plus faible de la concentration moyenne. Il semble pourtant

qu'il n'existe pas de difficulté insurmontable à formuler de nouvelles normes destinées à être utilisées avec les appareils d'échantillonnage prolongé, du fait qu'il existe, en pratique, une relation suffisamment stable entre les concentrations pendant les périodes de très grande activité, et la concentration moyenne.

Un appareil automatique, basé sur le même principe que la pompe à main, a été mis au point et décrit par MM. Lloyd, Winder et Gillard (6).

Cet appareil, représenté à la figure 13, capte automatiquement, sur filtre, les échantillons de poussières en suspension dans l'air à intervalles réguliers et pendant tout le poste de travail.

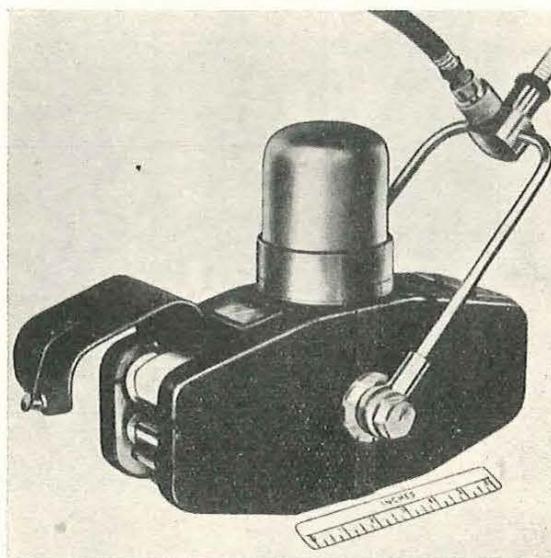


Fig. 15. — Appareil automatique S.M.R.E. pour l'échantillonnage des poussières.

Les échantillons prélevés sur un ruban de papier filtre peuvent être facilement évalués au laboratoire à l'aide d'un opacimètre spécial. Le volume d'air échantillonné et la fréquence de l'échantillonnage sont contrôlés automatiquement avec précision.

On peut aussi fixer sur l'appareil un éliminateur de grosses particules. La figure 14 montre quelques enregistrements caractéristiques.

Le Docteur Wright (7) a également construit un appareil de prélèvement automatique, qui comprend deux cellules de sédimentation et un mouvement d'horlogerie permettant de recueillir, tous les quarts d'heure, un échantillon d'air dans chacune des deux cellules de sédimentation à tour de rôle. Cet appareil est dénommé « Cellule automatique de sédimentation ». L'évaluation de la teneur en poussières s'effectue par comptage des particules sur plaque de verre.

Ces appareils n'ont pas encore dépassé le stade expérimental.

\* \* \*

(5) Directeur de l'Institut de Recherches sur la Sécurité dans les Mines, Grande-Bretagne.

(6) Institut de Recherches sur la Sécurité dans les Mines, Grande-Bretagne.

(7) Centre de Recherches sur les Pneumoconioses.

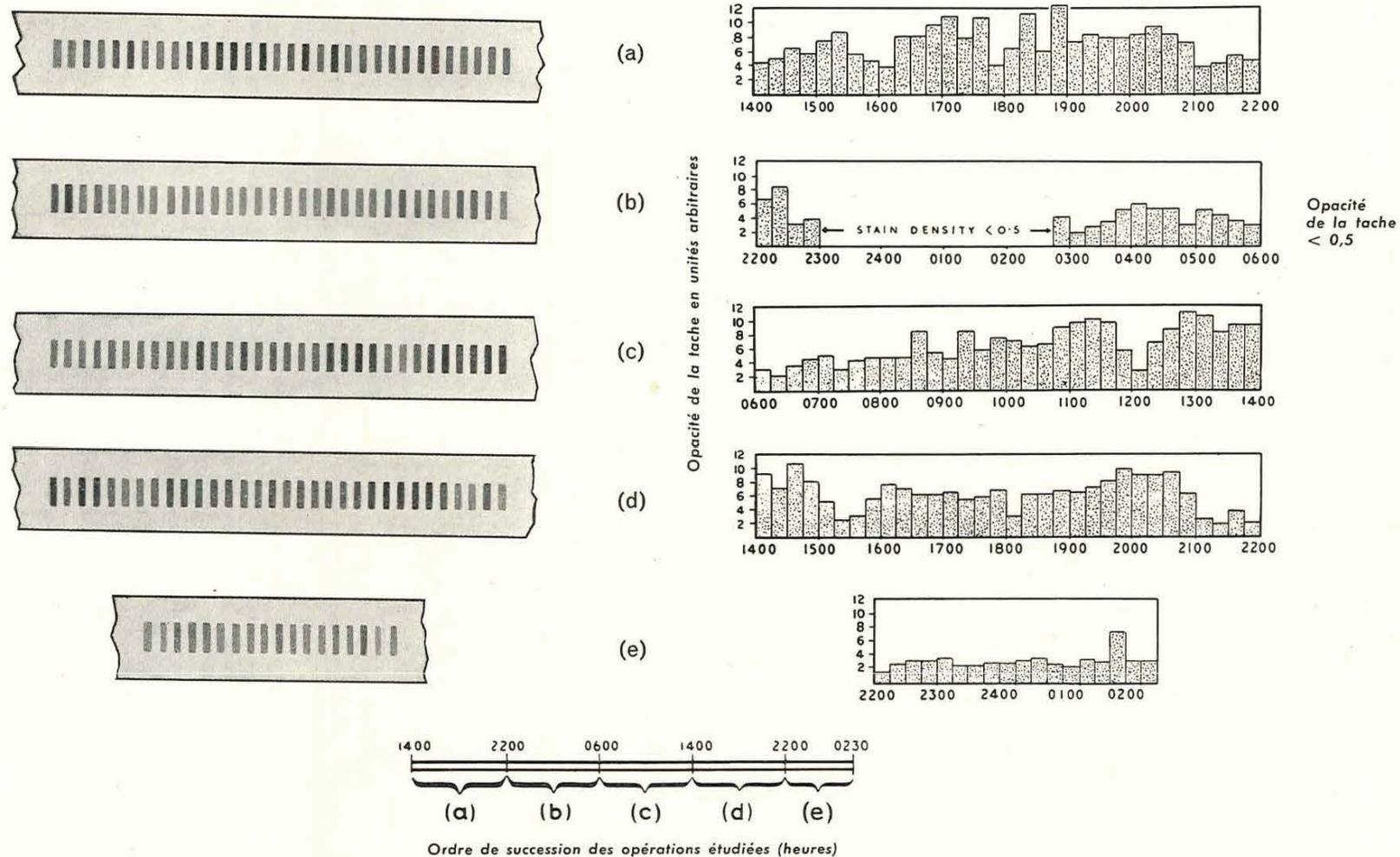


Fig. 14. — Echantillons prélevés à l'appareil S.M.R.E. et représentation graphique de la variation du taux de concentration des poussières.

(a) Chargement du charbon - (b) Havage humide; déplacement du convoyeur vers le front; forage à sec - (c) Recoupage du toit; enlèvement du soutènement; tir; aspersion d'eau - (d) Chargement du charbon - (e) Havage à sec; déplacement du convoyeur vers le front; forage à sec.

Ce paragraphe relatif aux appareils d'échantillonnage serait incomplet si nous ne jetions un regard vers l'avenir.

M. Beadle (8), envisageant l'avenir, déclare qu'en Union Sud-africaine, les taux de concentration des poussières sont devenus si faibles (les nuages de poussières sont rarement visibles) que la différence relative des comptages obtenus avec le conimètre, qui demeure le seul instrument utilisé pour l'échantillonnage courant et rapide, est devenue peu significative, et il devient évident qu'un instrument plus précis devrait être mis au point pour l'échantillonnage courant.

« Un précipitateur thermique modifié » robuste et assez petit pour être transporté dans la poche, a été mis au point dans les laboratoires de recherches de la Chambre des Mines du Transvaal.

Enfin, la mise au point récente en Grande-Bretagne, d'un instrument de petite dimension porté

par le mineur lui-même, qui indique la teneur moyenne en poussières à laquelle celui-ci est exposé pendant une semaine ou davantage, est du plus grand intérêt (cellule automatique de sédimentation). Des renseignements de ce genre doivent être fort précieux et cet instrument représente peut-être un très grand progrès.

La combinaison d'un instrument de ce type, servant à déterminer quelles catégories de mineurs sont exposées à de fortes concentrations moyennes de poussières au cours de leurs occupations normales, et de la nouvelle formule du précipitateur thermique mentionnée ci-dessus servant à localiser les emplacements précis d'un maximum d'empoussiérement, peut fournir des renseignements permettant de réduire encore davantage la poussière dans les mines jusqu'à ce que la silicose disparaisse.

\* \* \*

## § 2. PROCESSUS DE L'ÉCHANTILLONNAGE COURANT

« L'échantillonnage des poussières en suspension dans l'air devrait être effectué d'une manière telle qu'il permette d'obtenir des renseignements suffisants quant à l'empoussiérement »

L'échantillonnage a un certain nombre d'objectifs différents à remplir.

Il y a tout d'abord l'objectif de l'expérimentateur médical qui cherche à déterminer les quantités de poussières inhalées par les travailleurs exposés à ces poussières.

Le but des recherches de ce genre est d'étudier la vitesse d'évolution de la maladie en fonction des quantités de poussières inhalées.

Cela représente peut-être le problème d'échantillonnage le plus difficile. Cette question a été étudiée par MM. Oldham et Roach et nous y reviendrons à la fin de ce paragraphe.

Il y a ensuite l'objectif de l'ingénieur qui peut avoir à s'assurer que le taux de concentration des poussières en suspension est conforme aux normes prescrites, ou, qui peut avoir à détecter les lieux de travail qui ne sont pas conformes à ces normes et où il y a lieu de prendre d'autres mesures de prévention.

Cet objectif, qui ne doit être qu'un contrôle courant de l'empoussiérement, est alors analogue à celui qui consiste à contrôler la teneur en gaz, en vue de s'assurer que le seuil de toxicité n'est pas atteint.

Nous nous attacherons, dans ce qui va suivre, à bien préciser l'objectif de l'ingénieur d'après l'expérience anglaise, exprimée par MM. Hicks (9) et Wynn.

Il s'agit donc de mesurer le niveau général d'empoussiérement de chaque atelier de travail et ses variations au cours d'une longue période.

Cet objectif pose déjà à lui seul un problème difficile d'organisation lorsque le personnel ne dispose que d'instruments à prélèvements manuels de courte durée comme ceux que nous avons décrits plus haut (précipitateur thermique, pompe à main, conimètre).

Nous ne nous intéresserons qu'au prélèvement de particules fines de diamètre inférieur à 5 microns, comme dit dans les recommandations des experts.

### 1) Précipitateur thermique.

Les particules inférieures à 5 microns ont des vitesses de précipitation très faibles (une particule de 5 microns tombe de 5 cm en 1 min.) et une petite proportion seulement d'entre elles, sédimentent pendant la circulation de l'air le long des tailles. Il est donc certain qu'une grande quantité de poussières est transportée sur de longs parcours, dans les galeries de retour d'air et il est raisonnable d'admettre que le risque maximum peut être donné par les échantillons prélevés en un point fixe, situé près de la tête de taille dans la galerie de retour d'air.

Sur cette base, et en tenant compte des difficultés provenant du fait que le précipitateur thermique ne peut être facilement transporté, il a été stipulé, que l'instrument devrait être placé contre le front de taille à 4,50 m au plus dans le retour d'air, et à la hauteur normale de la tête des travailleurs.

Nous insistons encore sur le fait qu'il est indispensable de normaliser le processus d'échantillonnage si l'on veut avoir des résultats comparables.

La méthode courante d'échantillonnage à l'aide du précipitateur thermique consiste à prélever 8 échantillons, à intervalles relativement réguliers pendant la période de travail effectif d'une équipe. En Grande-Bretagne, on se propose de prélever des échantillons au précipitateur thermique dans chaque taille et à chaque poste, une fois tous les trois mois. En 1951, 10.000 échantillons furent prélevés au précipitateur thermique et en 1952, plusieurs dizaines de milliers d'échantillons ont été captés.

(8) Laboratoire de Recherches de la Chambre des Mines du Transvaal.

(9) Directeur du Contrôle Scientifique du National Coal Board.

## 2) Pompe à main.

Cependant, la plus grande partie des mesures courantes est effectuée à la pompe à main. On prend trente échantillons dans une taille en les étalant sur quatre heures à quatre heures et demie de l'activité principale du poste, aucun échantillon n'étant prélevé lorsque le travail est arrêté. L'étalonnage de la pompe à main est vérifié de temps à autre à l'aide du précipitateur thermique, qui échantillonne pendant 15 minutes environ; on prend, comme nous l'avons vu plus haut, huit échantillons dans une période de 4 heures à 4 heures et demie.

Il est prévu de prélever des échantillons dans chaque taille une fois par mois à l'aide de la pompe P.R.U.

Cet objectif a déjà été atteint dans les bassins houillers du Sud du Pays de Galles et du Kent. Le nombre d'échantillons prélevés en 1951 à la pompe dépassait 600.000 pour l'ensemble de la Grande-Bretagne. Ce chiffre est bien supérieur en 1952.

Lors de chaque inspection mensuelle d'un chantier d'abatage, on prélève trente échantillons à la pompe P.R.U. M. Hicks signale qu'en vue de tenir compte des variations de concentration des poussières en suspension pendant un poste de travail, les échantillons sont recueillis lors de deux contrôles séparés de chaque front de taille. Les échantillons sont prélevés au niveau du visage de l'ouvrier et le long d'une ligne correspondant à leur emplacement normal le long du front. Ainsi, en partant de la galerie de retour d'air, l'opérateur prélève des échantillons à l'aide de la pompe en des points régulièrement espacés le long du front examiné, recueillant quinze échantillons à chaque passage. Une pause est admise entre les deux passages; ainsi pendant le poste de chargement d'une taille exploitée mécaniquement, la première série d'échantillons indiquera la concentration des poussières pendant la période d'évacuation du havrit et la deuxième série correspondra à la période principale de chargement du charbon. L'opérateur de la pompe à main est censé visiter deux fronts de taille pendant la durée d'un poste et il recueillera par conséquent dans les conditions normales soixante échantillons au total.

Aucun prélèvement n'est effectué pendant les repas ou les arrêts temporaires des installations du chantier. Le prélèvement d'échantillons destinés à mesurer le taux d'empoussièrement aux points de transbordement et de chargement s'effectue approximativement au niveau du visage des travailleurs et pendant les périodes actives. A la fin du poste, les échantillons sont envoyés au laboratoire pour examen.

En principe, les normes prescrites ne doivent pas être dépassées, en aucun point normal de l'atmosphère ambiante, ni par « l'empoussièrement moyen pendant les périodes de production maximum de poussières ».

En Grande-Bretagne, le règlement de 1948 sur les assurances sociales (10) a conduit à la définition des « Conditions d'empoussièrement agréées ».

Ces conditions correspondent aux taux admissibles d'empoussièrement ci-après, qui ont été fixés par la circulaire CD/354 du National Coal Board :

- 1) Nuage de poussières de charbon dans les mines d'anthracite, limite supérieure : 650 particules/cm<sup>3</sup> comprises entre 1 et 5 microns.
- 2) Nuage de poussières de charbon dans les autres mines de charbon, limite supérieure : 850 particules/cm<sup>3</sup> comprises entre 1 et 5 microns.
- 3) Galeries et avancements au rocher dans toutes les mines de charbon, limite supérieure : 450 particules/cm<sup>3</sup> comprises entre 0,5 et 5 microns.

M. D. Hicks ajoute :

« Le National Coal Board a accepté ces normes » qui définissent l'empoussièrement moyen pendant les » périodes de production maximum de poussières » et non pas la concentration moyenne durant l'en- » semble d'un poste de travail.

La façon d'interpréter les résultats de mesures a été décrite par MM. Hudson et Warner. En voici les principes :

« Si 90 % ou plus des trente échantillons prélevés » à la pompe à main sont dans les normes prescrites, » les conditions sont considérées comme « agréées » » par le National Coal Board. On pourrait montrer » que, si 90 % des trente échantillons satisfont aux » normes fixées, il existe une très forte probabilité » pour que la concentration moyenne au cours de » la période d'échantillonnage soit, elle aussi, con- » forme aux normes. Cette conclusion n'est évi- » demment valable que pour le poste particulier » pendant lequel on a procédé à l'échantillonnage » à cause du choix fait à l'origine de prélever les » échantillons pendant la période de 4 heures de » production maximum de poussières. Ainsi, on » pourrait facilement montrer que la conformité de » neuf échantillons sur dix donne un niveau de cer- » titude beaucoup moins élevé que, par exemple, » celle de 27 sur 30.

## 3) Conimètre et précipitateur thermique dans les travaux au rocher.

Dans les avancements au rocher, l'échantillonnage présente moins de difficultés que dans les tailles; en effet, il est plus facile d'identifier les échantillons avec les individus qui y travaillent.

Les concentrations de poussières les plus élevées sont vraisemblablement rencontrées pendant le forage, pendant le chargement et après le tir des mines. Quand on utilise le précipitateur thermique, le prélèvement des échantillons devrait commencer aussitôt après que les opérations ont atteint leur rythme normal et il devrait être poursuivi aussi longtemps que l'activité est maintenue.

Si l'on admet que le cycle de chaque prélèvement exige environ 20 minutes, on pourra prélever quatre à cinq échantillons pendant le forage.

(10) Accidents de travail - Maladies reconnues.

Mais, lorsqu'on applique de bonnes méthodes de suppression des poussières, il est possible d'obtenir une image précise des concentrations de poussières, sur la base de deux échantillons seulement, prélevés au précipitateur thermique. Si l'on utilise le conimètre, les échantillons seront généralement prélevés à des intervalles d'une minute pendant la période caractéristique.

Les échantillons devraient être prélevés aussi près que possible du travailleur, sans le gêner dans son activité normale, et approximativement au niveau du nez ou de la bouche.

Lors des opérations de chargement, les échantillons prélevés au moyen du précipitateur thermique et du conimètre sont aussi répartis au cours du cycle. Lorsqu'on a recours au précipitateur thermique, il faudrait prélever deux échantillons au moins.

#### 4) Tyndalloscope.

En Allemagne, l'appareil utilisé pour la mesure courante de l'empoussiérement est comme nous l'avons déjà dit plus haut, le tyndalloscope.

Les teneurs limites admissibles, prescrites dans les mines allemandes, sont indiquées dans le tableau I.

TABLEAU I.

Tableau des teneurs-limites d'après les chiffres d'empoussiérement avec délimitation du danger de silicose.

Proportion en roches dans le cas d'un mélange de charbon et de pierres en provenance de		Quantité de fines poussières en mg/m <sup>3</sup>			
grès et psammites	schistes	0-50	50-100	100-150	150
		1	2	3	4
0-5 %	0-8 %	I	●	●	●
5-10 %	8-16 %	II	●	●	○
10-20 %	16-32 %	III	●	○	○
> 20 %	> 32 %	IV	○	○	○
Commencement du danger de silicose : de 10 mg/m <sup>3</sup> à 16 mg/m <sup>3</sup> pour des poussières de grès		● non dangereux ○ dangereux			

} Légende

Nous savons qu'il existe de fortes variations dans la concentration des poussières d'un jour à l'autre et M. Hicks se demande si la fréquence actuelle des échantillonnages prévue en Grande-Bretagne suffit, soit pour les besoins du contrôle, soit pour établir une corrélation entre l'empoussiérement et la maladie.

Si l'on veut établir une corrélation précise entre les teneurs en poussières de l'atmosphère des mines et l'évolution de la maladie qui, comme nous l'avons déjà dit, est l'objectif du médecin, il est nécessaire de mesurer la dose totale de poussières qu'un travailleur respire pendant le temps où il s'y trouve exposé.

Il est peut-être difficile d'évaluer cette dose avec quelque certitude sur la base des mesures courantes. C'est la raison pour laquelle MM. Oldham et

Roach (11) ont utilisé une technique dite du « Mineur au hasard » (Random Collier). Cette méthode consiste à remettre un instrument de prélèvement automatique pendant toute la journée de travail, à des ouvriers choisis au hasard parmi ceux pour lesquels on veut déterminer l'incidence de la maladie. Dans une mine, on choisit par exemple dix à vingt mineurs de bonne volonté qui acceptent de participer ainsi au programme de lutte contre les pneumoconioses.

Cette méthode n'a été utilisée jusqu'ici que par le Centre de Recherches sur les Pneumoconioses, mais il n'est pas exclu qu'elle soit appliquée, dans un avenir rapproché, à certaines recherches spéciales effectuées par le National Coal Board.

(11) Conseil médical du Centre de Recherches sur les Pneumoconioses.

### § 3. NUMERATION, MESURE ET ANALYSE DES POUSSIÈRES

« Le prélèvement, la numérotation, la mesure, et l'analyse des poussières devraient être effectués par un personnel instruit à cet effet ».

Comme dans le paragraphe précédent, nous n'envisagerons le problème de la numération des poussières que sous l'angle des appareils utilisés pour la mesure courante de l'empoussiérement.

Nous avons vu que les méthodes britanniques de détermination des taux de concentration des poussières en suspension dans l'air sont basées sur deux techniques différentes d'évaluation : le comptage des particules et la mesure de l'opacité des taches.

Et nous savons aussi que des recherches ont montré que ces méthodes, correctement utilisées, peuvent, toutes deux, être développées pour donner essentiellement les mêmes résultats.

La mesure de l'opacité des taches ne présente pas de difficultés, mais le comptage des particules pose le problème plus délicat de la concordance des résultats entre divers opérateurs.

Nous répéterons encore qu'il est nécessaire de normaliser le processus de comptage et de former les préposés au comptage.

### 1) Comptage des échantillons obtenus au précipitateur thermique.

Des cours de plusieurs semaines sont nécessaires pour former des observateurs de laboratoire. Cette période est indispensable pour permettre à des débutants de se servir d'un microscope de bonne qualité et pour échanger des lames et comparer les taux d'identité des résultats.

Une instruction donnant la façon d'apprécier les agrégats permet d'obtenir une grande amélioration dans la comparaison des résultats.

L'objet du comptage est de déterminer le nombre de particules d'un calibre donné, en suspension dans un volume d'air unitaire. Ces particules peuvent se comporter, soit comme des éléments individuels, soit comme des agrégats, c'est-à-dire des groupes de particules adhérant les unes aux autres, qui se comportent comme des entités individuelles. Les critères selon lesquels l'individualité doit être jugée en vue du comptage sont les suivants :

- la particule rentre dans la plage des calibres spécifiés,
- à un moment quelconque de la mise au point du microscope, une marge nette de séparation est visible entre la particule considérée et celles qui l'entourent.

### 2) Analyse des échantillons prélevés à la pompe à main.

Il est simple de mettre rapidement un manipulateur au courant de l'emploi général de l'opacimètre.

Des détails sur les méthodes à adopter pour analyser les échantillons de la pompe ont été donnés par MM. Watson et Houman.

La détermination de la quantité de poussières est effectuée au moyen du densitomètre, en fonction de l'extinction de lumière occasionnée par la tache que forme la poussière retenue sur le papier filtre. Entre la lampe et la cellule photoélectrique du densitomètre, se trouve un volet opaque, se mouvant dans une coulisse. En insérant le clip dans la coulisse, le volet est déplacé et le papier filtre vient se placer entre la lampe et la cellule photoélectrique. L'aiguille indique alors la quantité de lumière

tombant sur la cellule. En enlevant le clip, le volet remonte et cache la cellule.

Pour l'évaluation des taches, l'instrument est prévu de façon à donner la déviation maximum de l'aiguille lorsqu'un clip muni d'un papier filtre propre est introduit dans la coulisse. Si un clip, noirci par la poussière de charbon prélevée, est introduit dans le densitomètre, on obtient une déviation moindre.

L'échelle du densitomètre est graduée en  $D^{1.5} \times 100$ .

Et nous avons vu plus haut comment, à partir de la densité optique  $D$ , il est possible de déterminer le nombre de particules par  $\text{cm}^3$ .

Les clips et les boîtes doivent être nettoyés au laboratoire, avant chaque rechargement des clips avec de nouveaux papiers filtres.

La pompe doit être vérifiée avant de recommencer un nouvel échantillonnage.

### 3) Analyse des échantillons prélevés au conimètre.

Ceux-ci sont examinés avec un microscope de faible puissance (grossissement voisin de 200) fixé à l'appareil d'échantillonnage.

Le comptage des particules se fait en éclairant le champ et en utilisant un réticule normalisé.

Le laboratoire recharge de nouveau le conimètre avec une plaque d'échantillonnage nouvellement préparée.

Il existe également en Grande-Bretagne une méthode normalisée de préparation des lames. Nous y avons déjà fait allusion au paragraphe 1. Elle a été décrite par M. Hicks.

\* \* \*

Malgré tout le soin apporté au comptage des échantillons, il n'en reste pas moins vrai que ce procédé est long et laborieux.

Devant cet inconvénient, le laboratoire de recherches de la Chambre des Mines du Transvaal a effectué des études, dans le but de trouver de meilleures méthodes d'évaluation des échantillons de poussières.

L'un des perfectionnements actuellement en cours d'étude réside dans la construction d'un microscope explorateur dans lequel un faisceau lumineux balaie rapidement les sections successives d'une plaque, tandis que la présence et les dimensions des particules de poussières sont enregistrées électroniquement.

Des études similaires ont progressé simultanément en Grande-Bretagne. Il est possible actuellement de compter les particules à la machine et d'estimer leurs dimensions de façon plus précise que par comptage visuel (12).

### 4) Analyse des échantillons prélevés au tyndalloscope.

Avec le tyndalloscope, complété par le microscope polarisant, qu'emploient les allemands, les lectures

(12) Les Etablissements Casella construisent une machine de ce genre.

se font sur place et permettent d'obtenir, immédiatement au moyen de tables préalablement établies, la teneur en poussières exprimée en  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Evidemment, on peut dire que, si l'on exprime la teneur en poids, l'influence des grosses particules sera prépondérante, alors que les fines particules ont une importance considérable pour la santé.

Cependant, si l'on ne prélève ou mesure que les poussières de diamètre inférieur à 5 microns,

et cela peut être possible avec le tyndalloscope, cet argument a moins de valeur puisqu'il est admis que toutes les particules de moins de 5 microns sont dangereuses.

En outre, il faut remarquer que les valeurs obtenues par la méthode gravimétrique peuvent être précises tandis que les comptages de particules sont sujet à des fluctuations dépendant de l'habileté de l'opérateur.

#### § 4. PRESENTATION DES RESULTATS OU TENUE DES REGISTRES

« Les résultats d'échantillonnage devraient être accompagnés d'indications suffisantes quant aux conditions de prélèvement, à sa concentration des poussières, et aux méthodes de prélèvement et d'évaluation utilisées.

La représentation des résultats des contrôles courants d'empoussiéage est indispensable pour permettre de comparer les conditions régnant en taille et les taux admissibles fixés par les normes.

Il est nécessaire de disposer d'un tableau bien ordonné des contrôles d'empoussiéage indiquant les progrès accomplis et les mesures à prendre.

Enfin, il est en outre souhaitable, grâce à une connaissance précise des conditions d'empoussiéage régnant dans la mine, de pouvoir comparer la fréquence des cas de maladie à l'empoussiéage des chantiers.

Les méthodes d'enregistrement et de représentation des résultats utilisés dans le Pays de Galles et décrites par MM. Hudson et Warner ont été adoptées avec quelques légères modifications par les autres divisions du National Coal Board.

Les tableaux II, III et IV donnent les formulaires normalisés d'échantillonnage mensuel en taille pour l'ensemble d'une mine, ainsi que les relevés des « taux d'efficacité » en taille, en relation avec les nombres de cas de pneumoconiose rencontrés.

Il a été convenu en Grande-Bretagne que le but du programme de suppression des poussières serait atteint lorsque les échantillons prélevés ne dépasseraient plus un taux de concentration supérieur à 850 particules/ $\text{cm}^3$  (650 pour les poussières d'anthracite et 450 comprises entre 0,5 et 5 microns pour les poussières de roche); par conséquent, les résultats des contrôles d'empoussiéage de chaque front de taille, ont été exprimés par deux chiffres, dont le premier indique le pourcentage des échantillons conformes aux normes fixées, et dont le second donne le pourcentage d'échantillons qui ne sont pas conformes (par exemple 90/10). Cet indice d'empoussiéage est désigné sous le nom de « taux d'efficacité en taille » (face efficiency).

Dans le but de fournir des renseignements qualitatifs complémentaires quant aux conditions qui ne correspondent pas aux normes, un troisième chiffre a été introduit récemment; il indique le pourcentage d'échantillons donnant un nombre de particules/ $\text{cm}^3$  compris entre 850 et 1500.

Ainsi donc, pour l'exemple précité, on écrirait 90/6/4, ce qui signifie que

90 % des échantillons ont moins de 850 particules/ $\text{cm}^3$ ;

6 % se situent dans la gamme de 850 à 1500 particules/ $\text{cm}^3$  et

4 % dépassent 1500 particules/ $\text{cm}^3$ .

L'objet du programme de suppression des poussières est d'atteindre un « taux d'efficacité en taille » de 100 %. Mais, on considère que le taux de 90 % est pratiquement satisfaisant, car il est difficile de légiférer contre les pointes momentanées de concentration.

D'autre part, une représentation graphique, dans laquelle les pourcentages sont figurés par des blocs de couleur superposés, s'avère très utile; les pourcentages des échantillons conformes aux normes sont indiqués en vert, ceux compris entre 850 et 1500 particules/ $\text{cm}^3$  en jaune, et ceux excédant 1500 particules/ $\text{cm}^3$  en rouge. Chaque graphique rassemble côte à côte un certain nombre de ces diagrammes et donne ainsi une image très claire de l'évolution de la situation dans une taille donnée.

Il est nécessaire d'examiner périodiquement les progrès accomplis dans le programme de suppression des poussières afin d'avoir une vue d'ensemble des conditions d'empoussiéage pour un groupe de tailles, pour des groupes de charbonnages, pour toute une division et enfin pour tout un pays. A cet effet, il a paru commode en Grande-Bretagne d'exprimer « le taux d'efficacité en taille » par rapport à la longueur des fronts de taille. Après avoir obtenu séparément les indices d'efficacité en taille pour chaque front de taille, les longueurs en yards correspondantes sont groupées selon quatre degrés d'efficacité en taille, à savoir 100 %, 99 à 90 %, 89 à 80 % et moins de 80 %; la longueur correspondant à chacun de ces groupes, est calculée en % du total. Un tel résumé des conditions d'empoussiéage pour l'ensemble du pays pourrait être présenté comme l'indique le tableau V.

L'établissement de telles tables, à intervalles de 6 à 12 mois, permet d'évaluer rapidement le progrès réalisé dans le programme de suppression des poussières.

Cette manière de présenter les résultats des mesures d'empoussiéage a l'avantage de permettre de porter un jugement sur les progrès réalisés dans la lutte contre les poussières. C'est la raison pour laquelle elle a été choisie en Grande-Bretagne.





TABLEAU IV.

Feuille mensuelle d'efficacité en taille

(Extrait d'un article de A. Hudson et C.G. Warner dans Trans. Inst. Mining Engineers, Vol. III, 1952.)

FORMULAIRE D.S.6 — NOMBRE DE FRONTS ET DE CAS DE PNEUMOCONIOSE DANS LES REGIONS ET LES DIVISIONS D'APRES LES TAUX D'EFFICACITE

NATIONAL COAL BOARD — DIVISION DU SUD-OUEST																									
Relevé des taux d'efficacité en taille et nombre des cas de pneumoconiose.																									
Année 195.....																									
Formulaire D.S.6.																									
Région	Mois	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
Numéro	Taux d'efficacité	Nbre de tailles	Nbre de cas																						
1	100																								
	100-90																								
	90-80																								
	-80																								
	Totaux																								
2	100																								
Div.	100																								
	100-90																								
	90-80																								
	-80																								
	Totaux																								

FORMULAIRE D.S.7. — POURCENTAGE DES FRONTS PAR REGIONS ET PAR DIVISION D'APRES LES TAUX D'EFFICACITE

NATIONAL COAL BOARD — DIVISION DU SUD-OUEST													
Pourcentage des fronts par rapport aux différents taux d'efficacité.													
Année 195.....													
Formulaire D.S.7.													
Région	Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Numéro	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	100												
	100-90												
	90-80												
	-80												
2	100												
Div.	100												
	100-90												
	90-80												
	-80												

TABLEAU V.

Région	Longueur des fronts de taille exploités en yards	Fronts de taille ayant fait l'objet d'un échantillonnage		Longueur des fronts de taille contrôlés, en % de la longueur totale				
		Yards	% du total	Efficacité en taille				
				100 %	90-99 %	80-89 %	< 80 %	Inconnu
1	16.600	16.600	100	42	29	10	19	Néant
2	12.500	12.350	99	59	16	10	14	Néant
3	12.700	12.700	100	30	27	11	32	Néant
4	14.350	14.350	100	58	29	5	8	Néant
5	13.850	13.850	100	60	18	12	10	Néant
6	6.900	6.900	100	96	Néant	Néant	4	Néant
Total	76.900	76.750	100	54	22	9,9	15	Néant

Quelques critiques que l'on puisse formuler à l'égard des normes anglaises ou allemandes, il est plus que probable que si les unes ou les autres peuvent être observées partout, le taux d'apparition et le taux d'évolution de la maladie seront déjà considérablement réduits.

D'autre part, ces normes n'ont pas la prétention d'être satisfaisantes à tous points de vue et des recherches de caractère médical sont actuellement poursuivies, en Grande-Bretagne, d'une manière active en vue d'établir des normes plus fondamentales.

La troisième des normes anglaises relative aux galeries au rocher, est la seule qui ait été critiquée jusqu'ici du point de vue médical. Les constatations faites indiquent qu'il ne serait pas rationnel d'avoir les mêmes normes pour tous les types de roche, et que le chiffre de 450 particules/cm<sup>3</sup>, pourrait ne pas convenir aux roches très siliceuses comme les grès.

Dans un mémoire récent, M. Rabson conclut, sur la base de l'expérience sud-africaine, «qu'une concentration de 100 particules/cm<sup>3</sup> est probablement inférieure au seuil dangereux». Il se réfère ici à

des particules de roches très siliceuses, et non à tous les types de roches.

Toutefois, il est indiscutable que l'observation générale du taux de 450 particules/cm<sup>3</sup> constituerait un grand pas vers l'élimination de la maladie.

L'expérience britannique indique qu'il est extrêmement important d'adopter des normes techniques pouvant servir d'objectif pour les ingénieurs chargés de la lutte contre les poussières.

Il y a donc quatre étapes dans la solution du problème de la lutte contre les poussières :

- 1) définir le taux d'empoussiérement limite admissible;
- 2) identifier les chantiers pour lesquels les conditions d'empoussiérement sont mauvaises;
- 3) appliquer les méthodes de suppression des poussières;
- 4) mesurer d'une façon courante et périodique l'empoussiérement de tous les chantiers, pour vérifier si les taux d'empoussiérement ne dépassent pas les concentrations maximums admissibles.

(à suivre).