

L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1953

par A. HOUBERECHTS,

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Louvain,

Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines.

SOMMAIRE

Introduction.

- I. — Travaux de la section médicale.
 1. — Examen des mineurs au travail.
 - A. - Complément d'équipement de l'installation radiologique itinérante.
 - B. - Prospections médicales systématiques.
 - C. - Examens spéciaux à l'Institut d'Hygiène des Mines.
 2. — Epreuves fonctionnelles pulmonaires.
 - A. - Techniques et appareillages nouveaux.
 - B. - Résultats obtenus sur des mineurs au travail.
 3. — Le problème de la silico-tuberculose.
 4. — Recherches sur les micro-organismes dans les atmosphères souterraines.

II. — Travaux de la section technique.

1. — Lutte contre les poussières.
 - A. - Conimétrie.
 - B. - Matériel de lutte contre les poussières.
 - C. - La lutte contre les poussières dans les chantiers d'abatage.
 - D. - Travaux de laboratoire.
2. — Ventilation et climatisation des mines profondes.
 - A. - Etude de la ventilation par analogie électrique.
 - B. - Installations de réfrigération des chantiers souterrains.
 - C. - Travaux dans le domaine de la thermique minière.

III. — Enquêtes, documentation et conférences. Bibliographie.

INTRODUCTION

L'Institut d'Hygiène des Mines publie régulièrement au profit de ses affiliés, sous forme de « Communications », le détail des travaux poursuivis par ses chercheurs tant dans ses laboratoires que dans les charbonnages. Toutefois, suivant une tradition établie depuis plusieurs années, les Annales des Mines de Belgique publient dans leur livraison du mois de mai, un rapport montrant dans son ensemble l'évolution de l'activité de l'Institut et de son équipement, ses principales réalisations et les résultats les plus intéressants enregistrés lors de ses expériences et essais.

Le présent article constitue donc nécessairement la suite des rapports publiés les années antérieures. Aussi, invitons-nous le lecteur à se reporter aux

exposés relatifs aux années 1951 et 1952 (1) (2) afin de lui permettre de comprendre aisément la continuité de nos travaux. Pour éviter des redites et ne pas allonger inutilement notre exposé, nous n'avons en effet traité certaines questions que d'une façon relativement compendieuse. D'ailleurs, la plupart de nos travaux étant publiés, nous ne nous arrêtons plus au détail des essais, calculs et études.

Comme par le passé, nous profiterons cependant de cette publication pour faire connaître les résultats de certaines études particulières qui, tout en présentant un certain intérêt, n'ont pas une ampleur suffisante pour justifier la diffusion d'une communication régulière à leur sujet.

I. — TRAVAUX DE LA SECTION MEDICALE

1. — Examen des mineurs au travail.

A. — Complément d'équipement de l'installation radiologique itinérante.

Jusqu'à présent, notre car radiologique ne comportait pas de groupe électrogène. Au cours des prospections systématiques, des difficultés étaient souvent rencontrées pour le raccordement de notre installation itinérante à une source de tension alternative 50 p/s capable de débiter 75 A sous 220 V. Généralement, il fallait installer des transformateurs puissants ramenant à 220 V la tension locale, différente d'un charbonnage à l'autre. D'autre part, les à-coups du réseau local provoquaient une difficulté supplémentaire lors de la prise des clichés.

C'est pourquoi nous avons décidé l'achat d'un groupe électrogène monté sur remorque. L'E.C.A. a bien voulu subsidier cet achat, qui nous a déjà rendu service lors d'une prospection dans le Bassin de Liège.

Ce groupe comporte un moteur à essence de la General Motor Cy (6 cylindres d'alésage 3 - 5/16" et de course 4 - 3/8") capable de fournir une puissance maximum de 54,2 CV à 1.800 tours/minute. Il se distingue par les particularités suivantes : d'une part, un « choke » automatique modifie la richesse du mélange combustible et l'avance à l'allumage aussi longtemps que l'échappement n'a pas atteint une température normale. D'autre part, un régulateur de vitesse du type centrifuge contrôle l'admission des gaz. La tolérance sur la vitesse admise par le régulateur, entre la marche à vide et la pleine charge, ne dépasse pas 100 tours/minute. Enfin, une vanne spéciale permet de régler le préchauffage de l'air carburé au contact des gaz d'échappement, d'après les conditions atmosphériques.

Le générateur électrique est directement accouplé à l'arbre du moteur. Il comporte un alternateur à quatre pôles du type à champ tournant et une excitatrice à courant continu. Les enroulements mobiles de la génératrice à courant continu et de l'alternateur sont montés sur un rotor unique.

Le générateur est muni d'un régulateur automatique de tension; il consiste en un électro-aimant qui est alimenté par la tension de l'alternateur et qui fait varier la résistance du champ de l'excitatrice de manière à corriger les variations de tension qui ont tendance à se produire.

Malgré les à-coups de courant considérables qui se produisent dans une installation radiologique, les régulateurs de tension et de vitesse parviennent à stabiliser de façon satisfaisante la tension et la fréquence du courant alternatif produit.

B. — Prospections médicales systématiques.

a) L'Institut d'Hygiène des Mines s'était proposé de suivre régulièrement la population du fond des trois sièges des Charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, à Montegnée. Tous les ouvriers de ce charbonnage ont déjà, à deux reprises, subi un examen radiographique et clinique complété par l'établissement d'une anamnèse professionnelle pous-

sée. Le but de cette surveillance systématique était l'étude objective du caractère stationnaire ou progressif des affections observées, et la confrontation des évolutions éventuelles avec l'état de santé en général, le genre de vie du sujet et le travail qu'il effectue.

Cette année encore, ces ouvriers ont été examinés au moyen de notre installation radiologique itinérante. Toutefois, étant donné la mobilité de la main-d'œuvre, le nombre d'ouvriers retrouvés ne représente plus que 65 % du nombre total des sujets examinés la première fois. Afin de disposer dans quelques années d'un nombre de collections d'examen suffisant, les enquêteurs de l'Institut sont ainsi obligés d'examiner chaque année un grand nombre de sujets nouveaux, ce qui ne manquera pas de compliquer ultérieurement le travail statistique. Il s'agit en effet d'une surveillance qui, par son principe même, doit couvrir une période assez longue, correspondant pour les ouvriers examinés à 10, 15 ou 20 années de travail au fond de la mine.

b) Au cours de l'année 1953, les médecins de l'Institut d'Hygiène des Mines ont examiné également les sauveteurs de la Centrale de Sauvetage de Frameries.

L'éventualité d'accidents provoqués par la chaleur, le coup de chaleur, l'épuisement dû à la chaleur, l'épuisement dû à la déshydratation et les crampes de chaleur (3) (4), permet de conclure qu'il est utile de poursuivre l'entraînement des sauveteurs dans des circonstances bien déterminées en vue d'augmenter leur résistance aux hautes températures et d'habituer leur organisme à une transpiration abondante. Comme l'épuisement dû à la déshydratation est une manifestation qui se présente inéluctablement après une perte de liquide par transpiration de l'ordre de 4 litres pour un sujet de 70 kg, il n'y a pas intérêt à faire l'entraînement systématique en privant les sauveteurs de boissons. Toutefois, il est utile de contrôler la perte de poids que peuvent subir les sujets afin de déterminer le maximum de temps de travail qu'ils pourraient éventuellement effectuer au fond sans qu'il leur soit possible de boire.

Par ailleurs, en vue d'éviter les malaises au cours des exercices, l'Institut d'Hygiène des Mines a conseillé un contrôle soigneux des conditions climatiques de l'ambiance et une surveillance physiologique des sujets soumis à l'entraînement. Il a recommandé que les exercices se fassent d'une façon progressive dans une ambiance ne dépassant pas une température effective de 30°C, celle-ci étant définie, pour la circonstance, par la relation $0,8 t_h + 0,2 t_s$, t_h et t_s étant les températures respectivement humide et sèche. Afin de provoquer un rythme de transpiration élevé, il convient de faire l'exercice dans une atmosphère relativement sèche, t_s étant de l'ordre de 40 à 45°C et t_h de l'ordre de 25 à 28°C.

Au point de vue contrôle physiologique, l'Institut d'Hygiène des Mines a recommandé, outre la

mesure de la tension artérielle avant l'entraînement, la surveillance systématique de la fréquence du pouls, de la température buccale et de la perte de poids, surveillance qui permet de prévoir les malaises que pourraient éprouver les sauveteurs au cours de leurs exercices. Afin d'éviter les épreuves trop épuisantes, l'Institut d'Hygiène a conseillé de régler les durées et les conditions de façon à ne pas dépasser certaines limites que l'on peut considérer comme inoffensives pour un sujet normal.

L'Institut d'Hygiène des Mines s'est préoccupé en outre de faire subir aux sauveteurs qui poursuivent leur entraînement à Frameries, un examen médical complet effectué lors d'une séance d'exercice. Chaque sauveteur a été soumis à un examen électrocardiographique complet avant et après le travail d'entraînement. De plus, pendant les exercices, on a surveillé de façon systématique la variation de la température interne des sujets, leur tension sanguine, la fréquence respiratoire et leur poids. Des analyses du sang et des urines ont complété l'examen clinique fait à cette occasion.

Enfin, un carnet individuel de contrôle d'entraînement a été établi, permettant l'inscription de toutes les constatations faites chez les sujets au cours des différentes séances d'entraînement.

C. — Examens spéciaux à l'Institut d'Hygiène des Mines.

Comme les années précédentes, les médecins attachés aux divers charbonnages du pays ont envoyé pour avis à l'Institut d'Hygiène des Mines, les patients dont le diagnostic présentait certaines difficultés. L'ampleur de ce travail de routine s'est accru dans des proportions considérables car le nombre d'examens spéciaux demandés est passé de 99 en 1952 à 225 en 1953.

Tous les sujets reçus à Hasselt ont subi un examen clinique complet, un examen radiologique et une analyse du sang. Pour 193 cas, l'observation fut complétée par l'enregistrement d'un électrocardiogramme, pour 175 par des coupes tomographiques et pour 168 par des épreuves fonctionnelles cardio-pulmonaires. Le dosage du volume résiduel pulmonaire fut réalisé chez 30 % des sujets examinés.

Ces examens de sujets supposés malades ne permettent évidemment pas de se faire une idée de l'incidence des pneumoconioses dans les mines, la radiographie systématique de toute la population d'un charbonnage étant seule à même de répondre à cette question. Le nombre de silico-tuberculeux ou de houilleurs suspects de tuberculose pulmonaire vus à l'Institut d'Hygiène des Mines (45 au cours de l'année 1953) donne également une idée manifestement exagérée du danger de tuberculose pulmonaire chez les houilleurs. Nos médecins ont pourtant, grâce à cette sélection spéciale et à l'appareillage tomographique perfectionné de l'Institut, un matériel d'étude considérable concernant la genèse des pneumoconioses compliquées (images de condensation non définies et images pseudotumorales). Ils ont entrepris une étude statistique de la localisation zonale des infiltrats certainement tuberculeux, des condensations non définies et des masses pseudotumorales. Ce travail, qui sera

publié au cours de 1954, envisagera donc sous un angle nouveau le rôle de la surinfection tuberculeuse dans la genèse des images pneumoconiotiques condensées.

Les affections cardiaques constituant une cause de dyspnée au même titre que les troubles pulmonaires, il est d'autre part intéressant de rechercher le pourcentage de sujets atteints d'anomalies cardio-vasculaires parmi les ouvriers envoyés par les charbonnages et les Caisses de pensions, avec des plaintes de dyspnée à l'effort. Ce travail statistique sera également publié au cours de l'année 1954.

2. — Epreuves fonctionnelles pulmonaires.

A. — Techniques et appareillages nouveaux.

Le laboratoire de physiologie cardio-pulmonaire, dont l'équipement a été décrit dans les articles consacrés à l'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines (1) (2), s'est enrichi de nouveaux appareils.

a) Oxymètre de Wood à simple et double échelles.

Cet appareil, construit par la « Waters Conley Company » (Rochester-Minnesota-U.S.A.) constitue un perfectionnement de l'oxymètre à simple échelle que nous possédions déjà. Il comporte 2 cellules photoélectriques placées sur l'oreille, mesurant respectivement l'absorption par le sang de la lumière rouge et de la lumière infra-rouge. Le rapport entre l'absorption dans le rouge et l'infra-rouge est fonction du pourcentage d'hémoglobine saturée d'oxygène. Dans le modèle initialement à notre disposition, un galvanomètre unique indiquait directement ce rapport. Le nouvel appareil donne d'une part une lecture directe du rapport entre les 2 absorptions (simple échelle), mais permet aussi, grâce à l'existence de 2 galvanomètres, de lire séparément sur 2 échelles l'absorption dans le rouge et celle dans l'infra-rouge. La double lecture augmente la précision de la mesure. En se reportant à une courbe d'étalonnage, on obtient des chiffres plus précis de saturation oxyhémoglobinée au repos. Les variations de la saturation à l'effort sont par contre mieux mises en évidence par la lecture du galvanomètre donnant la résultante des 2 absorptions. Le nouvel oxymètre est par ailleurs équipé de cellules photoélectriques au sélénium, montées sur des cuvettes dans lesquelles on peut mesurer directement la saturation oxyhémoglobinée d'échantillons de sang prélevés à l'artère.

b) Gazomètre de Tissot à compensation par chaîne.

Ce gazomètre de la « A. Thomas Company » (Philadelphie-Pennsylvanie-U.S.A.), d'une capacité de 120 litres, est muni d'un dispositif de compensation assurant un équilibre parfait pour toute position de la cloche. Il sert essentiellement à mesurer la ventilation au cours des épreuves fonctionnelles à l'effort, par la méthode en circuit ouvert que nous avons adoptée.

Le patient peut expirer directement dans le spiromètre, par l'intermédiaire d'une valve et d'un tuyau en caoutchouc. Le déplacement de la cloche donne le volume d'air ventilé, dont on prélève des échantillons par un robinet latéral, afin de déterminer les équivalents respiratoires à l'effort pour l'oxy-

gène et l'anhydride carbonique (nombre de litres d'air ventilés/nombre de litres O₂ consommés ou nombre de litres CO₂ excrétés), ainsi que le quotient respiratoire à l'effort (excrétion CO₂/consommation O₂), indices biologiques d'importance considérable dans l'appréciation de la fonction pulmonaire de l'individu. Les efforts mal supportés s'accompagnent d'une augmentation du quotient respiratoire et surtout des équivalents respiratoires, ce qui indique une inefficacité relative de la ventilation, une consommation donnée d'oxygène exigeant une ventilation accrue.

Au cours de l'effort, l'air expiré peut être recueilli non pas dans le spiromètre, mais dans des sacs en caoutchouc, dits sacs de Douglas. L'emploi de sacs de Douglas présente à notre avis un avantage. Ce n'est pas tellement ici une question de résistance à l'expiration, le gazomètre de Tissot n'offrant, grâce à son dispositif d'équilibre, qu'une résistance minime, mais l'espace mort est incontestablement moindre dans les sacs de Douglas, ce qui rend l'échantillon prélevé pour analyse mieux représentatif de la composition de l'air expiré à un moment donné. Avec les sacs de Douglas, il reste à mesurer le volume ventilé, pour lequel on obtient un chiffre beaucoup plus exact en vidant les sacs dans un gazomètre qu'en faisant passer le contenu à travers un compteur à gaz.

Le perfectionnement a donc, ici aussi, permis une précision plus grande des mesures.

c) Analyseur d'oxygène type Pauling.

Nous déterminions jusqu'ici la consommation d'oxygène et l'excrétion de CO₂ à l'effort, en dosant l'O₂ et le CO₂ de l'air expiré par une méthode chimique dans l'appareil de Scholander, qui constitue une amélioration certaine de ceux imaginés par Haldane et Orsat : le dosage ne demande en effet qu'une quantité minime de gaz (1/2 cm³) et est réalisé de façon plus rapide et plus précise.

Les techniques physiques, souvent moins précises, ont sur les méthodes chimiques l'avantage de la rapidité. L'appareil de Pauling mesure la pression partielle en oxygène d'un échantillon gazeux par détermination de la perméabilité magnétique du gaz, à l'aide d'une balance magnétique de torsion. Comme l'oxygène est fortement paramagnétique (perméabilité > 1) on peut réaliser une analyse suffisamment précise de la teneur en oxygène, en présence de presque tous les autres gaz, qui ont généralement une perméabilité légèrement inférieure à 1. C'est ce principe que la « A.O. Beckman Inc. » (South Pasadena-Californie-U.S.A.) a utilisé dans l'analyseur d'oxygène de sa construction. L'instrument comporte essentiellement une balance magnétique réalisée par un solide en forme d'haltère suspendu à un fil de quartz. Ce solide est soumis à un couple magnétique, qui dépend d'une part de la différence entre sa perméabilité magnétique et celle du gaz qu'il déplace et, d'autre part, des constantes physiques de l'appareil. Toute modification de la perméabilité magnétique du gaz environnant, par suite d'un changement dans sa composition ou sa pression, amène une rotation du solide vers une position d'équilibre entre le couple

magnétique qui le sollicite et le couple de torsion antagoniste du fil de quartz. Un miroir placé sur le fil de quartz, réfléchissant un faisceau lumineux sur une échelle, indique la position d'équilibre correspondant à chaque composition du gaz. L'échelle est graduée en pressions partielles d'oxygène, qu'il suffit de rapporter à la pression atmosphérique pour connaître le pourcentage d'oxygène présent dans l'air analysé. En prenant la précaution de faire passer le gaz à travers un absorbeur de vapeur d'eau, on obtient le pourcentage d'oxygène dans l'air sec.

L'appareil que nous avons à notre disposition est valable pour des pressions partielles d'O₂ allant de 100 à 160 mm Hg, qui sont celles trouvées, dans les conditions normales, dans l'air inspiré et l'air expiré. Le degré de précision de la mesure est de $\pm 0,6$ mm Hg. En concentration d'oxygène, ceci signifie par exemple qu'un résultat de 20,84 % peut correspondre à des teneurs réelles comprises entre 20,75 et 20,93 %. Avec la méthode chimique de Scholander, la précision est certainement 4 fois plus forte, l'expérience nous ayant appris qu'un technicien bien entraîné obtient des résultats erronés de 0,04 % seulement.

La précision obtenue avec l'appareil de Pauling est néanmoins bien suffisante pour la mesure des équivalents respiratoires. Les gains de temps dans les dosages permettent d'autre part de répéter plus souvent l'ensemble de l'épreuve d'effort et d'être au total mieux à l'abri des erreurs d'expériences.

Comme il n'existe pas de méthode physique de dosage du CO₂ qui nous satisfasse pleinement, l'analyse au Scholander reste indispensable à la détermination du quotient respiratoire. D'autre part, on doit conserver la pratique de la méthode chimique afin d'être à même de vérifier périodiquement l'exactitude des résultats donnés par les appareils basés sur les principes physiques.

B. — Résultats obtenus sur des mineurs au travail.

Au cours de l'année 1953, les Dr. Lavenne et Belayew ont tiré les conclusions de l'étude sur les épreuves fonctionnelles des mineurs au travail, réalisée au cours de l'exercice 1952 aux Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis à Quaregnon (5).

Les recherches sur les épreuves fonctionnelles pulmonaires des houilleurs avaient été jusqu'ici essentiellement basées sur l'examen, dans des centres spécialisés, d'ouvriers malades ou en instance de pension. Ce choix était dicté par une question de facilité, l'application de ces épreuves à des groupes de travailleurs nécessitant le transport, jusqu'au lieu de travail, d'un matériel assez encombrant.

On pouvait se demander si ce mode de sélection n'avait pas influencé les résultats d'auteurs comme Mathey (6), Parmeggiani (7) et Guillet (8), qui ont trouvé une diminution de la capacité vitale ou de la ventilation maximum/minute parallèle à l'aggravation de l'image pneumoconiotique.

L'enquête pratiquée aux Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis a porté sur 205 ouvriers sélectionnés de façon à représenter les divers types d'images pulmonaires par des groupes

suffisamment importants. De plus, ces ouvriers avaient de 5 à 46 années de fond et étaient occupés à des besognes très diverses : ouvriers et manœuvres à veine et aux pierres, sclauneurs, manœuvres au transport, porions, surveillants, etc. On possédait pour chacun d'eux un document radiologique récent (photographie de l'écran radioscopique sur format 10 × 12 cm enregistrée dans le car radiologique de l'Institut) et un relevé précis de l'anamnèse professionnelle. L'examen avait lieu au centre médical du charbonnage, parfois immédiatement avant, mais le plus souvent immédiatement après le travail. Il comportait l'exploration clinique habituelle, un électrocardiogramme et les épreuves fonctionnelles pulmonaires suivantes : enregistrement spirométrique de la capacité vitale, mesure de la ventilation maximum/minute par ventilation forcée durant 30 secondes dans un sac de Douglas, détermination des temps d'apnée volontaire après inspiration et expiration forcées.

Pour l'analyse des résultats, les ouvriers ont été classés d'une part suivant l'âge et d'autre part suivant l'image radiologique. Les catégories suivant l'âge sont : 20-30 ans : 11 cas; 30-40 ans : 50 cas; 40-50 ans : 89 cas; 50-60 ans : 50 cas; plus de 60 ans : 5 cas. Selon l'image radiologique, on

a adopté 4 classes : absence de pneumoconiose radiologiquement visible (groupe I) : 113 cas; pneumoconiose micronodulaire débutante (groupe II) : 32 cas; pneumoconiose micronodulaire avancée ou nodulaire (groupe III) : 28 cas; pneumoconiose à image confluyente ou pseudotumorale (groupe IV) : 32 cas.

Nous nous bornerons aux résultats de la capacité vitale et de la ventilation maximum/minute, ceux des temps d'apnée étant grevés d'une cause d'erreur sur lesquels Lavenne et Belayew (5) ont attiré l'attention.

Dans les tableaux n° I et II sont inscrits les chiffres moyens trouvés pour la capacité vitale et la ventilation maximum/minute dans les diverses catégories respectivement suivant l'âge et l'image radiologique. Comme il est bien prouvé que la capacité vitale et la ventilation maximum/minute dépendent de la taille du sujet et diminuent physiologiquement avec l'âge, le lecteur trouvera chaque fois en regard les chiffres théoriques proposés respectivement par Hanaut, Ruysen et Cara (9) pour la capacité vitale et par Baldwin, Gournand et Richards (10) pour la ventilation maximum/minute.

TABLEAU I.

Capacité vitale et ventilation maximum/minute suivant l'âge.

Catégories	Capacité vitale		Ventilation maximum/minute	
	trouvée	théorique	trouvée	théorique
20—30	4.750	4.420	114	131
30—40	4.520	4.140	107	118
40—50	4.180	3.850	105	109
50—60	3.860	3.460	99	101
60	3.810	3.450	102	93

TABLEAU II.

Capacité vitale et ventilation maximum/minute suivant l'image radiologique

Catégories	Age moyen	Capacité vitale		Ventilation maximum/minute	
		trouvée	théorique	trouvée	théorique
Groupe I	44	4.270	3.870	104	110
Groupe II	47	4.240	3.940	106	110
Groupe III	47	4.050	3.820	105	109
Groupe IV	47	4.090	3.740	104	108

L'examen des tableaux montre que la capacité vitale diminue en moyenne régulièrement avec l'âge, mais que pour chaque catégorie, elle est supérieure à la capacité vitale théorique fixée par Hanaut et ses collaborateurs sur la base d'examen de mineurs non pneumoconiotiques. Les chiffres trouvés dans les groupes III et IV sont inférieurs à ceux des groupes I et II, mais le calcul statistique montre que cette faible différence n'a rien de significatif.

En ce qui concerne la ventilation maximum/minute, on trouve également une diminution progres-

sive avec l'âge. Les chiffres trouvés chez les sujets jeunes sont inférieurs aux prévisions théoriques de Cournand, l'écart entre la ventilation maximum/minute réelle et le chiffre théorique disparaissant dans les catégories d'âge plus avancé. L'influence de la pneumoconiose sur la ventilation maximum/minute est par contre nulle : 104 litres chez les sujets radiologiquement indemnes de pneumoconiose comme chez ceux atteints de pneumoconiose confluyente.

Ces résultats sont donc en contradiction avec ceux des auteurs cités plus haut. La discordance entre

les valeurs obtenues par l'Institut d'Hygiène des Mines et celles de Parmeggiani est particulièrement frappante, puisque les pneumoconiotiques pseudotumoraux dont il est fait mention ici ont en moyenne une capacité vitale (4.090 cm³) de loin supérieure à celle des sujets atteints de simple fibrose réticulaire qui ont fait l'objet du travail de Parmeggiani (3.327 cm³). L'explication de cette divergence réside dans le choix des sujets : les épreuves fonctionnelles pulmonaires ont été pratiquées non chez des ouvriers malades ou en instance de pension, mais chez des travailleurs ayant gardé l'habitude des efforts physiques. Ceci constitue évidemment une sélection dans l'autre sens et il est certain que les statistiques basées sur l'examen des ouvriers des Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis donnent, aussi bien que les chiffres des autres auteurs, une idée fautive de la fonction respiratoire qu'ont en moyenne les sujets atteints d'images confluentes et pseudotumorales. Elles prouvent pourtant que la présence de pseudotumeurs est compatible avec une fonction respiratoire apparemment normale et elles apportent une correction aux chiffres trop pessimistes publiés jusqu'ici à partir d'examen de pneumoconiotiques invalides ou malades.

La plupart des ouvriers ayant été examinés après le travail et aucun n'ayant quitté la mine depuis plus de 24 heures, il était d'autre part intéressant de vérifier si l'on retrouvait chez eux la pneumoconstriction durable que Dautrebande (11) (12) a décrite après exposition aux poussières. La faiblesse relative des ventilations maximum/minute chez les sujets de moins de 40 ans (voir tableau I) et la constatation fréquente (42 cas sur 205) de râles sibilants à l'auscultation pulmonaire dans l'ensemble du groupe peuvent être présentés comme des arguments en ce sens, mais les chiffres élevés de capa-

cité vitale constatés en moyenne, de même que les fortes ventilations maximum/minute trouvées chez les sujets plus âgés, ne plaident pas en faveur de l'existence d'une pneumoconstriction.

Afin d'étudier ce problème de plus près, les ouvriers ont été divisés en deux catégories suivant les plus ou moins grandes concentrations en poussières auxquelles ils étaient exposés. On a ainsi placé dans un premier groupe (groupe +) les ouvriers très exposés, comme les porions, les ouvriers et manœuvres au charbon, les bouveleurs, les manœuvres à la pierre et ceux moyennement exposés, comme les coupeurs de voies, les boiseurs, les boute-feux. Le second groupe (groupe -) comprend les sujets peu ou pas exposés, comme les ouvriers au puits, les machinistes, les sclatneurs, les pompiers, etc.

Il est intéressant de vérifier si le premier groupe (78 sujets) avait des épreuves fonctionnelles en moyenne moindres que le second (127 sujets). Le tableau III indique, pour chaque groupe selon l'image radiologique, ainsi que pour l'ensemble des sujets, les nombres respectifs d'ouvriers exposés fortement (+) et peu exposés (-) aux poussières ainsi que leurs capacités vitales, capacités vitales théoriques (selon Hanaut), ventilations maximum/minute et ventilations maximum/minute théoriques (selon Courmand) moyennes.

On constate que pour l'ensemble des sujets, la capacité vitale est en moyenne légèrement meilleure chez les sujets exposés aux poussières. L'écart entre les valeurs effectivement trouvées dans l'un et l'autre groupe (30 cm³) est toutefois légèrement inférieur à celui prédit selon Hanaut (80 cm³), mais il est inutile d'effectuer le test de « Student Fisher » pour se rendre compte que la différence n'a rien de significatif.

TABLEAU III.

Capacité vitale et ventilation maximum/minute en fonction de l'exposition aux poussières.

Image radiologique	Exposition aux poussières	Nombre de sujets	Capacité vitale		Ventilation maximum/minute	
			trouvée	théorique (Hanaut)	trouvée	théorique (Courmand)
Groupe I	+	42	4.350	5.930	101	112
	-	71	4.240	3.840	104	109
Groupe II	+	8	4.060	3.810	95	109
	-	24	4.310	3.850	109	110
Groupe III	+	15	4.150	3.820	105	111
	-	13	3.940	3.800	104	106
Groupe IV	+	13	4.120	3.880	110	110
	-	19	4.090	3.670	101	106
Ens. des sujets	+	78	4.230	3.890	103	111
	-	127	4.200	3.810	105	109

La ventilation maximum/minute est par contre légèrement plus faible en moyenne chez les ouvriers travaillant dans une atmosphère poussiéreuse (103

litres) que chez ceux peu exposés aux poussières (105 litres). Recherchant la dispersion des résultats, nous avons trouvé un écart type de 21,5 dans

le premier cas et de 20,8 dans le second; les écarts types de la moyenne sont respectivement de 2,44 et 1,84. L'application du test de « Student Fisher » aux valeurs moyennes de $103 \pm 2,44$ et $105 \pm 1,84$ prouve que la différence a plus de 5 % de chances d'être due au hasard, même si l'on tient compte du fait que les valeurs prédites sont légèrement plus grandes dans le premier cas (111 litres pour 109 litres). L'étude statistique montre d'ailleurs que la différence n'est significative dans aucun des groupes suivant l'image pneumoconiotique.

Notons enfin que les 42 sujets ayant des râles sibilants se répartissent comme suit : 20 parmi les 78 sujets très exposés aux poussières (soit 25,6 %) et 22 des 127 ouvriers peu exposés aux poussières (soit 17,4 %). Ici également, la différence est donc peu importante.

Evidemment, ces dernières considérations ne constituent pas un argument décisif contre l'action pneumoconstrictrice des poussières. Dans la répartition suivant le degré d'exposition aux poussières, d'autres variables peuvent intervenir. Il se peut en effet que les ouvriers travaillant dans des endroits très poussiéreux soient ceux qui auraient normalement la meilleure fonction pulmonaire. Ceci masquerait alors dans la statistique l'effet pneumoconstricteur des poussières.

Une chose est pourtant certaine : les chiffres obtenus par Lavenne et Belayew, de quelque façon qu'on les considère, n'apportent pas une confirmation péremptoire de la fréquence et de l'importance des pneumoconstrictions de longue durée après le travail en atmosphère poussiéreuse. Tout au plus, pourrait-on attribuer à la pneumoconstriction la « décapitation » des ventilations maximum/minute des sujets jeunes. Il est possible que, comme le suggèrent les résultats de Lent (13), la pneumoconstriction ne fasse sentir ses effets chez la plupart des sujets que durant un temps assez court. Dans ce cas, on pourrait limiter l'administration d'aérosols pneumodilatateurs aux ouvriers qui conservent des sibilances longtemps après la cessation du travail souterrain. Ceux-ci ont d'ailleurs été les seuls, dans les expériences de Lent, à tirer de la pneumodilatation un bénéfice fonctionnel appréciable.

Il existe donc là un problème d'autant plus intéressant qu'il entraîne des conséquences thérapeutiques. Avec B.M. Wright (14), il convient d'admettre que la solution nécessitera de nombreux travaux plus précisément centrés sur la question,

que ne l'était la présente recherche. Il apparaît dès maintenant que l'épreuve fonctionnelle pulmonaire permettant d'apprécier le mieux et le plus simplement la pneumoconstriction et la pneumodilatation est la détermination de la ventilation maximum/minute ou, mieux sans doute, celle de l'expiration maximum/seconde (épreuve de Tiffeneau) qui, tout en donnant des renseignements similaires, est moins sous la dépendance de la bonne volonté du patient et peut être répétée un plus grand nombre de fois. Cette épreuve n'a pas été pratiquée, faute d'un spiromètre muni d'un kymographe à déroulement rapide aisément transportable. Cette carence ayant pu, depuis lors, être comblée, les recherches seront reprises avec cette nouvelle technique.

3. — Le problème de la silico-tuberculose.

Le Dr. Van Mechelen a entrepris une étude relative à la silico-tuberculose (15).

On se souviendra qu'en 1933, le Prof. Policard émit la thèse que tout nodule silicotique peut être considéré comme un nodule tuberculeux fibrosé (16). Cette hypothèse de travail eut le grand mérite de stimuler de nombreuses recherches dans ce domaine. Se basant sur l'avis des experts les plus représentatifs en Europe, sur sa propre expérience radio-clinique et sur 395 intradermo-réactions à la tuberculine, le Dr. Van Mechelen arrive aux conclusions suivantes :

Les micro-nodules uniformément répartis dans les champs pulmonaires, que l'on rencontre le plus communément chez les ouvriers travaillant dans les charbonnages, paraissent bien être sans aucun rapport avec une infection tuberculeuse. Cette conclusion est conforme à l'avis des principaux experts. Les avis de di Biasi de Bochum, de Gough de Cardiff, Mottura de Turin, Nicod de Lausanne et Uehlinger de Saint-Gall ont été reproduits textuellement avec l'accord des auteurs (15).

Par ailleurs, la réaction à la tuberculine pour les ouvriers au stade micronodulaire a été comparable à celle du groupe témoin, compte tenu de l'âge moyen plus élevé des mineurs examinés. En classant les résultats des réactions suivant leur intensité (+ réactions d'un cm de diamètre; ++ réactions de 1 à 2 cm; +++ réactions de 2 à 5 cm; ++++ réactions de plus de 5 cm), le Dr. Van Mechelen a obtenu en effet le tableau suivant :

TABLEAU IV.

Sujets examinés	âge moyen	années de travail	Intra-dermo réactions (%)				
			—	+	++	+++	++++
99 cas sans pneumoconiose	31,9	4,1	6,1	35,3	31,3	16,2	11,1
97 cas micronodulaires	38,5	13,7	4,1	37,1	33	19,6	6,2
81 cas nodulaires	42,4	18,8	0	45,7	39,5	9,9	4,9
63 cas de condensations	43,2	20,8	0	47,6	28,6	14,3	9,5
55 cas de pseudotumoraux	50,8	24,8	0	67,2	14,6	14,6	3,6

L'analogie entre les deux premières lignes de ce tableau constitue un argument contre le rôle éventuel de la tuberculose dans la genèse des lésions silicotiques simples. Les résultats obtenus montrent aussi que l'intensité de l'allergie tend à diminuer avec le progrès de la fibrose.

D'autre part, lorsque les lésions de fibrose pulmonaire deviennent plus importantes, l'intensité des réactions tuberculitiques devient comparable à celle constatée par Canetti (17) dans les cas de tuberculose pulmonaire chez des hommes de même âge. Les diagrammes de la fig. 1 permettent à cet égard une comparaison aisée.

se faire directement à partir d'écorchures par les bois infectés ou être propagée par l'eau et certains insectes. Il était donc intéressant de rechercher si des champignons pathogènes n'infectaient pas nos chantiers souterrains.

D'autre part, la Commission Médicale de l'Institut d'Hygiène des Mines s'est préoccupée du rôle éventuel des phénomènes d'allergie dans la pneumoconiose et les troubles bronchiques des mineurs. Des micro-organismes même non pathogènes pouvant être à l'origine de réactions allergiques, cette enquête sur les germes polluant l'atmosphère des mines avait donc un second intérêt.

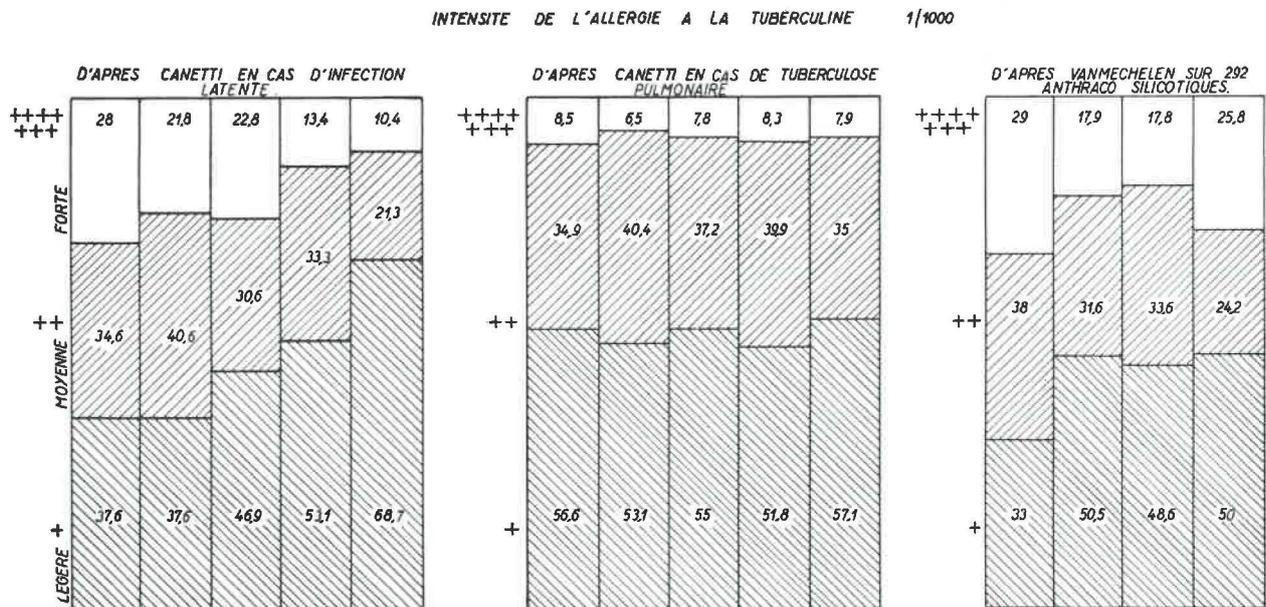


Fig. 1.

Enfin, le Dr. Van Mechelen estime que ces résultats confirment la fréquence de la surinfection tuberculeuse dans les cas de lésions fibreuses massives, habituellement localisées dans les segments apicaux et dorsaux. Toutefois l'influence bacillaire peut être totalement absente dans certaines silicoses massives. Il convient cependant, au point de vue pratique, de considérer toute fibrose pulmonaire importante comme suspecte de surinfection. Le dépistage précoce de cette silico-tuberculose peut souvent rendre possible un traitement efficace et en tout cas une prophylaxie sociale soignée.

4. — Recherches sur les micro-organismes dans les atmosphères souterraines.

Une épidémie de spirotrichose ayant été décrite au Transvaal dans les mines du Witwatersrand, une enquête, dont les résultats ont été publiés en 1947 (18), a démontré que le « Sporotrichum Beurmanni » était capable de se développer sur plusieurs espèces de bois de mines. L'infection peut

Les premières recherches ont été faites dans une galerie désaffectée d'un charbonnage du Bassin de Liège, où il existait une forte prolifération de champignons. Signalons toutefois que les médecins de l'Institut d'Hygiène des Mines, examinant la totalité de la population souterraine de ce charbonnage, n'ont pas trouvé d'affections inhabituelles chez les ouvriers.

Les prélèvements par aspiration d'air ont été effectués au tube aspirateur de Miquel légèrement modifié. Le produit de rinçage des tubes a étéensemencé sur moût de bière gélosée stérile, qu'on a ensuite laissé solidifier en boîtes de Pétri. Les colonies développées ont été ultérieurement repiquées sur des tubes de moût solidifié en plan incliné, ce qui permet leur étude ultérieure.

L'examen microscopique des colonies a donné les résultats suivants (19) :

a) La micro-flore des galeries souterraines examinées est assez uniforme et banale. Seules quelques espèces sont représentées et par un nombre restreint d'individus. De plus, on est frappé par la

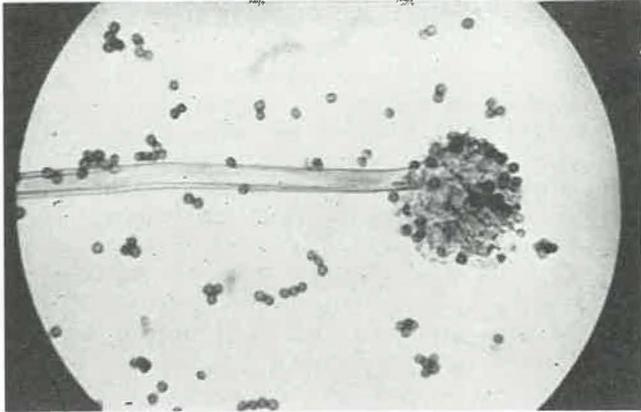


Fig. 2.

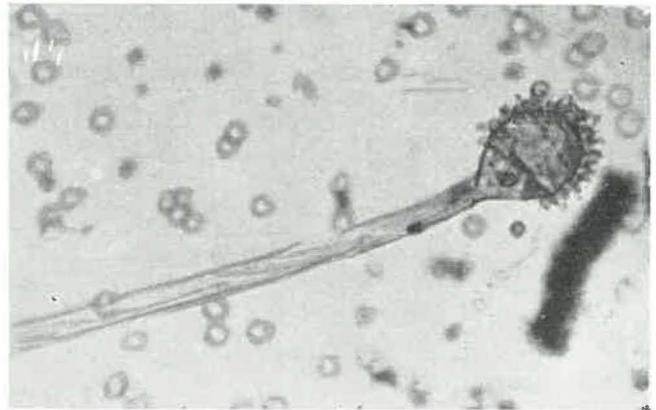


Fig. 3.

prédominance des champignons sur les microbes. Cette rareté des microbes dans l'air s'explique sans doute par le fait que le charbonnage, situé au sud-ouest de Liège, en bordure de l'agglomération, envoie dans ses puits de l'air pur venant de la campagne. Le nombre de champignons peut être attribué à la pullulation saisonnière bien connue de ces germes.

b) On a trouvé comme type de champignons : le *fusicladium dentriticum*, le *penicillium cyclopium*, l'*aspergillus luchuensis* (fig. 2), l'*aspergillus sydouxii*, le *mucor mucedo*, l'*aspergillus umbrosus*, l'*aspergillus fumigatus* (fig. 3), le *botrytis cinerea*. L'*aspergillus fumigatus* constitue le seul de pathogénicité certaine. Il ne représente toutefois que 7,5 % des colonies développées.

II. — TRAVAUX DE LA SECTION TECHNIQUE

1. — Lutte contre les poussières.

A. — Conimétrie.

a) Etude du midget scrubber D. 18.

La dernière Communication de l'Institut d'Hygiène des Mines pour l'année 1953, relate l'ensemble des expériences que nous avons entreprises au cours des années 1952 et 1953 concernant le midget scrubber D.18 comme appareil de prélèvement des poussières de charbon (12) et les conclusions que nous croyons devoir en tirer. Bien que nous ayons déjà publié dans ces colonnes certains des résultats obtenus, nous pensons devoir reprendre quelques points de cet exposé par souci de synthèse (2).

Envisageons d'abord les erreurs qui sont introduites par le midget scrubber D.18 lors du prélèvement. A part l'imprécision sur le débit d'air aspiré, deux phénomènes concourent à différencier le contenu du scrubber du nuage poussiéreux aérien : le rendement de captation inférieur à l'unité vers les petites dimensions et le bris des agrégats ainsi que des grosses particules par suite de l'agitation du milieu liquide de captage.

Le rendement de captation en poids est de l'ordre de 99 % alors que celui du midget impinger était d'environ 97 % (20). La comparaison des résultats obtenus en faisant aspirer l'air poussiéreux d'une part par deux scrubbers en cascade et d'autre part par deux midget impingers suivis d'un scrubber, prouve que la fraction récoltée dans le scrubber aval est beaucoup plus faible lorsque l'appareil

amont est un scrubber. On peut en conclure que le rendement de captation de ce dernier est supérieur à celui de l'impinger sans toutefois atteindre 100 % pour les particules voisines de 0,2 μ . On peut estimer que le rendement reste voisin de 100 % jusqu'à 0,5 μ .

En ce qui concerne le bris des particules et des agrégats dans le scrubber, nous avons déjà relaté les expériences qui ont été tentées en vue d'étudier ces phénomènes (2). Nous publions aux figures 4 à 7 les courbes de l'augmentation du nombre de

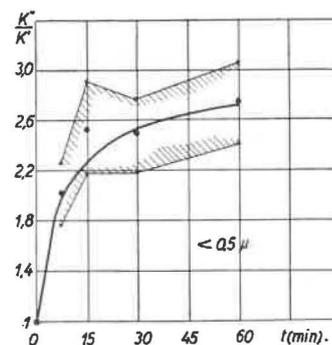


Fig. 4.

particules simples dénombrées en fonction du temps de barbotage, dans les classes < 0,5 μ , 0,5 — 1 μ , 1 — 3 μ et 3 — 10 μ . L'interprétation qui semble découler de l'examen de ces courbes est la suivante :

- 1) les agrégats sont assez rapidement disloqués et leurs débris enrichissent fortement le prélèvement en particules $< 1 \mu$, tandis qu'ils appauvrissent les classes $> 1 \mu$;

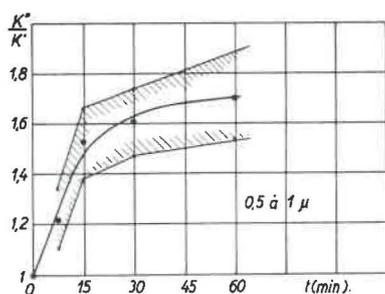


Fig. 5.

- 2) il subsiste ensuite une augmentation continue du nombre de particules dénombrées en fonction du temps qui est la plus apparente entre 1 et 3μ et qui doit provenir du bris des particules plus grandes donnant préférentiellement des fragments de cette taille.

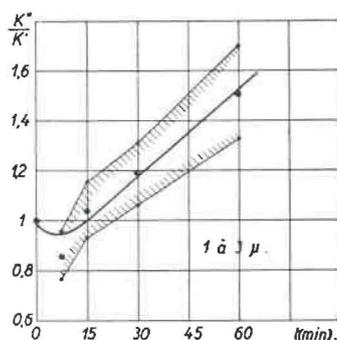


Fig. 6.

Accessoirement, signalons aussi que les expériences en question ont prouvé que l'état d'agrégation en milieu liquide est peu stable et que de nombreux agrégats doivent échapper à l'examen microscopique.

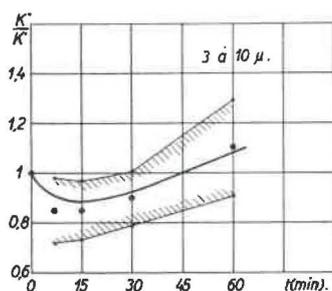


Fig. 7.

Lors de nos essais, la poussière avait été introduite dans les scrubbers avant barbotage. En réalité, lors d'un prélèvement, l'appareil se charge progressivement de poussières. Lorsqu'on calcule les facteurs de correction résultant de la désagrégation et du bris des particules lors d'un prélèvement, on obtient des valeurs ne différant sensiblement de l'uni-

té que pour les classes les plus fines, inférieures à 1 micron, et pour des temps de prélèvement relativement longs, de l'ordre de 15 minutes et plus. Ces facteurs correctifs varient suivant les cas non seulement avec la durée du prélèvement, que l'on pourrait standardiser, mais avec le caractère plus ou moins grossier de la granulométrie, la nature et l'état d'agrégation plus ou moins prononcé de la poussière aérienne.

Comme ces deux facteurs fluctuent de façon non contrôlable, les résultats obtenus au scrubber D.18 ne sont pas parfaitement comparables entre eux.

Nous avons également étudié les erreurs susceptibles de se produire lors de l'examen microscopique des échantillons prélevés; nos conclusions sont aussi valables pour le midjet impinger et le filtre soluble puisque l'examen du prélèvement obtenu par ces appareils se fait également en milieu liquide sous le microscope. Nos conditions d'examen habituelles (30 minutes de décantation, suivies de 30 minutes d'examen en cellule de 0,1 mm de profondeur) permettent d'éviter l'erreur provoquée par une décantation incomplète pour toutes les particules supérieures à 1 micron, et de rendre cette erreur petite pour les particules comprises entre 0,5 et 1 micron. D'autre part, l'établissement de courbes granulométriques précises depuis 0,2 micron comme dimension limite inférieure, suppose que l'on dénombre par échantillon environ 400 particules, ce qui est possible en 30 minutes si la densité du dépôt atteint 30 à 40 poussières par champ, au grossissement de 1.000 diamètres.

Cette densité permet par ailleurs de rendre négligeables les erreurs provenant de la superposition accidentelle de deux particules dans le champ, erreur qui entraîne une augmentation de la proportion des agrégats observés et une diminution du nombre de particules identifiées surtout dans les petites dimensions. On démontre en effet que la proportion des particules d'un diamètre donné formant par superposition avec des particules de diamètre voisin des « pseudo-agrégats », est égale au double de la portion de la surface de l'écran noircie par les particules de cette dimension. D'autre part, la proportion de particules de dimension donnée cachées par d'autres de dimension nettement supérieure est égale à la fraction de l'écran noircie par ces grosses particules.

Pour obtenir une précision uniforme sur le tracé des courbes granulométriques, il convient que les classes en lesquelles on répartit les particules au moment du comptage soient judicieusement délimitées. En accord avec les conclusions du *Colloque des poussières tenu à Lille dans le cadre du 4e Congrès Technique National de Sécurité du Travail*, auquel l'Institut d'Hygiène des Mines a participé, nous estimons qu'une granulométrie suffisamment détaillée est obtenue en rangeant les particules dans les classes suivantes délimitées en microns : 0,2 — 0,5; 0,5 — 1; 1 — 3; 3 — 5 ...

Pour représenter graphiquement les résultats obtenus, nous proposons l'emploi des deux méthodes suivantes :

- 1) ou bien on trace la courbe cumulative du nombre total (ou du pourcentage) de particules plus petites qu'un diamètre donné, indiqué en abscisses; le tracé est dans ce cas souvent facilité par l'adoption d'une échelle d'abscisses logarithmique (fig. 8);

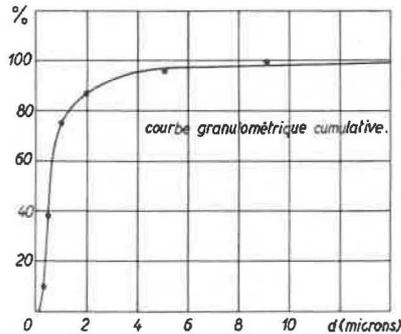


Fig. 8.

- 2) ou bien on construit un diagramme de fréquence consistant en une succession de rectangles dont la base est l'intervalle de classe considéré et la surface proportionnelle au nombre ou au pourcentage de particules appartenant à cette classe (fig. 9).

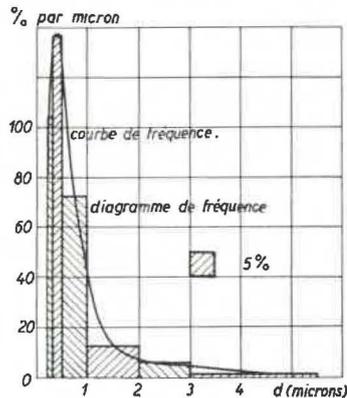


Fig. 9.

b) Etude de la « pompe à main » — hand-pump P.R.U.

La description de cet appareil a été faite antérieurement dans cette revue (22).

De nombreux prélèvements à la hand-pump nous ont permis d'étudier les erreurs inhérentes à son emploi et de trouver la valeur de la dispersion, due notamment à l'inégalité de la transparence des papiers, au manque de fidélité du densitomètre, aux variations de vitesse d'aspiration...

Si l'on devait envisager une classification des chantiers en fonction de l'empoussiérement, on devrait mesurer cet empoussiérement de façon suffisamment précise pour que les erreurs de classement soient peu fréquentes. Si l'on admet par exemple un intervalle de classe égal à 0,150 (exprimé en transparence relative), il reste à étudier la dispersion de la mesure d'empoussiérement suivant la technique adoptée.

Dans une série d'expériences faites dans le retour d'air d'un chantier à 50 m des fronts, 13 déterminations successives donnent une transparence moyenne de 0,860 et nous trouvons une dispersion de 0,0355.

Nous constatons que :

- 1) une augmentation du temps d'aspiration de 1 seconde provoquerait une augmentation de la transparence relative de 0,009;
- 2) en maintenant constante la vitesse d'aspiration, on ramènerait la dispersion à 0,0296, en y incluant :
 - l'influence des variations de l'empoussiérement qui se produisent entre les divers prélèvements,
 - l'influence des erreurs de mesure de la transparence relative des clips souillés et propres,
 - l'influence des conditions de prélèvement (sauf la vitesse d'aspiration).
 - les inégalités de transparence du papier propre (qui ne jouent cependant pas de rôle si cette transparence est contrôlée au départ et si aucune souillure parasite ne se produit entre ce contrôle initial et le moment du prélèvement).

L'influence des erreurs de mesure au densitomètre peut être rendue plus petite moyennant un mode opératoire simple. Il consiste :

- 1) à toujours encadrer la mesure de transparence de l'échantillon témoin par deux mesures de transparence du clip souillé,
- 2) à prendre pour mesure la moyenne des valeurs extrêmes indiquées par l'aiguille lorsque l'on fait bouger le clip dans la fenêtre de l'appareil.

La dispersion introduite par les mesures au densitomètre est, dans ces conditions, de l'ordre de 0,004..., c'est-à-dire négligeable vis-à-vis de celle introduite par les autres facteurs repris ci-dessus.

Si la transparence était déterminée sans rechercher les élongations extrêmes de l'aiguille, on peut estimer que la dispersion serait portée de 0,0296, chiffre indiqué ci-dessus, à environ 0,034. Si en outre les mesures de transparence du témoin et des clips souillés ne sont pas constamment alternées, des erreurs systématiques importantes peuvent être introduites, atteignant 0,040 dans le cas d'une longue série d'examen. Ces erreurs sont dues au manque de stabilité de la cellule photoélectrique contenue dans le densitomètre.

Quant aux inégalités de transparence des papiers utilisés, elles peuvent être assez importantes et introduire une dispersion de l'ordre de 0,030 pour des clips très peu chargés. L'influence de ces inégalités s'atténue proportionnellement au noircissement du clip : pour une transparence de 85 %, elle ne dépasse pas 0,025 et pour une transparence de 70 %, elle tomberait à 0,020. Comme cette influence est incluse dans la dispersion de 0,0296, citée ci-avant, on peut estimer que la dispersion minimum à laquelle on peut s'attendre serait de l'ordre de 0,020 à 0,025, ce dernier chiffre correspondant aux empoussiéraments les plus forts. Encore faudrait-il que l'on ait réduit au minimum toutes

les causes d'erreur par les moyens que nous avons signalés.

La signification de cette dispersion σ doit être entendue comme suit : il y a environ 99 chances sur 100 que la valeur moyenne vraie de l'empoussiérement soit située dans un intervalle de $2 \times 2,58 \sigma$, s'étendant de part et d'autre d'une mesure isolée. Lorsqu'on effectue n mesures, la dispersion sur la moyenne s'obtient en divisant σ par \sqrt{n} :

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

et par conséquent l'intervalle dans lequel l'empoussiérement moyen vrai a 99 chances sur 100 de se trouver, est réduit dans le rapport de 1 à \sqrt{n} .

Si nous désignons par :

- a et b les deux frontières d'une classe d'empoussiérement; par exemple $a = 0,50$ et $b = 0,65$;
- m : la moyenne de n mesures à la hand-pump et au densitomètre, correspondant à n prélèvements dans un retour d'air donné;

— $\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ la dispersion sur cette moyenne

(pour la classe envisagée, elle ne pourra descendre en dessous de 0,025 par exemple);

- P_m : la probabilité que la valeur moyenne vraie de l'empoussiérement soit en dehors de l'intervalle (a, b), alors que la moyenne « m » y est incluse;

si, d'autre part, les résultats sont distribués suivant une courbe de Gauss, on trouve que pour $b - a = 0,150$ et $\sigma_m = 0,025$, la valeur moyenne de P_m est de l'ordre de $1/7$ ou $0,14$. Pour ramener la fréquence moyenne des erreurs de classement à $1/20$ (ou $0,05$), il faudrait :

$$\frac{\sigma_m}{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{7}{20} \quad \text{d'où } n = 8;$$

pour la ramener à $1/50$, il faudrait $n = 50$.

B. — Matériel de lutte contre les poussières. Essai d'un décaleur anti-poussières pour marteau-piqueur.

Les résultats obtenus dans un montage et dans une vallée en creusement, grâce à l'emploi du décaleur anti-poussières L.H. ont été publiés antérieurement (2).

Le même dispositif a été expérimenté dans une taille en pleine activité produisant 400 tonnes par jour. La réduction de l'empoussiérement que procure l'utilisation de ce décaleur L.H. en taille, est moindre qu'en montage ou en vallée parce que les causes de soulèvement des poussières, autres que le piqueur, sont multiples et affectent des catégories de poussières différentes. On a cependant pu constater que le nombre de particules comprises

entre 0,5 et 5 microns était réduit de 35 à 40 % au moins dans un chantier en plateau dont la grosse partie des poussières provenait de l'abattage au piqueur. En effet, en travaillant à sec, les résultats des essais nous ont conduits à admettre une réduction de l'empoussiérement en tête de taille, valant : 42,5 % pour les particules comprises entre 1 et 5 μ et 37,0 % pour les particules comprises entre 0,5 et 1 μ .

En travaillant après une injection partielle d'eau en veine, nous avons obtenu un rendement de suppression des poussières de : 59,5 % pour les particules comprises entre 1 et 5 μ et 57,5 % pour les particules comprises entre 0,5 et 5 μ . Le décaleur anti-poussières L.H. réduit ainsi considérablement une des principales causes du soulèvement des petites poussières (notamment celles qui sont comprises entre 1 et 0,5 μ). Nous avons constaté de plus qu'il ne contrariait pas le bon fonctionnement des piqueurs à pulvérisation d'eau et qu'il renforçait indirectement l'efficacité de l'injection d'eau en veine vis-à-vis des très fines poussières (25).

C. — La lutte contre les poussières dans les chantiers d'abattage.

Nouvelle technique d'injection d'eau dans le massif.

L'efficacité de l'injection d'eau en veine vis-à-vis des petites particules a été réexaminée quoique des expériences précédentes aient suffisamment montré la supériorité du procédé comparé aux autres moyens de lutte contre les poussières agissant à la fois sur l'abattage proprement dit, la chute du charbon sur le mur, le pelletage et le transport en taille.

Malheureusement, l'injection d'eau en veine est souvent à écarter parce que l'altération des terrains encaissants ou un degré hygrométrique trop élevé dans les mines chaudes, imposent la réduction de la quantité d'eau indispensable à l'obtention d'un bon rendement de suppression des poussières.

Une nouvelle technique a été mise au point aux Charbonnages de Houthalen; elle présente la même efficacité à peu de chose près et demande 10 fois moins d'eau que le procédé classique. Elle consiste à injecter l'eau à une profondeur beaucoup plus grande atteignant au moins le double de la largeur d'une havée. On humidifie de cette façon le charbon dans une zone très peu affectée par les fissurations grossières, qui précèdent normalement tout front d'abattage. L'avantage de cette façon de faire est double :

- 1) les terrains encaissants, à l'endroit de l'injection, sont à peine fissurés, de sorte que l'eau n'y pénètre guère. Il s'ensuit que les éponges ne sont pas attaquées par l'eau, ce qui rend la méthode plus sûre et applicable même là où le toit est déliteux.
- 2) La quantité d'eau injectée est moindre, même sous une pression plus forte. L'eau n'a pas à remplir des cavités grossières tout en mouillant également bien le charbon en place. Par ailleurs, il n'y a plus de pertes d'eau du fait que le liquide ne vient plus perler à la surface des fronts ni s'écouler par des trous voisins ou par des limets franchement décollés.

En poussant la méthode plus loin et en injectant l'eau sous des pressions plus fortes, il serait possible de la faire pénétrer dans la texture même de la houille et d'accroître ainsi artificiellement la quantité d'eau de constitution du charbon.

Cette méthode a trouvé son origine au cours d'essais de captage du grisou effectués aux Charbonnages de Houthalen par M. Lavallée, ingénieur principal (24). Des essais concluants, objet d'une prochaine Communication de l'Institut d'Hygiène des Mines, ont eu lieu dans le courant de l'année aux Charbonnages de Houthalen.

D. — Travaux de laboratoire.

a) Contrôle de l'efficacité des masques filtrants.

Comme il n'est guère possible de généraliser la lutte contre les poussières partout et dans tous les recoins de nos mines, il a été reconnu indispensable de continuer l'étude et de promouvoir l'emploi de masques vraiment efficaces, de « gêne respiratoire » raisonnable et acceptable pour les travaux miniers. La Communication n° 103 a défini notre position à cet égard (25).

La nouvelle station de contrôle installée cette année à l'Institut d'Hygiène des Mines est munie d'un poumon artificiel capable de reproduire les phénomènes physiologiques propres à la respiration, notamment fréquence et amplitude variables suivant l'effort et tenant compte d'une vitesse maximum instantanée d'inspiration pouvant correspondre à un débit de plus de 12.000 litres par heure. Les expériences y sont réalisées avec des poussières fraîchement produites, soufflées dans une chambre hermétique où se trouve une tête factice raccordée à ce poumon.

L'installation telle qu'elle est décrite ci-après permet en outre de déterminer les concentrations de poussières au moyen de 3 appareils différents : le midget impinger, le précipitateur thermique et le tyndallomètre.

1) Le générateur de poussières, fig. 10 comprend essentiellement :

- un broyeur à billes B, produisant des poussières fraîches,
- un ventilateur V qui aspire par deux décanteurs D₁ et D₂ disposés en parallèle, l'air traversant préalablement le broyeur et le refoule, débarrassé de ses grosses particules vers la chambre à masque,
- un by-pass b permettant l'aspiration directe sur le broyeur pour la réalisation de nuages renfermant des grosses poussières,

On a pu réaliser avec ce système un débit d'air constant de 60 litres/minute, contenant par cm³ d'air 100.000 particules inférieures à 5 μ et dont 98.700 étaient plus petites que 3 μ.

2) La chambre à masques, fig. 10, en plexiglass est de dimensions assez réduites :

700 × 500 × 500 mm. L'entrée des poussières s'y fait par le bas, un tuyau de 25 mm de diamètre soufflant l'air poussiéreux vers une des parois. Deux départs sont prévus dans la paroi opposée :

- une tuyauterie de mise à l'air libre, munie d'une vanne de réglage, réalisant l'évacuation de l'air empoussiéré vers une cheminée,
- un second tube, d'un diamètre de 26 mm partant de la tête factice et raccordé au poumon artificiel, imitant la respiration à travers le masque de l'air empoussiéré de la chambre.

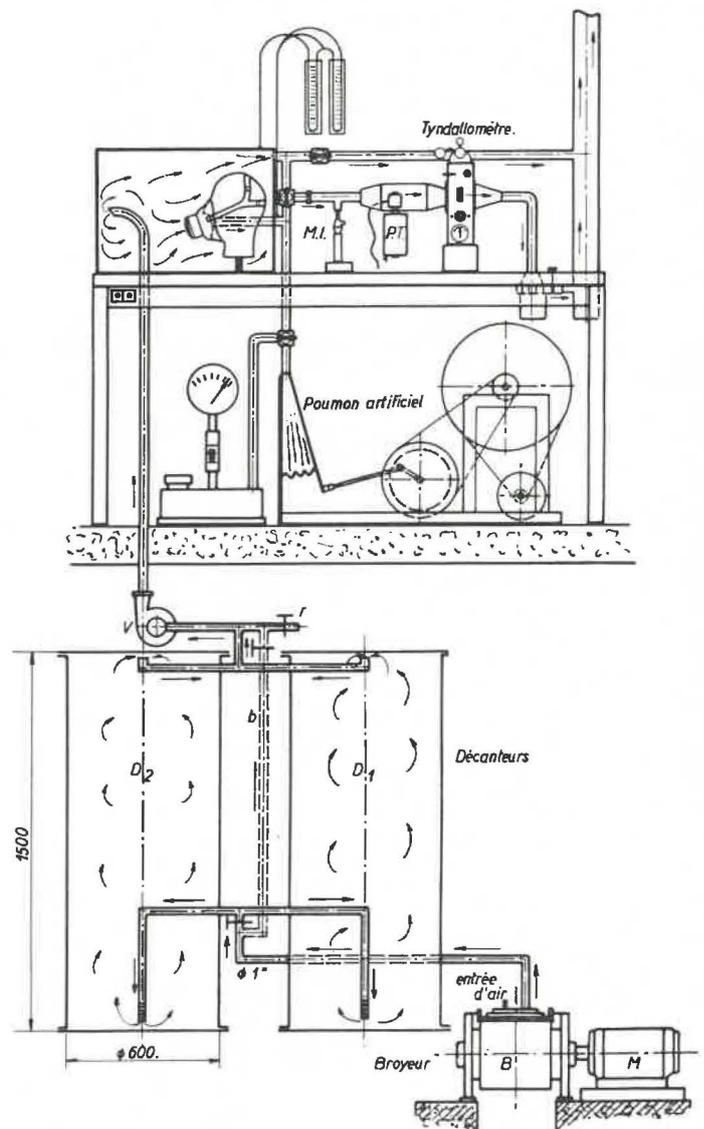


Fig. 10.

Un robinet à 3 voies permet de prélever sur l'une ou l'autre des tuyauteries un échantillon d'air dont l'empoussiérage sera mesuré par divers appareils de contrôle. Ceux-ci sont installés dans un circuit partant du robinet à 3 voies et rejoignant la cheminée : un petit ventilateur électrique réglable y réalise la circulation de l'air. La tuyauterie de refoulement de ce ventilateur est agencée de

manière à former éjecteur dans la cheminée afin de ne pas contrarier le départ de l'air en excès sortant de la chambre à masques.

3) Le poumon artificiel, fig. 10, est constitué par un soufflet actionné par un mécanisme à bielle et manivelle réglables présentant certaines particularités.

Le temps d'inspiration est de l'ordre de 45 % et le temps d'expiration de l'ordre de 55 % du cycle complet d'une respiration. Cette particularité par laquelle l'installation reproduit un phénomène physiologique important surtout si l'effort à produire est intense, est obtenue par un système bielle-manivelle excentré.

La fréquence respiratoire n'est pas fixe, mais peut aller de 18 à 34 respirations/minute en passant par les stades intermédiaires de 20 — 22 — 24 — 26 — 28 — 30 — 32, grâce à la possibilité de modifier la vitesse de commande du soufflet par un jeu de poulies à gradins.

Enfin, la quantité d'air inspirée par cycle peut couvrir toutes les valeurs de débit de 0,85 à 2,25 litres, par modification du rayon de la manivelle. En traduisant ces valeurs en débit continu, les essais peuvent ainsi se réaliser à partir d'un débit de 920 jusqu'à 4.590 litres par heure.

De plus, les grammes 18 — 24 — 30 respirations de 1,6 — 2,0 — 2,25 litres/minute permettent d'atteindre des vitesses instantanées maxima d'inspiration correspondant à des débits horaires de l'ordre de 5.500 à 13.500 litres.

Les méthodes de contrôle au point de vue technique consistent à déterminer le pouvoir d'arrêt du masque ainsi que les pertes de charge provoquées par la matière filtrante et les soupapes. Le pouvoir de rétention se calcule en poids et en nombre de particules, classes par classes. En effet, l'air dérivé vers les appareils de mesure peut être capté dans un flacon de midget impinger ou bien traverse une chambre hermétique dans laquelle sont logées deux têtes de captage de précipitateur thermique, pour pénétrer ensuite dans un tyndallomètre. En manœuvrant le robinet à 3 voies, on a la possibilité d'examiner l'air de la chambre à masque ou l'air débarrassé d'une fraction de ses poussières par la traversée du masque. Les prélèvements au midget impinger permettent de dégrossir les examens granulométriques; le comptage des plaques du précipitateur thermique fournit la répartition des grains, classes par classes, pour le tracé éventuel des courbes granulométriques jusqu'à la dimension de 0,2 μ . Enfin, le tyndallomètre, par ses indications, rend aisée la comparaison avec les masques essayés par d'autres expérimentateurs (en Allemagne notamment).

La résistance à la respiration est mesurée en débit pulsatoire, grâce à 2 manomètres (tube en U ou micro-manomètre) branchés de manière à donner la différence de pression, tant à l'inspiration qu'à l'expiration, entre la chambre d'empoussièrement et l'intérieur de la tuyauterie à l'aval du masque con-

trôlé. Les valeurs maxima enregistrées correspondent à la résistance offerte pour la vitesse maximum instantanée d'inspiration et d'expiration.

Pour les essais courants, le débit pulsatoire à travers le masque, obtenu par le poumon artificiel, correspond à la fréquence de 26 respirations de 1,6 l/min. Le générateur de poussières est réglé de façon à maintenir l'empoussièrement constant pendant plus de 3 heures. Chaque masque est contrôlé dans une atmosphère contenant, par m³ d'air, de 300 à 350 mg de poussières charbonneuses avec 8 % de poussières de roches, toutes les particules étant inférieures à 5 microns.

Le pouvoir de rétention est calculé de 30 en 30 minutes, en prenant comme valeur de l'empoussièrement la moyenne des mesures faites au tyndallomètre toutes les 3 minutes.

Les résistances à l'inspiration et à l'expiration sont déterminées en réalisant un débit d'air continu de 50 litres par minute et en mesurant séparément les pertes de charge dues au clapet, à la matière filtrante proprement dite et au préfiltre, avant l'essai, après l'essai, filtre colmaté et après décolmatage.

Pour des raisons indiquées dans notre Communication n° 103 (25), nous admettons comme un maximum une dépression totale de 15 mm H₂O à l'inspiration et 5 mm H₂O à l'expiration en débit continu de 50 litres par minute. Quant au pouvoir de rétention, nous estimons qu'il doit atteindre la valeur moyenne de 95 % après 3 heures dans les conditions d'essais reprises ci-dessus.

Les mesures de rétention étant effectuées toutes les 30 minutes, on peut aisément se rendre compte après 60 ou 90 minutes, s'il est utile de poursuivre l'essai plus longtemps. Pour certains appareils, la moyenne de 95 % de rétention est atteinte dès ce moment; pour d'autres, on constate dès les premières mesures que la moyenne restera toujours inférieure à la limite fixée.

De plus, pour tenir compte du colmatage de la matière filtrante, nous pensons qu'un masque est d'autant meilleur que sa résistance totale à l'inspiration est plus faible après un temps de service donné. A cet égard, nous avons limité cette résistance à 16 mm H₂O (50 litres/minute) après 90 minutes d'essai. Les tableaux suivants (V, VI, VII) donnent les résultats des essais de masques effectués en 1953 (26) (27).

b) Comparaison des pouvoirs hygroscopiques de produits destinés à la consolidation des poussières dans les voies souterraines.

Dans le courant de 1952, une méthode d'étude a été mise au point dans le but de comparer les pouvoirs hygroscopiques de différents produits; elle consiste à suivre en fonction du temps l'évolution du poids de quelques échantillons exposés simultanément à des conditions d'humidité et de température déterminées (2).

Le produit étudié est un résidu salin industriel de la A.G. Vereinigte Kaliwerke Salzdetfurth (Al-

TABLEAU V.

	Poids g	volume cm ³	résistances à l'inspiration (mm H ₂ O)				Résistance expiratoire mm H ₂ O
			clapet	filtre	préfiltre	total	
Auer Kollix 2600	166	220	4,5	4,5	1,5	10,5	15,0
Brison 1	80	180	—	5,0	—	5,0	4,0
Brison 3 L.15, « S »	216	175	1,0	6,0	—	7,0	2,6
Brison 3 L.20, « S »	212	175	1,0	6,0	—	7,0	2,6
Brison 6 F.I.12, « S »	190	175	1,0	5,0	1,0	7,0	2,8
Brison 6 F.I.14, « S »	192	175	1,0	5,0	1,0	7,0	2,8
Brison 7 L.N., feutre plat 3,75, « GN » clapets latéraux boutonnés sans boîtier	142	180	1,0	3,0	—	4,0	2,4
Brison 7 L.N. feutre « en forme » 3,75, « S »	190	175	1,0	3,5	—	4,5	2,4
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi O, « GN »	150	180	1,0	4,0	—	5,0	4,0
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi 5, « S »	195	175	1,0	4,0	—	5,0	2,4
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi 8,5, « GN », clapets latéraux collés sans boîtier	145	180	1,0	5,5	—	6,5	2,8
Cesco Healthguard 82	120	130	3,0	4,0	—	7,0	38,0
Delrivière	40	200	—	2,5	—	2,5	2,5
Pirelli P.F.7	244	780*	—	4,5	—	4,5	4,5
Bartels-Rieger	252	170	2,5	6,0	2,0	10,5	4,0
Draeger 70-545	181	250**	2,5	5,0	1,5	9,0	3,0
Draeger 99-545	206	140	7,0	5,0	1,0	13,0	3,5
Fernez	220	150	1,0	3,5	—	4,5	2,0
G.M.I.B.	160	270**	1,0	5,5	1,0	7,5	10,5
Idem : après modification	170	270**	1,0	5,0	1,0	7,0	5,0
Martindale	14	—	—	4,0	—	4,0	4,0
Pirelli B.N.4	100	120	—	6,0	—	6,0	9,0
Pirelli B.N.4.M.	117	120	—	4,5	2,0	6,5	9,0
Prévomousse 100	50	130	—	7,0	—	7,0	7,0
S.F.A. 31-150	170	90	3,5	—	1,5	5,0	6,0
Idem : après modification	170	90	3,5	—	1,5	5,0	3,5
Watson n° 2	75	140	—	3,5	—	3,5	2,4
Watson Super 4	143	90	1,5	3,0	—	4,5	5,5

* Volume intérieur comprenant en plus le volume de la pochette (légèrement aplatie), puisque le masque n'est pas pourvu d'un clapet d'inspiration; valeur exagérée.

** Le volume intérieur paraît exagéré, mais comme la pièce de raccord au visage englobe le menton, le volume est en réalité beaucoup moindre.

TABLEAU VI.

	Pouvoir de rétention après :						Moyenne de 95 %
	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	180 min.	
Auer Kollix 2600	87,9	94,6	98,7	99,0	99,2	—	atteinte après 2 h 30
Brison 1 *	69,1	63,4	62,7	—	—	—	pas atteinte
Brison 3 L.15, « S »	80,8	86,3	88,3	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Brison 3 L.20, « S »	84,2	86,3	88,7	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Brison 6 F.I.12, « S »	83,9	90,8	92,8	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Brison 6 F.I.14, « S »	90,6	91,7	94,0	96,4	98,8	99,0	atteinte après 3 h
Brison 7 L.N., feutre plat 3,75, « GN » clapets latéraux boutonnés sans boîtier	72,4	86,6	91,0	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Brison 7 L.N. feutre « en forme » 3,75, « S »	83,8	88,0	91,2	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi O, « GN »	84,9	91,8	93,5	95,0	—	—	pas atteinte après 3 h
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi 5, « S »	94,3	95,2	96,1	—	—	—	atteinte après 1 h 30 min
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi 8,5, « GN », clapets latéraux collés sans boîtier **	92,8	94,8	97,0	97,1	—	—	atteinte après un peu plus de 1 h 30 min
Cesco Healthguard 82	84,0	89,5	90,6	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Delrivière	63,4	65,9	72,8	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Pirelli P.F.7	86,0	89,2	94,1	96,5	—	—	pas atteinte après 3 h
Bartels-Rieger	86,3	93,7	98,4	99,2	99,3	—	atteinte après 2 h 30 min
Draeger 70-545	92,5	96,0	99,0	—	—	—	atteinte après 90 min
Draeger 99-545	92,5	96,0	99,0	—	—	—	atteinte après 90 min
Fernez	98,0	98,2	99,2	—	—	—	dépassée déjà après 30 min
G.M.I.B.	80,8	83,9	92,0	98,5	99,2	—	pas atteinte après 3 h
Idem : après modification	91,4	93,3	96,0	98,0	99,0	—	atteinte après 2 h 30 min
Martindale	69,8	75,5	83,0	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Pirelli B.N.4	76,1	77,0	80,7	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Pirelli B.N.4.M.	92,0	94,9	95,6	98,4	—	—	atteinte après 2 h
Prévomousse 100	73,0	78,0	82,6	—	—	—	pas atteinte après 3 h
S.F.A. 31-150	88,6	89,7	96,4	97,6	98,2	99,0	atteinte après 3 h
Wattson n° 2	72,3	78,3	81,0	—	—	—	pas atteinte après 3 h
Wattson Super 4	89,3	91,8	93,9	94,1	94,2	96,6	pas atteinte après 3 h

* Le colmatage étant trop important, les soupapes d'expiration laissent pénétrer de la poussière dans le masque au moment où la vitesse d'inspiration atteint son maximum au cours du cycle respiratoire.

** Risque identique de pénétration de poussières avec ce modèle de couvre-face.

TABLEAU VII.

	Résistance totale à l'inspiration (50 l/min.) en mm H ₂ O, après						Δ h après 90 min. d'essai
	0 min.	90 min.	120 min.	150 min.	180 min.	décolmatage	
Auer Kollix 2600	10,5	15,2	16,8	18,5	—	12,5	4,7
Brison 1	5,0	32,0	—	—	—	7,5	27,0
Brison 3 L.15, « S »	7,0	13,0	—	—	—	8,0	6,0
Brison 3 L.20, « S »	7,0	11,0	—	—	—	7,5	4,0
Brison 6 F.I.12, « S »	7,0	16,0	—	—	—	8,0	9,0
Brison 6 F.I.14, « S »	7,0	16,0	19,0	22,0	25,0	7,5	9,0
Brison 7 L.N., feutre plat 3,75, « GN » clapets latéraux boutonnés sans boîtier	4,0	7,0	—	—	—	4,5	3,0
Brison 7 L.N. feutre « en forme » 3,75, « S »	4,5	11,0	—	—	—	4,6	6,5
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi O, « GN »	5,0	—	8,0	—	—	6,0	—
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi 5, « S »	5,0	9,5	—	—	—	5,5	4,5
Brison 7 L.N. feutre « en forme » double paroi 8,5, « GN », clapets latéraux collés sans boîtier	6,5	14,0	—	—	—	7,0	7,5
Cesco Healthguard 82	7,0	60,0	—	—	—	8,5	53,0
Delrivière	2,5	4,5	—	—	—	2,6	2,0
Pirelli P.F.7	4,5	6,8	7,5	—	—	5,5	2,3
Bartels-Rieger	10,5	15,0	16,5	18,0	—	14,0	4,5
Draeger 70-545	9,0	12,5	—	—	—	10,0	3,5
Draeger 99-545	13,0	16,0	—	—	—	14,0	5,0
Fernez	4,5	8,0	—	—	—	5,0	3,5
G.M.I.B.	7,5	10,2	11,1	12,0	—	8,0	2,7
Idem : après modification	7,0	9,5	—	12,4	—	7,5	2,5
Martindale	4,0	12,0	—	—	—	4,5	8,0
Pirelli B.N.4	6,0	18,0	—	—	—	8,0	12,0
Pirelli B.N.4.M.	6,5	22,0	—	—	—	7,0	15,5
Prévomousse 100	7,0	10,0	—	—	—	8,0	3,0
S.F.A. 31-150	5,0	6,5	7,0	7,5	8,0	7,2	1,5
Watson n° 2	3,5	7,5	—	—	—	3,5	4,0
Watson Super 4	4,5	8,5	9,7	11,0	12,5	5,0	4,0

lemagne), dont l'analyse effectuée en nos laboratoires peut se résumer comme suit :

insoluble dans HCl (oxyde de fer, silice, etc.)	0,10 %
Ca SO ₄ (sulfate de calcium)	3,53 %
Mg Cl ₂ (chlorure de magnésium)	1,17 %
Na ₂ SO ₄ (sulfate de sodium)	0,19 %
Na Cl (chlorure de sodium)	89,65 %
K Cl (chlorure de potassium)	3,36 %
	100,00 %

Le produit pris pour référence est du chlorure calcique (Judex Chemicals) en granulés passés aux tamis 10-14 mailles.

Les variations de poids, exprimées en pour cents des quantités de départ, sont groupées aux tableaux VIII et IX et représentées graphiquement aux fig. 11 et 12.

Durant nos expériences, on a pu remarquer que le résidu salin forme assez vite une croûte finement cristalline collant au fond des nacelles expérimentales (après 7 heures 30). Cependant, son aspect général ne dépasse pas le stade de cristaux plus ou moins largement imbibés d'eau en fin d'expérience. Par contre, les grains de Ca Cl₂ prennent un aspect vitreux après 23 heures, puis passent graduellement en solution dans l'eau absorbée (dissolution presque complète après 71 heures).

L'examen des résultats numériques montre que dans les mêmes conditions, le chlorure calcique absorbe beaucoup plus d'humidité atmosphérique que ne le fait le résidu salin.

D'autre part, à l'étuve, le sel sodique retrouve sensiblement son poids de départ après 6 heures. Dans les mêmes conditions, le chlorure calcique en demande douze.

En conclusion, on peut considérer le résidu salin étudié comme étant relativement peu hygroscopique par rapport au chlorure calcique de référence.

TABLEAU VIII.

Quantité d'eau retenue en % du poids de départ.

Exposition à l'air contenant en moyenne 4,0 g d'eau/kg (degré hygrométrique moyen 90 %).

Durée de l'exposition heures	Chlorure calcique	Résidu salin
2	9,2	2,2
4	16,3	3,7
7,5	27,1	6,1
23	65,0	16,2
26	71,5	17,9
52	125,0	32,2
71	163,0	45,3
100	173,0	48,2

TABLEAU IX.

Quantité d'eau retenue en % du poids de départ
Échantillons placés dans l'étuve réglée à 105°C.

Durée de l'exposition minutes	Chlorure calcique	Résidu salin
35	126,0	10,000
65	84,7	3,40
135	46,4	1,20
270	22,9	0,65
370	14,7	0,38
1.020	— 2,5*	— 0,04
1.340	— 3,1	— 0,25
2.765	— 2,9	— 0,39
3.900	— 2,9	— 0,46

* Les valeurs négatives prouvent simplement que la dessiccation préalable n'a pas été complète.

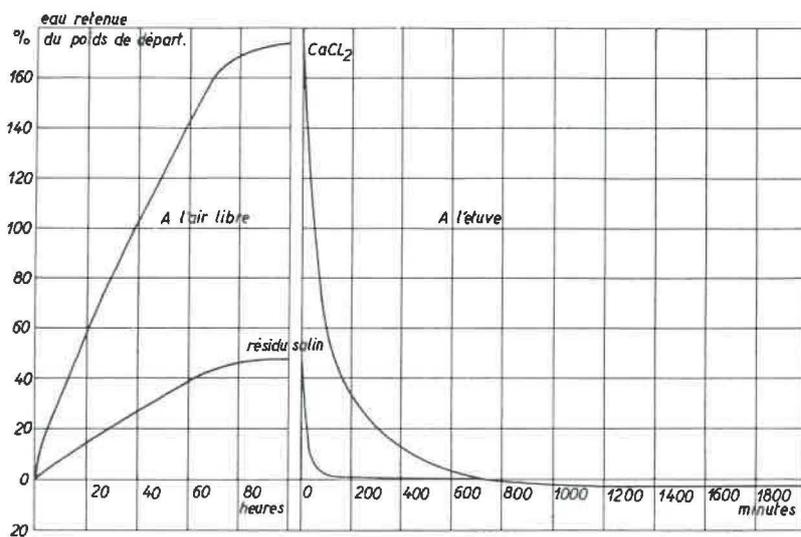


Fig. 11.

Fig. 12.

c) Etudes des agents mouillants.

Le nombre d'agents mouillants présentés sur le marché ne faisant que croître et leurs propriétés variant beaucoup d'un produit à l'autre, nous avons été amenés à poser certains critères auxquels ils devraient satisfaire pour être étudiés en détail à l'Institut d'Hygiène des Mines (28).

Placée dans des conditions expérimentales déjà décrites (29) (30) (31) une solution d'agent mouillant dans l'eau distillée à la concentration de 0,1 % devra posséder une tension superficielle inférieure à 35 dynes/cm et fournir une vitesse d'immersion au moins égale à 3 mg/s (norme « AM 95 »).

Au cours de l'année 1953, cinq agents mouillants ont été soumis aux essais : Pluronic F 68; Sunol; Lainopol; Mouillant S.176 et Nonic 218. Seul, le produit Nonic 218 a réuni les conditions imposées. Son étude plus détaillée a conduit aux résultats suivants, traduits graphiquement à la fig. 13 :

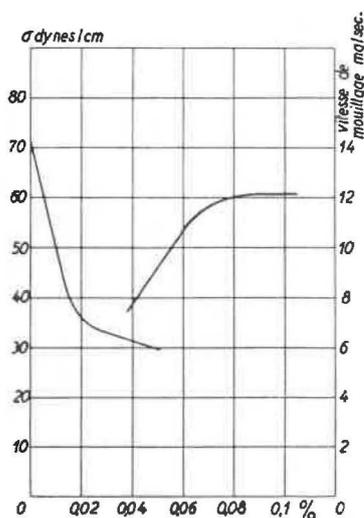


Fig. 13.

Concentration % en poids	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1
σ	35,2	33,0	29,5	30,0	30,2
v	—	x	9,2	11,7	12,2

Dans ce tableau, σ désigne la tension superficielle (dyne/cm), et v la vitesse d'immersion (mg/sec), le symbole x signifie « expérience non effectuée » et celui — correspond à un mouillage incomplet des poussières utilisées pour l'expérience.

d) Etude d'un filtre pour air comprimé.

Les compresseurs à pistons présentent l'inconvénient d'introduire dans l'air refoulé une certaine quantité de fines gouttelettes d'huile qu'il peut être nécessaire de supprimer pour des raisons d'hygiène, soit pour utiliser l'air comprimé à des fins médicales (aérosols), soit pour alimenter des masques à adduction d'air (sauvetage par exemple). L'Institut d'Hygiène des Mines a expérimenté un filtre à « bougie filtrante » de la « Schumacher'sche Fabrik, Bietigheim, Wurtemberg ». (fig. 14).

Le générateur d'air comprimé est un compresseur de 10 CV refoulant l'air sous une pression maximum de 11 kg/cm² dans un réservoir cylindrique de 500 litres. Outre les condensations qui s'opèrent lors du stockage de l'air, une autre purification est obtenue habituellement par un petit filtre à charbon actif. L'air comprimé fourni par cette installation a servi de base aux essais du filtre, l'appareil à charbon actif étant volontairement laissé saturé au départ.

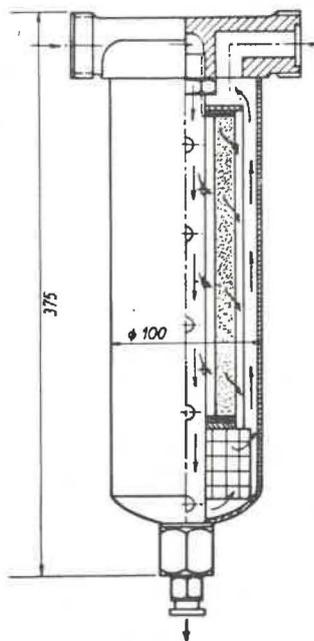


Fig. 14.

Les gouttelettes d'huile à étudier étant très fines, on a décidé d'employer comme appareil de captage le scrubber D.18.

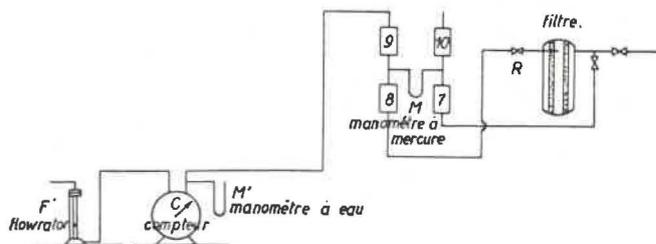


Fig. 15.

Le montage différentiel, représenté à la fig. 15, a été conçu dans le but de recueillir l'huile contenue dans l'air comprimé avec ou sans interposition du filtre. Quatre scrubbers possédant sensiblement les mêmes caractéristiques sont remplis d'eau et répartis en deux groupes de deux éléments reliés

en série afin d'améliorer le rendement de captation. La quantité d'air passant par une des branches ainsi que le débit instantané sont indiqués respectivement par le compteur C et le débitmètre à flotteur F. En réglant les vannes, on peut établir un débit égal dans les deux branches du dispositif, compte tenu des pertes de charge créées par les différents appareils insérés dans le circuit. Le tube manométrique M permet de vérifier le réglage.

La quantité d'huile captée par chaque scrubber a été déterminée par turbidimétrie. L'appareil employé est le turbidimètre « Hellige Inc. » schématisé à la fig. 16. Une cellule cylindrique C et un plon-

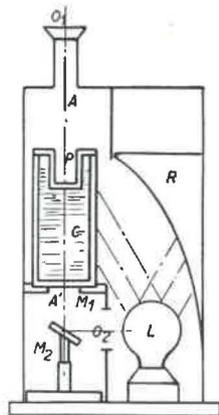


Fig. 16.

geur P délimitent un volume déterminé de la suspension liquide. Une ampoule à verre opale L et un réflecteur R éclairent la suspension et y produisent une lumière diffusée, dont l'intensité dépend

de la concentration en particules. Le support de la cellule est formé par un miroir M_1 renvoyant l'image A' d'un anneau de feutre noir A situé au bas de l'oculaire O_1 . En regardant par O_1 , on aperçoit donc cette image éclairée par la lumière diffusée. D'autre part, le centre du miroir est transparent sur une étendue correspondant à la partie intérieure à l'anneau. Par cette ouverture passe un faisceau de lumière vertical provenant de la lampe L par la fenêtre O_2 et le réflecteur opale M_2 .

Une glissière mobile, actionnée extérieurement, permet d'obturer plus ou moins complètement la fenêtre O_2 . Grâce à ce dispositif, l'observateur peut rendre égales les brillances de l'anneau et du cercle central. Une graduation conventionnelle du bouton de commande permet d'attribuer une valeur numérique à chaque réglage.

Enfin, deux filtres gris D (dark) et L (light) peuvent être introduits entre M_1 et M_2 afin d'étendre le domaine d'investigation de l'appareil.

Le turbidimètre a été étalonné au moyen de suspensions artificielles obtenues comme suit : un poids connu d'huile est introduit dans un scrubber rempli d'eau et de l'air propre y est envoyé pendant un temps comparable à la durée des expériences de captage (4 heures environ). Par décantation, on sépare l'excès d'huile de l'émulsion formée que l'on récolte en vase jaugé. Par dilution, on prépare une gamme de suspensions diversément concentrées. L'excès d'huile dans le scrubber est séché, extrait par solvant volatil, évaporé et pesé. La différence entre les deux poids d'huile permet de calculer la concentration de l'émulsion mère.

Le tableau X groupe les résultats obtenus au turbidimètre à l'aide des filtres D, L, et sans filtre (O) à partir de deux suspensions étalons différentes.

TABLEAU X.
Etalonnage du turbidimètre avec des suspensions d'huile.

Etalon n° 1				Etalon n° 2					
teneur en huile		turbidité			teneur en huile		turbidité		
mg/cm ³ d'eau		D	L	O	mg/cm ³ d'eau		D	L	O
0,242	± 0,010	190	85	40	0,168	± 0,010	190	79	36
0,121	± 0,005	126	54	26,5	0,089	± 0,005	117	50	25
0,0605	± 0,0025	76	33	17	0,0445	± 0,0025	74	31	16
0		20	11	8	0		20	11	8

Ces résultats sont portés en diagrammes aux fig. 17 et 18.

On voit que la méthode est très sensible : elle permet de déceler une teneur en huile de l'ordre de 0,05 mg/cm³ de liquide. Les expériences de con-

trôle du filtre ont été menées pendant 4 heures 13 minutes avec un débit moyen de 11,77 litres/minute. Les résultats de l'examen turbidimétrique sont consignés au tableau XI.

TABLEAU XI.
Turbidité et teneur en huile des scrubbers avec ou sans filtre interposé.

Scrubber	Turbidité			Poids d'huile (mg/50 cm ³ d'eau)			
	D	L	O	D	L	O	Moyenne
No 7	127	56	27	5,65	5,85	5,60	5,70
8	23	11	8	0,15	0,15	0,3	0,2
9	20	11	8	0	0	0	0
10	63	26	15	2,0	1,85	2,0	1,95

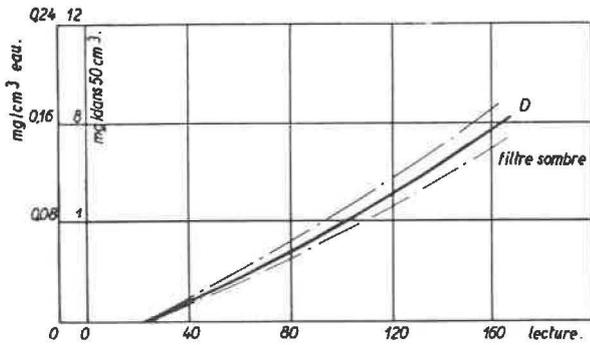


Fig. 17.

On déduit immédiatement les résultats suivants : poids d'huile recueillie dans l'air non filtré : $5,7 + 1,95 = 7,65$ mg; poids d'huile recueillie dans l'air filtré : 0,20 mg; teneur en huile de l'air non filtré : $2,54$ mg/m³; teneur en huile de l'air filtré : $0,067$ mg/m³; rendement du filtre à bougie poreuse dans les conditions expérimentales adoptées : 97,4%.

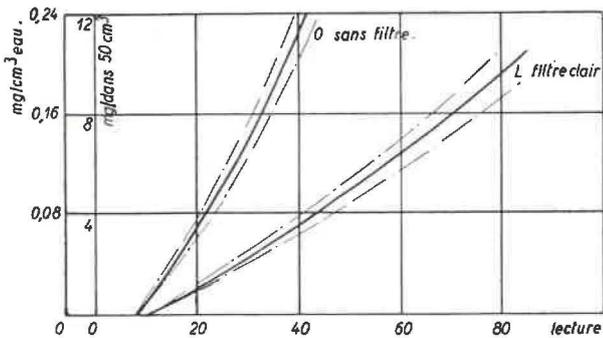


Fig. 18.

Remarquons enfin que dans ces conditions avec aérosols d'huile, le rendement du premier scrubber se montre inférieur à

$$100 \times \frac{5,7}{7,65} = 74,5 \%$$

e) Expériences de laboratoire sur les aérosols agglutinants.

mine, dans lequel des expériences systématiques devaient être faites sur les nuages de poussières et d'aérosols. Cette installation comprend :

- un générateur de poussières, conçu et mis au point par le Service Technique de l'Institut, qui, au moyen d'un éjecteur à air comprimé, souffle une quantité constante de poussières à l'intérieur d'un canar d'une longueur de 5 m et d'un diamètre de 300 mm;

- un aérosolateur de 24 becs (3 rangées de 8 becs en service simultanément ou séparément) fonctionnant à l'air comprimé et qui peut être branché à l'entrée du même canar. L'air poussiéreux, avec ou sans aérosols, homogénéisé dans cette canalisation, débouche dans une chambre de grandes dimensions (6,70 m × 2,80 m × 2 m) où il peut être examiné et prélevé par plusieurs appareils opérant simultanément. Un diffuseur placé à la sortie du canar, uniformise la répartition de l'air dans la section de prélèvement;

- un ventilateur hélicoïde « Aérex » reconnu anti-déflagrant, à commande électrique, débitant à pleine charge 2 m³ d'air par seconde sous une dépression de 40 mm H₂O et permettant de réaliser ainsi dans le tronçon de galerie des écoulements d'air comparables à ce que nous rencontrons le plus souvent dans les mines (longueur du tronçon : 4 m);

- un filtre S.E.M. à tôles de choc huilées, placé entre la sortie de la chambre et l'aspiration du ventilateur, prévu pour ne pas trop polluer l'atmosphère au refoulement du ventilateur.

β) Essais d'agglutination des poussières par aérosols de NaCl.

Nos premières expériences ont été faites en réalisant un faible débit dans le double but d'obtenir une forte concentration en poussières (charbonneuses) et d'avoir une petite vitesse d'écoulement de l'air au voisinage des appareils de mesure (débit d'air 120 m³/heure, section du tunnel 2,4 m²).

Un empoussiérage de l'ordre de 40.000 particules par cm³ a pu être maintenu constant pendant les expériences; ces particules prélevées au précipitateur thermique, sont dénombrées au-dessus de $0,2 \mu$ au moyen d'un micro-projecteur au grossissement 1.000 x (particules isolées + particules associées formant des agrégats).

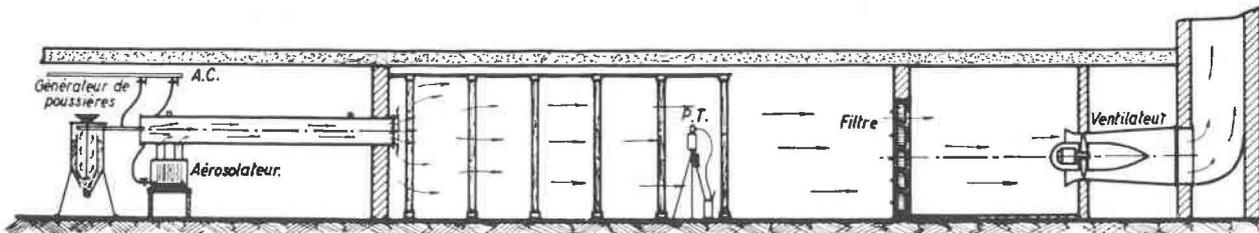


Fig. 19.

α) Chambre à poussières (fig. 19).

Dans ces mêmes colonnes, nous annonçons l'an dernier (2) l'installation d'une chambre à poussières pouvant reproduire un tronçon de galerie de

De nombreuses mesures de contrôle faites au tyndalloscope au même endroit nous avaient montré que, pour le même réglage du générateur de poussières, l'empoussiérage restait constant plus

d'une heure, même avec un débit d'air de 0,750 m³/seconde dans le tunnel.

Pour un réglage donné du générateur de poussières, nous avons obtenu *sans aérosols* : 9.340 particules isolées par cm³ et 3.960 agrégats naturels par cm³ (humidité absolue de l'air : 12,97 g/kg, humidité relative : 75 %).

TABLEAU XII.

Empoussiéragé sans aérosols (particules/cm³)

Classes	Particules isolées	Agrégats naturels
> 5 μ	—	1.130
5 — 3 μ	—	420
3 — 1 μ	1.130	1.700
1 — 0,5 μ	3.820	710
0,5 — 0,2 μ	4.390	—

Après élimination de ces poussières, nous avons dissipé dans le même courant d'air un nuage d'aérosols agglutinants de NaCl à 1 % en maintenant à 4 kg/cm² la pression d'air comprimé alimentant l'appareil et en ne faisant fonctionner que 8 becs. Notre appareil D.24 travaille ainsi comme l'appareil D.23 (tous deux du Prof. Dautrebande) qui ont été étudiés l'un et l'autre au Silikose-Forschungsinstitut de Bochum (32). La courbe de distribution des aérosols issus de notre appareil (fig. 20) est d'ailleurs extraite de cet ouvrage, le nombre de particules par cm³ d'air à la sortie de l'aérosolateur étant de l'ordre de 1.385.10⁸ pour un débit d'air de 147 litres/minute.

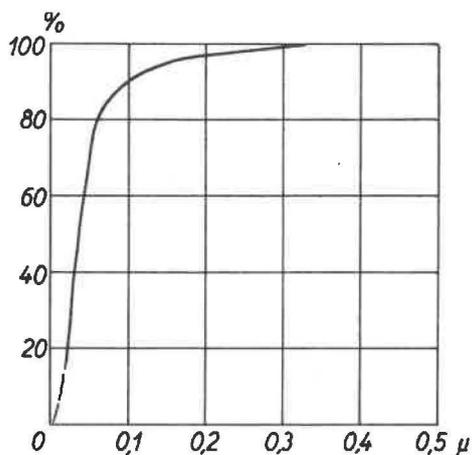


Fig. 20.

Après émission des aérosols seuls durant 4 minutes, nous avons remis en marche le générateur de poussières réglé de façon identique et après 5 minutes de fonctionnement simultané de l'aérosolateur et du distributeur de poussières, nous avons trouvé :

TABLEAU XIII.

Empoussiéragé avec aérosols (particules/cm³)

Classes	Particules isolées	Agrégats
> 5 μ	—	1.130
5 — 3 μ	—	1.700
3 — 1 μ	1.420	5.660
1 — 0,5 μ	4.530	—
0,5 — 0,2 μ	2.550	—

Les courbes a et b de la fig. 21 traduisent graphiquement la répartition granulométrique de cet air poussiéreux :

courbe a : poussières sans aérosols,
courbe b : poussières avec aérosols.

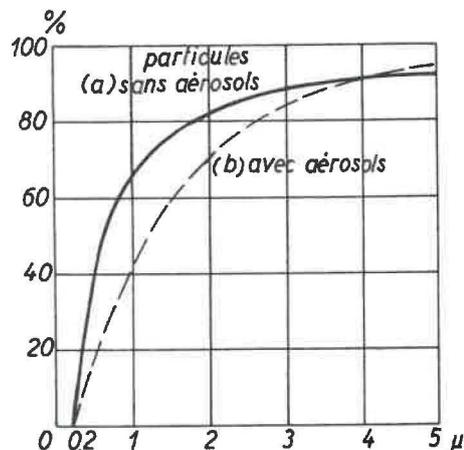


Fig. 21.

Le pourcentage de répartition est d'ailleurs repris ci-dessous :

TABLEAU XIV.

Pourcentage des particules avec ou sans aérosols.

Classes	Poussières isolées + agrégats naturels sans aérosols	Poussières isolées + agrégats, avec aérosols
> 5 μ	8,5	6,6
5 — 3 μ	3,2	10,0
3 — 1 μ	21,3	41,6
1 — 0,5 μ	34,0	26,6
0,5 — 0,2 μ	33,0	15,2

On constate d'emblée que les aérosols entraînent une diminution des pourcentages de l'ensemble « particules + aérosols » dans les classes 0,5 — 0,2 μ et 1 — 0,5 μ et une augmentation dans les classes 3 — 1 μ et 5 — 3 μ. Manifestement, il y a eu formation d'agrégats à partir des particules plus petites que 1 micron mais nous n'avons pas trouvé d'agrégats supplémentaires plus grands que 5 microns.

L'intégration graphique des courbes a et b entre les limites 0,2 et 5 μ nous conduit à admettre un accroissement du diamètre moyen des particules de 0,95 μ à 1,5 μ .

Il est important de noter que ces résultats ont été obtenus avec des poussières charbonneuses dont la courbe granulométrique est semblable à ce que nous obtenons le plus souvent à la sortie d'air des chantiers d'abattage, mais dont la concentration initiale est anormalement forte, élément favorable à l'agglutination (53). De plus, s'il est admis que les particules de charbon, inférieures à 5 microns, agissent plus par leur masse dans la genèse de l'antracosis de l'ouvrier abatteur, la formation d'agrégats de 1 à 3 microns à partir des poussières submicroniques n'est pas de nature à diminuer la nocivité de cet air poussiéreux.

D'autres investigations sont en cours pour déceler l'influence de la vitesse du courant d'air et de la concentration initiale sur l'effet d'agglutination.

2. — Ventilation et climatisation des mines profondes.

A. Etude de la ventilation par analogie électrique.

Nous avons développé l'an dernier (2) les principes que nous avons adoptés en ce qui concerne l'étude de la ventilation par analogie électrique. Pendant l'exercice 1953, on a procédé au montage du tableau de résistances et de ses appareils de contrôle. Le tableau proprement dit consiste en un ensemble de 72 éléments représentant chacun un tronçon de galerie parcouru par un débit d'air constant. Parmi ces 72 éléments, 36 sont prévus pour les tronçons à débits d'air importants; une étude statistique a permis d'établir que les résistances ohmiques représentant de tels tronçons devaient être réglables entre des valeurs extrêmes présentant un rapport de l'ordre de 200. Pour rendre le réglage précis, nous avons constitué chaque élément par un jeu de résistances ajustables par échelon au moyen d'un combinatoire rotatif et entre les échelons au moyen d'un rhéostat circulaire à curseur.

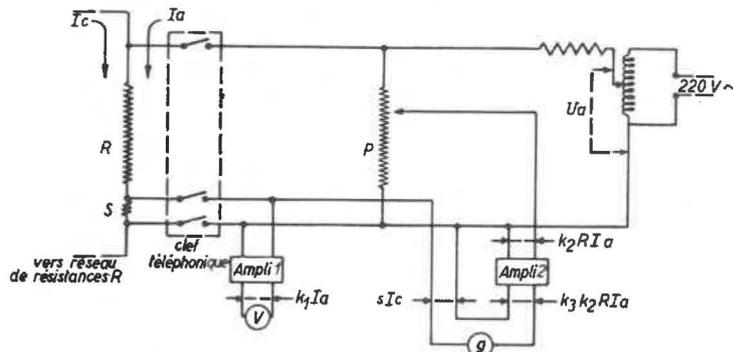


Fig. 22.

Les 36 autres éléments sont construits suivant le même principe, mais ils sont prévus pour des courants plus faibles, représentant les débits d'air les plus petits que l'on rencontre dans les travaux

miniers. Une étude statistique a de nouveau permis de prévoir quelles étaient les résistances extrêmes correspondant à ces débits plus faibles. Les deux types d'éléments couvrent ensemble des résistances ohmiques variant dans un rapport de 1 à 3.500 et les débits extrêmes mesurables avec une précision d'au moins 10 % et d'au plus 1 %, sont dans le rapport de 1 à 200. Les 1.224 résistances fixes constituant le tableau ont été individuellement réglées à 1 % près. Les extrémités des 72 circuits sont accessibles à la partie inférieure du tableau, où l'on établit les connexions en fonction du réseau minier à représenter. Des bornes spéciales permettent de disposer de sources de tension indépendantes fixes réalisées au moyen de batteries et représentant les ventilateurs ou les forces aéromotrices dues à l'aériage naturel. On a en outre prévu la possibilité d'incorporer des sources de tension continues finement réglables.

La tension aux bornes et le courant peuvent être lus sur les instruments d'un pupitre de commande en appuyant sur le levier de la clef téléphonique dont chaque élément est muni.

Le matériel que nous venons de décrire permet la résolution des problèmes par la « méthode de Scott » que nous avons exposée dans ces colonnes l'année dernière et qui implique certains calculs (2).

Nous avons cependant complété ce dispositif par un pupitre de commande qui permet de régler chaque résistance individuellement, de façon que le rapport R/I de sa valeur ohmique au courant I qui la traverse ait une valeur donnée. On se souviendra en effet que le rapport R/I constitue pour chaque élément la donnée que l'on déduit après transposition électrique du coefficient de résistance aérodynamique. Le schéma de la fig. 22 représente le montage électronique utilisé à cette fin.

Soit à régler l'élément R , inséré dans un réseau qui lui envoie un courant continu I_c . En fermant la clef téléphonique, nous fermons un circuit à haute impédance, comportant une source de tension alternative réglable U_a , qui envoie dans R un courant alternatif I_a ; ce courant superposé au courant continu peut être mesuré indépendamment de celui-ci grâce à l'amplificateur 1, dont sort un signal

continu $k_1 I_a$ proportionnel au courant I_a . En même temps, une fraction réglable ($k_2 R I_a$) de la chute de tension alternative aux bornes de R est envoyée dans un deuxième amplificateur, d'où sort une ten-

sion continue proportionnelle, soit $k_2 k_3 R I_a$. Le galvanomètre Deprez d'Arsonval G permet de comparer cette tension à la tension continue $s I_c$. On modifie la résistance jusqu'à ce que ce galvanomètre soit au zéro. A ce moment, on a :

$$s I_c = k_2 k_3 R I_a \text{ d'où } \frac{R}{I_c} = \frac{s}{k_2 k_3 I_a}$$

Il suffit que le courant I_a , réglable par U_a et contrôlé par l'amplificateur 1 soit convenablement réglé pour que le rapport R/I ait à ce moment la valeur désirée. La variation du facteur k_2 obtenue par action sur le potentiomètre P permet de modifier l'échelle de mesure. La mise en marche de ce système a cependant demandé de nombreux réglages et étalonnages qui ont occupé les derniers mois de l'année 1953.

En vue de réduire les données relatives aux pertes de charge des puits et galeries qui sont indispensables à la résolution des problèmes qui nous seront posés et que les charbonnages ne possèdent généralement pas, nous avons entrepris de rassembler une documentation à ce sujet. Les expériences antérieures de l'Institut d'Hygiène des Mines sur les pertes de charge dans les puits (34) (35) et les données publiées dans la littérature, notamment les abaques du National Coal Board (36), constituent le point de départ de cette documentation.

B. Installations de réfrigération des chantiers souterrains.

a) Projets d'installations nouvelles.

Après le Charbonnage de Zwartberg, dont l'installation frigorifique de surface a démarré au cours de cette année et les Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis, dont l'installation climatique a fait l'objet d'essais détaillés relatés ci-après, les Charbonnages André Dumont ont décidé de passer à la réfrigération de leurs travaux souterrains à l'étage de 1.040 m. Dans un premier stade, le nombre relativement réduit de chantiers en exploitation permet d'envisager la production du froid au moyen d'une machine frigorifique souterraine. Cette solution profite d'une circonstance particulière favorable, à savoir la possibilité d'assurer la condensation et l'évacuation des calories soustraites du courant d'air au moyen d'eau d'exhaure provenant du puits et des chantiers. On évite ainsi la sujétion du transport des frigories au moyen d'un circuit fermé d'eau ou de saumure dont la partie inférieure est sous une pression de plus de 100 atmosphères. Cet avantage est surtout important lorsqu'il s'agit de puissances frigorifiques moyennes (de l'ordre de 500.000 frigories/heure) car les pertes et dégradation d'énergie qui se produisent pendant le transport prennent alors une importance relative plus grande.

Après s'être préoccupés de la puissance frigorifique à prévoir dans le cas considéré, les techniciens de l'Institut d'Hygiène des Mines ont procédé, en collaboration avec les services compétents des charbonnages, à une comparaison détaillée

des solutions comportant soit une machine frigorifique *au fond* avec condensation par l'eau d'exhaure, soit une machine *en surface*, un circuit fermé de saumure circulant entre le jour et l'étage de 1.040 m, grâce à deux tuyauteries calorifugées disposées dans le puits et un échangeur de chaleur eau-saumure permettant d'envoyer vers les travaux de l'eau froide sous basse pression. Économiquement parlant, la comparaison se solde nettement en faveur de la machine souterraine. Celle-ci a été commandée et se trouve déjà actuellement à pied d'œuvre.

Cependant, l'extension ultérieure des travaux à l'étage de 1.040 m des Charbonnages André Dumont augmentera les besoins frigorifiques jusqu'à une valeur que l'on a pu estimer à environ 2.500.000 frigories/heure. Comme la puissance de la première installation est limitée par le débit et la température de l'eau d'exhaure, l'évacuation de la chaleur soustraite au courant d'air avant les chantiers ne peut plus se faire que par l'un des deux procédés suivants :

1) cette chaleur peut être restituée au courant d'air revenant des chantiers, grâce à une tour de réfrigération souterraine analogue aux réfrigérants atmosphériques des centrales thermo-électriques. Cette solution suppose une salle de machines souterraine. Si elle supprime les tuyauteries dans le puits, elle implique une température de condensation élevée et par conséquent une très grande consommation d'énergie électrique; d'autre part, la décompression de l'air saturé et chaud dans le puits de retour y provoque un ruissellement d'eau qui accroît indirectement la puissance d'exhaure et aggrave encore la consommation d'énergie requise. Cette solution, classique dans les mines d'or d'Afrique du Sud, présenterait chez nous des inconvénients pratiques évidents.

2) L'évacuation de la chaleur soustraite au courant d'air peut encore se faire au moyen d'un circuit fermé impliquant la circulation d'eau ou de saumure dans deux tuyaux disposés dans le puits. Cette solution comporte encore comme variantes :

α) la disposition des machines au fond; l'eau circulant dans le puits est alors l'eau de condensation et le condenseur doit être prévu pour résister à sa haute pression;

β) la disposition des machines en surface; dans ce cas, c'est l'eau ou la saumure froide qui circule dans le puits.

On évitera la circulation de ce fluide sous haute pression dans les travaux, grâce à une turbine Pelton récupérant l'énergie potentielle du fluide froid et à une pompe d'exhaure la restituant au fluide réchauffé. Ou bien on utilisera un échangeur disposé au fond et transmettant les frigories d'un fluide à haute pression à de l'eau à basse pression; pour que cette dernière puisse être refroidie suffisamment, il convient que le fluide à haute pression soit de la saumure arrivant à $-5 \dots -6^\circ\text{C}$.

Les variantes α et β sont à peu près équivalentes au point de vue de la consommation d'énergie des machines frigorifiques. Lorsqu'on utilise un échan-

geur au fond et un circuit primaire de saumure, l'abaissement des températures d'évaporation diminue le rendement des machines frigorifiques, mais par ailleurs supprime la puissance d'appoint à fournir à l'arbre du groupe Pelton-pompe d'exhaure. C'est pourquoi, suivant les circonstances, l'une ou l'autre solution peut être la plus avantageuse. La profondeur de l'étage à climatiser est à cet égard un facteur déterminant : à profondeur croissante, le groupe roue Pelton-pompe est de moins en moins économique. A la profondeur de 1.040 m, les deux solutions paraissent sensiblement équivalentes; une étude en cours permettra de dégager définitivement la méthode la plus avantageuse.

Les considérations précédentes se rapportent à la production et au transport des frigories; d'autres problèmes subsistent en ce qui concerne les modalités de réfrigération de l'air des chantiers. La production du froid sur place est exclue pour des raisons d'encombrement et d'économie; on a eu recours jusqu'à présent à des échangeurs eau/air disposés à proximité du pied de taille. Les premiers appareils expérimentés étaient relativement encombrants et nécessitaient un filtrage de l'air qui s'avérait en pratique inefficace. Une première amélioration possible consistait à remplacer le filtrage mécanique par un lavage; ce lavage se fait le plus économiquement au moyen de l'eau soustraite à l'air pendant son refroidissement, reprise au moyen d'une pompe spéciale d'arrosage et éventuellement additionnée d'une certaine quantité d'eau prélevée à l'échangeur pour éviter les formations de boues trop denses. Un échangeur fonctionnant suivant ce principe a été livré au Charbonnage de Zwartberg, qui l'a mis récemment en service. Une solution plus avancée encore consiste à réaliser le lavage sur les tubes mêmes de l'échangeur, qui sont alors obligatoirement lisses et verticaux. Le fait que la surface des tubes soit complètement mouillée, améliore le coefficient d'échange et permet de réduire l'encombrement de l'appareil. Par ailleurs, le profilage des tubes lisses permet d'accroître les vitesses moyennes de l'air et de réduire corrélativement les sections sans augmenter pour cela les pertes de charge. C'est ce type de construction résultant de contacts suivis avec les constructeurs, qui semble devoir s'imposer pour les échangeurs du pied de taille. Par ailleurs, l'Institut d'Hygiène des Mines suit de près les essais actuellement en cours en Belgique et à l'étranger en vue de réfrigérer l'air au moins en partie dans les chantiers mêmes, bien que les difficultés y soient encore plus grandes.

b) Essais de l'installation des Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis.

A côté des études et des projets que nous venons d'esquisser, l'Institut d'Hygiène des Mines s'est occupé également de contrôler le plus rigoureusement possible l'efficacité et les conditions optima de fonctionnement des installations existantes. C'est ainsi que l'installation de conditionnement de l'air construite en surface pour les Charbonnages du

Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis a fait l'objet d'essais très complets.

La puissance mécanique fournie à l'arbre de chaque compresseur a été mesurée de façon précise ainsi que la production frigorifique horaire des divers étages, pour différentes températures d'évaporation.

A partir de ces résultats, nous avons pu calculer la puissance frigorifique spécifique et la comparer à celle obtenue dans le cas d'un cycle de Carnot. La puissance frigorifique spécifique vaut en général :

$$632 \times \eta_c \times \frac{T_{ev}}{T_c - T_{ev}} \text{ frig./CVh}$$

T_{ev} et T_c désignant les températures absolues d'évaporation et de condensation et η_c le rendement par rapport au cycle de Carnot. Pour les compresseurs considérés, on a trouvé :

$\eta_c = 0,76$ pour une temp. d'évaporation de 5°C ,
 $\eta_c = 0,71$ pour une temp. d'évaporation de 0°C ,
 $\eta_c = 0,66$ pour une temp. d'évaporation de -5°C ,
 et pour t_c valant 30 à 35°C .

A mesure que la température d'évaporation s'abaisse, on a constaté non seulement une baisse du rendement η_c , mais aussi une diminution de la production horaire de frigories; pour des machines déterminées, cette production varie de façon pratiquement linéaire depuis 1.100.000 frig./h à $+5^\circ\text{C}$ jusqu'à 725.000 frig./h à -5°C .

Cette situation fait mieux comprendre pourquoi l'abaissement des températures de l'agent de transport des frigories (inhérent par exemple à l'emploi d'une saumure et d'un échangeur haute pression/basse pression) a sur l'économie de l'installation frigorifique une influence plus grande qu'il ne paraît à première vue, en considérant seulement le cycle de Carnot.

Les phénomènes observés sont explicables à la lumière de l'analyse des courbes relevées au moyen de l'indicateur de Watt au cours des essais. En transposant ces courbes sur le diagramme entropique (T,S) de l'ammoniac, on constate que la température de ce fluide en fin d'aspiration est nettement supérieure à la température d'évaporation. Le réchauffage qui se produit avant compression est d'autant plus important que l'ammoniac gazeux aspiré est plus froid : l'augmentation correspondante de son volume spécifique réduit le poids d'ammoniac aspiré, la production frigorifique et le rendement indiqué. Ce réchauffage est particulièrement élevé dans le cas des compresseurs «à flux continu» parce que l'ammoniac aspiré à travers le piston reste relativement longtemps en contact avec les parties chaudes de la machine.

Les essais que nous avons effectués ont encore permis de contrôler les coefficients de transmission calorifique des évaporateurs et de montrer l'inté-

rét d'un réglage correct du niveau de l'ammoniac. En ce qui concerne les condenseurs, qui sont du type à ruissellement, avec nappes de tubes horizontaux, on a pu mettre en évidence l'influence du débit d'arrosage, de l'état hygrométrique de l'air et de la vitesse du vent sur la température de condensation. On a constaté notamment que la réduction du débit d'arrosage de 325 m³/h à 260 m³/h provoque, à charge constante, un accroissement de l'écart entre les températures de l'ammoniac et de l'eau approximativement dans le rapport 325/260. On a constaté en outre que les condenseurs des machines travaillant sous une température d'évaporation relativement élevée étaient surchargés; cela se comprend aisément puisque la puissance frigorifique de ces machines est beaucoup plus élevée que celle des derniers étages et que toutes les calories soustraites à la saumure dans les évaporateurs se retrouvent dans les condenseurs.

Les essais ont encore porté sur la batterie de réfrigération de l'air en surface. En rapportant l'action calorifique horaire à l'écart moyen de température entre l'air et l'agent réfrigérant, on constate que ce rapport varie assez largement avec l'humidité relative de l'air à l'entrée. Comme nous l'avons souligné à propos des conditionneurs d'air à placer près des tailles, cela provient de ce que les échanges calorifiques sont beaucoup plus actifs lorsque la surface de transmission est complètement mouillée; or la fraction de l'échangeur dont les tubes sont mouillés par condensation d'humidité atmosphérique est d'autant plus grande que l'air est initialement plus proche de la saturation.

C. Travaux dans le domaine de la thermique minière.

Au cours de l'année, des mesures ont été effectuées dans le but d'établir le bilan thermique de deux chantiers d'abatage ouverts dans la même couche et compris entre les mêmes niveaux dans un charbonnage du sud du pays.

Les mesures des températures sèches, températures humides, pressions barométriques, débits d'air, ont été faites de mois en mois, aux trois postes : de 10 à 12 heures, de 18 à 20 heures, de 2 à 4 heures, c'est-à-dire aux moments où l'activité du poste est la plus intense. Les stations de mesures ont été :

- la surface à l'orifice du puits d'entrée : avant et après descente,
- l'accrochage, au niveau du bouveau d'entrée d'air,
- la recoupe de la couche sur le bouveau d'entrée d'air,
- les pieds et têtes des deux tailles.

1) *L'état moyen annuel de l'air de ventilation* est caractérisé par les chiffres inscrits dans le tableau XV; nous indiquons par après sommairement les valeurs moyennes des échanges calorifiques dans les deux tailles et dans les deux costresses, ainsi que les bilans de l'eau évaporée.

Une étude plus approfondie de ces relevés est en cours et sera incluse dans une communication future de l'Institut d'Hygiène des Mines.

2) *Echanges globaux dans la taille Nord* (production brute 350 tonnes).

Les calories cédées à l'air de ventilation entre pied et tête de taille sont : 107.580 kcal/heure en moyenne pour un débit d'air moyen de 7.220 kg par sec; la quantité moyenne d'eau évaporée entre pied et tête de taille atteignant 136.310 kg/heure.

Les valeurs journalières extrêmes sont :

débit d'air en volume en tête de taille :	4,280 à 6,730 m ³ /sec
poinds spécifique de l'air en tête de taille :	1,248 à 1,297 kg/m ³
débit d'air en poinds (sans correction d'air comprimé) :	5,540 à 8,620 kg/sec
échange calorifique global	71.790 à 157.040 kcal/heure
eau évaporée	88,400 à 205,200 kg/heure

3) *Echanges globaux dans la costresse Nord* (longueur passant de 800 à 950 m).

Calories cédées à l'air de ventilation :	moyenne : 126.440 kcal/h
(action des parois, oxydation du charbon, etc...)	
Quantité d'eau évaporée :	moyenne : 153.740 kg/heure

4) *Echanges globaux dans la taille Midi* (production brute : 315 tonnes)

Calories cédées à l'air de ventilation :	moyenne : 146.920 kcal/heure
Débit d'air moyen	9.530 kg/sec
Quantité d'eau évaporée :	moyenne 220,30 kg/heure
Les valeurs extrêmes journalières sont :	
débit d'air en volume, en tête de taille :	5,750 à 10,150 m ³ /sec
poinds spécifique de l'air en tête de taille :	1,243 à 1,296 kg/m ³
débit d'air en poinds (sans correction d'air comprimé) :	7,260 à 12,650 kg/sec
échange calorifique global	86.880 à 218.470 kcal/heure
eau évaporée :	127,870 à 328,250 kg/heure

5) *Echanges globaux dans la costresse Midi* (longueur passant de 1.000 à 1.250 m)

calories cédées à l'air de ventilation :	moyenne : 153.530 kcal/heure
quantité d'eau évaporée :	moyenne : 135,690 kg/heure

Nous tenons à faire remarquer la part importante prise par la « chaleur humide » dans les conditions atmosphériques régnant au pied des chantiers. Bien qu'il y ait un écart assez sensible entre les températures sèches au pied des tailles, on constate cependant que l'enthalpie ou chaleur totale est la

TABLEAU XV.

Etat moyen annuel de l'air de ventilation.

	Orifice du puits	Envoyage	Recoupe	Pied Nord	Tête Nord	Pied Midi	Tête Midi
Tempér. sèche °C							
moyenne	11,1	20,1	23,2	28,5	31,7	31,7	33,1
maximum	29,2	27,2	28,0	30,0	33,7	34,2	35,5
minimum	0	14,5	18,4	26,5	30,0	30,0	31,2
Tempér. humide °C							
moyenne	8,9	17,5	19,8	25,7	29,5	25,4	29,5
maximum	23,0	24,8	25,5	28,5	31,8	28,5	31,5
minimum	0	13,5	16,4	23,0	27,5	23,5	26,7
Degré hygrométrique							
moyen	0,78	0,77	0,73	0,81	0,85	0,59	0,76
maximum	1,00	0,95	0,87	0,91	0,96	0,80	0,85
minimum	0,28	0,62	0,61	0,71	0,70	0,48	0,58
Humid. absol. g/kg							
moyenne	6,62	10,27	11,72	17,70	22,99	15,80	22,35
maximum	15,13	16,95	17,70	21,92	26,98	20,87	25,78
minimum	3,42	7,89	8,91	14,29	19,02	12,62	17,88
Enthalpie de l'air kcal/kg							
moyenne	6,68	11,06	12,70	17,61	21,71	17,31	21,67
maximum	16,28	16,89	17,54	20,62	24,65	20,54	24,24
minimum	2,22	8,37	10,14	15,09	19,35	15,43	18,45

même malgré le parcours plus long que l'air doit suivre avant d'arriver au bas de la taille Midi (1,125 m au lieu de 875 m). Cette situation favorable pour la taille Midi est uniquement due à la quantité moindre d'eau ruisselant sur les parois de la costresse Midi, ce qui a pour effet de provoquer un accroissement moindre d'humidité absolue entre recoupe et pied de taille.

Les caractéristiques de l'air ont été calculées pour chaque poste et pour chaque série de mesures; les moyennes indiquées résultent donc de 72 déterminations faites à toutes les stations de mesure du fond, de décembre 1952 à novembre 1953.

III. — Enquêtes, documentation et conférences.

A la demande du Conseil d'Administration de l'Institut d'Hygiène des Mines, les Associations Charbonnières ont fait un gros effort pour mieux faire connaître notre organisme aux ouvriers mineurs. Nous avons ainsi reçu à Hasselt les Conseils d'Entreprises ou les Comités de Sécurité et d'Hygiène d'une vingtaine de charbonnages. Tous ces délégués ont consacré une journée à la visite de l'Institut où ils ont eu l'occasion de se rendre compte de l'activité de la Section Médicale et de la Section Technique. Ils assistèrent également à la projection du film « Combat avec l'ombre » réalisé en majeure partie à l'Institut d'Hygiène des Mines. Ces réunions ont permis d'attirer l'attention

des ouvriers mineurs sur l'intérêt primordial que l'on doit accorder à la lutte contre les poussières.

Dans le même ordre d'idées, une conférence de presse fut organisée à l'Institut d'Hygiène des Mines. Cette réunion fut présidée par M. P. Delville, Président du Conseil d'Administration. Quinze journaux d'expression française et dix journaux d'expression flamande s'étaient fait représenter. Les participants reçurent toutes les explications nécessaires sur l'orientation de nos travaux.

Trois journées d'études ont été consacrées à la réunion à Hasselt des médecins embaucheurs et des radiologues des charbonnages du pays. Au cours de ces séances, le Dr. Van Mechelen a parlé du rôle du médecin de charbonnage dans la lutte contre les pneumoconioses, le Dr. Lavenne a exposé l'utilité et la signification des épreuves fonctionnelles cardio-pulmonaires chez l'ouvrier mineur, tandis que le Dr. Belayew traitait du diagnostic radiologique des pneumoconioses. Certains participants avaient apporté des clichés radiographiques d'interprétation difficile, qui firent l'objet d'une discussion en commun.

Le Directeur, les ingénieurs et les médecins de l'Institut ont participé à diverses réunions scientifiques en Belgique et à l'étranger.

Le Dr. Belayew a publié, sous la Communication n° 104, un rapport sur le Congrès des Pneumoco-

TABLEAU XVII.

Développement des tailles et des voies auxquelles sont appliqués des traitements humides (1-1-1954).

A. Longueur des tailles régulièrement traitées (m).

Bassins administratifs	Campine		Centre		Charleroi		Liège		Mons		Ensemble	
	1953	1954	1953	1954	1953	1954	1953	1954	1953	1954	1953	1954
Années de référence												
Longueur totale des fronts déhouillés (m)	—	19.695	—	14.497	—	34.598	—	25.298	—	15.688	—	109.776
I. Traitements appliqués au point de formation des poussières.												
1. Arrosage des fronts	4.607	3.788	—	598	1.000	1.065	710	150	150	140	6.467	5.741
2. Injection en veine	5.774	6.786	1.910	1.978	774	583	635	860	2.245	1.563	11.338	11.770
3. Havage humide	3.015	3.448	90	100	—	—	630	440	—	—	3.735	3.988
4. Marteaux à pulvérisation	4.108	5.279	1.590	2.372	3.060	3.027	2.420	1.810	150	568	12.228	13.056
Longueur traitée	17.504	19.301	3.590	5.048	5.734	4.675	4.395	3.260	2.548	2.271	33.768	34.555
II. Moyens de lutte contre les poussières en suspension dans l'air.												
1. Pulvérisateurs dans les couloirs d'évacuation	—	183	—	2.592	—	4.650	—	1.520	—	1.549	—	10.494
2. Pulvérisateurs en dehors des couloirs	—	2.894	—	80	—	700	—	470	—	1.850	—	5.994
Longueur traitée	—	3.077	—	2.672	—	5.350	—	1.990	—	3.399	—	16.488
Longueur totale des fronts traités ...	—	22.378*	—	7.720	—	10.025	—	5.250	—	5.670	—	51.043

* La longueur des fronts traités dépasse celle des fronts déhouillés. Le havage humide n'est pratiquement jamais utilisé seul; de même les marteaux piqueurs à pulvérisation sont utilisés dans un charbonnage sur plus de 1.000 m de fronts où l'on pratique également l'injection d'eau en veine.

B. Longueur des voies régulièrement traitées (m).

Bassins administratifs	Campine		Centre		Charleroi		Liège		Mons		Ensemble	
	1953	1954	1953	1954	1953	1954	1953	1954	1953	1954	1953	1954
Années de référence												
1. Sels hygroscopiques	17.175	17.485	1.550	2.397	12.050	19.640	13.295	16.745	5.800	12.800	49.870	69.067
2. Arrosage	130.998	181.284	2.420	2.203	7.840	18.730	21.075	8.539	3.150	3.550	165.483	214.306
	148.173	198.769	3.970	4.600	19.890	38.370	34.370	25.284	8.950	16.350	215.353	283.373

nioses qui s'est tenu à Bochum les 29 et 30 septembre 1952 (37).

Le Directeur et le Dr. Lavenne ont été invités en qualité de conférenciers aux Journées d'Études des Centrales de Sauvetage de Belgique qui se sont tenues à Liège le 4 mai 1953. Le Directeur y parla de l'effort des charbonnages belges en vue de l'amélioration du climat souterrain (38), tandis que le Dr. Lavenne y exposait les répercussions sur l'homme du travail aux hautes températures (4).

Le Dr. Lavenne a également participé aux Journées Françaises de Médecine du Travail, qui se sont tenues à Bordeaux les 7 et 8 mai. Notre collaborateur a résumé dans la Communication n° 107 les rapports présentés au cours de ces journées (39).

Le Directeur et un ingénieur de l'Institut ont participé le 26 septembre 1953 à Lille à un colloque sur l'unification des mesures de l'empoussié-
rage dans les chantiers souterrains.

Le Directeur et le Médecin en Chef de l'Institut ont assisté au Congrès des Pneumoconioses qui s'est tenu à Münster du 2 au 4 novembre 1953.

Le Dr. Van Mechelen a été désigné comme expert du Gouvernement belge à la Commission médicale pour la sélection des migrants, qui s'est tenue à Genève du 8 au 12 décembre 1953.

Le Directeur a publié en collaboration avec MM. Demelenne et Stassen un rapport sur les réunions des experts en matière de prévention et de suppression des poussières dans les mines, les galeries et les carrières, tenues à Genève en décembre 1952 (22).

Il publia en outre les résultats des réalisations et recherches de l'Institut d'Hygiène des Mines sur la réfrigération des chantiers miniers, dans le «*Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa*» (40), le «*Mining Congress Journal*» (41) et la «*Revue de l'Industrie Minérale*» (42). Des tirés à part furent trans-

mis sous forme de communications hors série à tous les charbonnages belges et aux centres d'études étrangers.

Notons enfin une mise au point du Dr. Lavenne sur «*Le problème des poussières en hygiène du travail*» (43) publiée dans la «*Revue des Questions Scientifiques*».

L'Institut d'Hygiène des Mines a entretenu des relations suivies avec les centres de recherches étrangers s'occupant de problèmes similaires, tout spécialement avec les chercheurs néerlandais, les médecins et ingénieurs des Centres d'Études et Recherches des Charbonnages de France, du Silikose-Forschungsinstitut de Bochum, et du Pneumoconiosis Research Unit de Cardiff.

Deux ingénieurs et deux médecins ont effectué un stage à Hasselt afin de s'initier aux méthodes et techniques utilisées à l'Institut d'Hygiène des Mines.

La Section Médicale a publié sous la direction du Prof. Lambin cinq Bulletins de Documentation Médicale où furent analysés à l'intention des services médicaux des charbonnages 52 articles ou études traitant des maladies professionnelles des houilleurs ou de l'hygiène des chantiers souterrains. En outre, le Dr. Van Mechelen a résumé dans la Communication n° 109 les acquisitions en matière de pneumoconiose ressortant de la Conférence Internationale sur la Silicose tenue à Sydney en 1951 (44).

De son côté, le Service Technique a rédigé trois Bulletins de Documentation Technique dans lesquels 35 articles furent étudiés.

Comme chaque année, l'Institut a rassemblé des renseignements concernant l'évolution des moyens de lutte contre les poussières dans l'ensemble des charbonnages belges. Les tableaux XVI et XVII donnent un aperçu de la situation au 1^{er} janvier 1954. Le commentaire de ces statistiques paraîtra dans une de nos prochaines Communications.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1951. — A. HOUBERECHTS. - *Annales des Mines de Belgique*, 1952, t. LI, 285-312.
- (2) L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1952. — A. HOUBERECHTS. - *Annales des Mines de Belgique* 1953, t. LII, 325-360.
- (3) La réfrigération des chantiers miniers profonds en Belgique. — A. HOUBERECHTS. - *Revue des Questions Scientifiques*, 1951, t. XII, 561-585.
- (4) Les répercussions sur l'homme du travail aux hautes températures. — F. LAVENNE. - *Annales des Mines de Belgique*, 1953, t. LII, 601-605.
- (5) Épreuves fonctionnelles pulmonaires chez des houilleurs au travail. — F. LAVENNE et D. BELAYEW. - Communication n° 106 de l'Institut d'Hygiène des Mines, avril 1953, 33 p.
- (6) La spirométrie chez les silicotiques. — MATHEY. - *Le Médecin d'Usine*, 1946, t. 8, 320-324.
- (7) Sulla capacità vitale dei silicotici. — L. PARMEGGIANI. - *La Medicina del Lavoro*, 1950, t. 41, 153-165.
- (8) La place de la spirométrie dans l'expertise en matière de silicose. — M. GUILLET. - Nancy, Grandville, 1951, 106 p.

- (9) Evolution de la capacité vitale et de la ventilation maxima sous l'influence de l'âge et de la silicose. — A. HANAUT, L. RUYSSSEN et M. CARA. - Archives des Maladies Professionnelles, 1952, t. 13, 179-189.
- (10) Pulmonary insufficiency. I. Physiological classification, clinical methods of analysis. Standard values in normal subjects. — BALDWIN, COURNAND et RICHARDS. - Medicine, 1948, t. 27, 245-278.
- (11) L'aérosologie. — L. DAUTREBANDE. - Paris, Bailière, 1951, 340 p + 74 fig.
- (12) Aspects nouveaux de la lutte contre les poussières. — L. DAUTREBANDE. Bruxelles, A.I.B., 1952, 122 p + 67 fig.
- (13) Untersuchungen über das Vorkommen von Bronchialspasmen bei Bergleuten. — H. LENT. - Beiträge zur Silikose-Forschung, 1950, Heft 10, 3-16.
- (14) B. M. WRIGHT. — In book reviews. — British Journal of Industrial Medicine, 1953, t. 10, 132-134.
- (15) Enkele beschouwingen over silicose en tuberculose. — V. VAN MECHELEN. - Verhandelingen van de Koninklijke Vlaamse Academie voor Geneeskunde van België, 1953, t. XV, 27 p.
- (16) Sur la pathogénie de la silicose pulmonaire. Mode de formation du nodule silicotique. — A. POLICARD. - Presse Médicale, 1953, 61, 41-89.
- (17) L'allergie tuberculeuse chez l'homme. — CANETTI. - Paris, Flammarion, 1946.
- (18) Sporotrichosis infection in mines of the Witwatersrand. Symposium. The Transvaal Chamber of Mines, Johannesburg, 1947.
- (19) Recherches sur les micro-organismes dans l'atmosphère d'un chantier souterrain. — G. DROPSY et D. BELAYEW. — Communication n° 112 de l'Institut d'Hygiène des Mines, novembre 1953, 8 p + 3 fig.
- (20) Etude du midget impinger. — R. BILDOT et P. LEDENT. — Communication n° 67 de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1949, 22 p.
- (21) Etude du midget scrubber D. 18. — J. PATIGNY et S. CARTIGNY. — Communication n° 113 de l'Institut d'Hygiène des Mines, décembre 1953, 54 p + 22 fig. hors-texte.
- (22) La lutte contre les poussières (Réunion d'experts à Genève, déc. 1952). — A. HOUBERECHTS, E. DEMELENNE et J. STASSEN. - Annales des Mines de Belgique, 1953, t. LII, 216-235; 575-595; 809-826 + 31 fig.
- (23) Essais d'un décaleur anti-poussières pour marteau-piqueur aux Charbonnages de Houhalen. — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. - Communication n° 108 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1953, 4 p.
- (24) Le gisement du grisou et son captage industriel. — H. LAVALLEE. - Publications de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Polytechnique de Mons, 1952, t. 1, 57-70.
- (25) Contrôle de l'efficacité des masques filtrants. — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. - Communication n° 105 de l'Institut d'Hygiène des Mines, février 1953., 19 p.
- (26) Essais de masques anti-poussières (première série). — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. - Communication n° 110 de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1953, 9 p + 12 fig. hors-texte.
- (27) Essais de masques anti-poussières (deuxième série). — A. HOUBERECHTS et G. DEGUELDRE. Communication n° 111 de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1953, 9 p + 12 fig. hors-texte.
- (28) Examen comparatif de quelques nouveaux agents mouillants. Etablissement de critères concernant leur efficacité. — A. HOUBERECHTS et S. CARTIGNY. - Communication n° 95 de l'Institut d'Hygiène des Mines, mai 1952, 10 p.
- (29) Etude comparative de la tension superficielle des solutions de quelques agents mouillants. — R. BIDLOT et P. LEDENT. Communication n° 52 de l'Institut d'Hygiène des Mines, décembre 1948, 6 p.
- (30) Etude du mouillage de poussières charbonneuses par des solutions aqueuses d'agents mouillants. — R. BIDLOT et P. LEDENT. - Communication n° 66 de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1949, 8 p.
- (31) Nouveaux essais de mouillage de poussières charbonneuses par des solutions aqueuses d'agents mouillants — A. HOUBERECHTS et P. LEDENT. - Communication n° 72 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1950, 8 p.
- (32) Nouvelles recherches sur l'agglutination des poussières par aérosols. — L. DAUTREBANDE, H. BECKMANN et W. WALKENHORST. - Beiträge zur Silikose-Forschung, 1953, 5-34.
- (33) Sur l'abatage des aérosols par pulvérisation des brouillards. — A.P. AVY. - Archives des Maladies Professionnelles, 1953, t. 14, p. 342-346.
- (34) Détermination des pertes de charge dans un puits aux Charbonnages du Bois-du-Cazier. — A. HOUBERECHTS et P. LEDENT. - Communication n° 78 de l'Institut d'Hygiène des Mines, janvier 1951, 27 p.
- (35) Etude expérimentale de l'influence de l'équipement d'un puits sur les pertes de charge subies par le courant de ventilation. — R. BIDLOT et P. LEDENT. Communication n° 69 de l'Institut d'Hygiène des Mines, février 1950, 31 p.
- (36) Charts for estimating ventilating pressure losses in mine airways. National Coal Board, Production Department. Information Bulletin n° 55/93, 3 p + 20 diagrammes.
- (37) Rapport sur le congrès d'anatomo-pathologie de la silicose. D. BELAYEW. Communication n° 104 de l'Institut d'Hygiène des Mines, mars 1953, 11 p.
- (38) Ce que les charbonnages belges ont fait pour améliorer le climat souterrain. — A. HOUBERECHTS. - Annales des Mines de Belgique, 1953, t. LII, 596-601.
- (39) Rapport sur les Journées Françaises de Médecine du Travail. — F. LAVENNE. — Communication n° 107 de l'Institut d'Hygiène des Mines, mai 1953, 16 p.
- (40) Cooling plants for underground working in Belgium. — A. HOUBERECHTS. Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa, 1953, t. 54, 1-14.
- (41) Cooling plants for underground working. — A. HOUBERECHTS. - Mining Congress Journal - Part I - 1953, t. 39, 51-54-68. Part II - 1954, t. 40, 30-32.
- (42) La climatisation des chantiers miniers chauds et humides. A. HOUBERECHTS. - Revue de l'Industrie Minière, 1953, t. XXXIV, 155-150.
- (43) Le problème des poussières en hygiène du Travail. — F. LAVENNE. - Revue des Questions Scientifiques, 1953, t. XIV, 83-101 — 191-220.
- (44) Acquisitions récentes en matière de pneumoconioses à la lumière de la Conférence Internationale de Sydney. — V. VAN MECHELEN. - Communication n° 109 de l'Institut d'Hygiène des Mines, septembre 1953, 37 p.